



KORTLÆGNING AF POTENTIALE OG BARRIERER VED ENERGIPIL

Rapport udarbejdet for Energistyrelsen

Kortlægning af potentiale og barrierer ved energipil

Af

Søren Ugilt Larsen, AgroTech

Jørgen Pedersen, AgroTech

Jørgen Hinge, AgroTech

Henrik Kruse Rasmussen, AGROVI

Camilla Damgaard, NIRAS

Uffe Jørgensen, Aarhus Universitet

Poul Erik Lærke, Aarhus Universitet

Marie Trydeman Knudsen, Aarhus Universitet

Michele De Rosa, Aarhus Universitet

John E. Hermansen, Aarhus Universitet

Karen Jørgensen, SEGES

Heidi Buur Holbeck, SEGES

Rasmus Løbner, SEGES

Trine Eide, SEGES

Torkild Søndergaard Birkmose, SEGES

Rapporten er redigeret af Søren Ugilt Larsen, AgroTech.

Faglig kvalitetssikring er udført af Uffe Jørgensen, Aarhus Universitet.

AgroTech *

AGROVI 
VIDENCENTER

NIRAS

 AARHUS
UNIVERSITY
DEPARTMENT OF AGROECOLOGY

 **SEGES**

INDHOLD

Forord 4

1. Indledning	5
1.1. Sammendrag	5
1.2. Summary.....	7
1.3. Introduktion	9
1.4. Opgavebeskrivelse	10
1.5. Konklusioner og anbefalinger	11
1.6. Baggrund.....	17
1.7. Referencer	18
2. Kortlægning af oplevede barrierer for afsætning af energipil til kraftvarme- og varmeværker	19
2.1. Interviews med udvalgte kraftvarme- og varmeværker.....	19
2.2. Analyse af energipils brændselsegenskaber	27
2.3. Fjernelse af barrierer for afsætning af energipil	33
3. Analyse af potentiale for energipil, samt mulighederne for at optimere klima- og miljøeffekter ved dyrkning af energipil.....	38
3.1. Klima- og miljøeffekter ved dyrkning af energipil	38
3.2. Potentiale for dyrkning af energipil.....	45
3.3. Energipil som virkemiddel ved kvælstofregulering	50
3.4. Effekter på biodiversitet og landskabshensyn ved dyrkning af energipil.....	56
3.5. Udfordringer med indirekte arealændringer (iLUC)	75
4. Kortlægning af erfaringer med dyrkning af energipil, samt analyse af landmandens investeringsbeslutning, når der omlægges fra traditionelle afgrøder til energipil.....	79
4.1. Interviews med pileydere	79
4.2. Økonomien i pileyderi – budgetkalkuler	84
4.3. Mulige støtteordninger for energipil	100
5. Komparativ analyse af forskellige energiafgrøder til bioenergi og bioraffinering	107
5.1. Poppel og andre træarter – potentiale, økonomi og sideeffekter.....	107
5.2. Græs til bioenergi og bioraffinering	129
Bilag 134	
Bilag A. Besvarelser fra interview med kraftvarme- og varmeværker.....	134
Bilag B. Principperne i den målrettede kvælstofregulering	145
Bilag C. Besvarelser fra interview med pileydere	151

FORORD

Af Søren Ugilt Larsen

Nærværende rapport er udarbejdet i forbindelse med projektet *Kortlægning af potentiale og barrierer ved energipil*. Projektet er udbudt af Energistyrelsen i april 2015, og opgaven er løst af et konsortium bestående af AgroTech, Aarhus Universitet, SEGES, Agrobi og NIRAS. Projektet er gennemført i perioden primo juli til medio december 2015. Det fremgår af de enkelte afsnit i rapporten, hvem der har bearbejdet de forskellige emner.

I forbindelse med projektet har der været nedsat en følgegruppe med repræsentanter for forskellige interesser i relation til emnet energipil. Følgegruppemedlemmerne har bl.a. været inviteret til deltagelse i midtvejsseminar 25. september 2015, hvor der blev præsenteret foreløbige resultater, og hvor følgegruppen gav input til det videre arbejde. På midtvejsseminaret deltog repræsentanter for Ny Vraa Bioenergy, Dansk Fjernvarme, Det Økologiske Råd, Danske Maskinstationer og Entreprenører, Københavns Universitet, Landbrug & Fødevarer og Danmarks Naturfredningsforening. Desuden har følgegruppen haft mulighed for at kommentere projektets slutrapport.

Udover følgegruppen har der været en tværministeriel embedsmandsgruppe bestående af repræsentanter fra Energistyrelsen, NaturErhvervsstyrelsen og Naturstyrelsen. Embedsmandsgruppen deltog i et startmøde og i midtvejsseminaret og har ligeledes haft mulighed for at kommentere projektets slutrapport. Rapportens anbefalinger stammer fra projektkonsortiet.

Skejby, 15. december 2015

1. INDLEDNING

Af Søren Ugilt Larsen & Jørgen Hinge

1.1. Sammendrag

Der er i projektet gennemført en kortlægning af potentialer og barrierer ved energipil, og rapporten giver et overblik over den nuværende situation for pileydrkning i Danmark. Hovedvægten i projektet er lagt på energipil, men der er desuden lavet en sammenligning af pil med andre hurtigt voksende træarter, især med fokus på poppel, samt en beskrivelse af mulighederne i forbindelse med flerårige græsarter til bioenergi og bioraffinering.

Interviews med 11 kraftvarme- og varmeværker har vist, at der er en del erfaringer med anvendelse af pileflis, som spænder fra stor tilfredshed hos nogle værker til værker, der ikke ønsker at aftage pileflis fremover. Som en af de vigtigste barrierer for anvendelse af pileflis har værkerne påpeget, at kvaliteten af den leverede flis ikke er i orden (må ikke være for våd, af for tynde skud, for fin eller trevlet). Andre barrierer er, at modtageforholdene på værket ikke er tilpasset (der skal være mulighed for iblanding med skovflis), at pileflis ikke kan bruges under fuldlast (for højt vandindhold og for lavt energiindhold), at højere askeindhold giver besvær og øgede omkostninger, og at tungmetaller i spildevandet kan være en udfordring i forhold til grænseværdier. Det blev også nævnt, at det er administrativt tungt at indkøbe og afregne pileflis fra en række leverandører med relativt små mængder pileflis. For at fjerne eller reducere disse barrierer er der behov for tiltag, som forbedrer pileydrkernes praksis, forbedrer dialogen mellem pileydrkere og aftagere af pileflis samt forbedrer værkernes muligheder for at anvende pileflis. Desuden er der behov for en anskueliggørelse af de evt. ulemper, der kan være forbundet med aske og tungmetaller i forbindelse med at anvende pileflis.

Analyse af sideeffekterne ved pileydrkning har vist, at der er en række positive sideeffekter på klima, miljø og natur, når der sammenlignes med etårige afgrøder. Effekterne omfatter reduceret udledning af drivhusgasser, øget kulstofindhold i jorden, mindre behov for pesticider og reduceret kvælstofudvaskningen fra jordens rodzone. Pileydrkning kan også give mulighed for at fjerne tungmetaller fra forurenede jord. Desuden giver pileydrkning mulighed for større biodiversitet. Effekten af pileydrkning på disse forhold kan variere afhængig af dyrkningspraksis, jordbundsforhold mv., ligesom der under nogle forhold potentielt kan være negative sideeffekter, f.eks. i form af øget vandforbrug og dermed mindre grundvandsdannelse, u hensigtsmæssig virkning på landskabet og evt. indirekte arealændringer (iLUC). For at udnytte de klima- og miljømæssige effekter optimalt skal der arbejdes målrettet mod at etablere energipil dér, hvor effekterne er mest markante. Dette kan bl.a. udnyttes ved etablering af energipil som virkemiddel i en målrettet kvælstofregulering.

Pileydrkning kan potentielt bidrage med en betydelig biomasseproduktion, som afhænger af den arealmæssige udbredelse af pil. Frem mod år 2025 vurderes den årlige biomasseproduktion at kunne variere mellem 50.000 tons tørstof pr. år (0,8 PJ) ved "Business as Usual" til op mod 2,82 mio. tons tørstof (45 PJ), hvis pil prioriteres som vigtigt miljømæssigt tiltag. De 2,82 mio. tons tørstof vil kræve etablering af energipil på arealer svarende til op mod 230.000 ha.

Interviews med 12 pileydrkere har bl.a. vist, at plantning af pil kan omfatte flere motiver inkl. ønske om rentabel produktion, hensyn til arbejdsindsats og arbejdsfordeling samt natur- og miljøhensyn. Der er hovedsagelig plantet pil på bedriftens dårligere arealer, og udbyttet har været højest på de bedre jorder, og når ukrudt har været bekæmpet. Flere pileydrkere har manglet viden og rådgivning om pileydrkning, og driftsøkonomien ved pileydrkningen har ofte været dårlig og dårligere end forventet af pileydrkeren. Der vurderes at være betydelig mulighed for, at øge udbyttet og driftsøkonomien

ved piledyrkning via formidling af viden, rådgivning om bedre dyrkningspraksis og optimering af høst og logistik samt udvikling af ny viden.

Analyser af driftsøkonomien ved piledyrkning har vist, at indtjeningen er særligt påvirket af udbytte og afregningspris samt omkostninger til høst og marktransport, vejtransport, etablering samt gødskning og ukrudtsbekæmpelse. Pilens økonomiske konkurrenceforhold overfor alternative afgrøder afhænger af jordtype og udbytte samt prisrelationer mellem pil og alternative afgrøder, især prisen på korn. Ved lav kornpris vil pil være konkurrencedygtig med korn på alle jordtyper. Ved middelhøj eller høj kornpris vil pil kun være konkurrencedygtig med korn på lavbundsjord, der er dårligt egnet til korn. Det generelt lavere dækningsbidrag ved piledyrkning end ved kornedyrkning bevirker, at der på de fleste jordtyper er behov for at støtte pileproduktionen, hvis pil skal sidestilles økonomisk med andre afgrøder, og pilearealet skal udvides.

Den samfundsøkonomiske værdi af de positive klima- og miljøeffekter ved piledyrkning er beregnet til hhv. 800-1.300 kr. pr. ha pr. år på sandjord og 500-950 kr. pr. ha pr. år på lerjord. Variationen i værdien indenfor en jordtype afspejler usikkerheden omkring CO₂-prisen. De samfundsøkonomiske tjener ved piledyrkning kan f.eks. belønnes i form af etableringstilskud eller driftstilskud pr. ha eller en sikring af en mindstepris pr. solgt GJ eller andre ordninger, som kan øge incitamentet til piledyrkning. Udover at fremme piledyrkning via tilskud vurderes det også relevant at støtte målrettet rådgivning vedr. dyrkning og afsætning.

En vurdering af andre hurtigt voksende træarter tyder på, at poppel kan være det mest oplagte alternativ til energipil. I store træk vurderes pil og poppel have mange ligheder mht. udbyttelniveau, brændselskvalitet, miljø- og klimaeffekt mv. Dyrkningsmæssigt tyder den eksisterende viden dog på, at poppel med fordel kan dyrkes med længere omdriftstid end de 10 år, der pt. er maksimum for at opnå grundbetaling mv. Sammenlignet med pil så vil poppel med en længere omdriftstid medføre en mere 'skovagtig' kultur, behov for andet høstudstyr samt give en længere tidshorison for høst af biomasseproduktionen. Der er kun et begrænset grundlag for at sammenligne driftsøkonomien ved dyrkning af pil og poppel, men det vurderes, at gode poppelkulturer vil være økonomisk på niveau med gode pilekulturer. Der er ikke udført tilstrækkeligt med sammenlignende studier til at kunne vurdere, om dyrkning af hhv. pil og poppel har forskellig effekt på klima, natur og miljø.

Dyrkning af flerårige græsarter kan have nogle af de samme positive sideeffekter som dyrkning af energipil. Produktion af græs til kombineret produktion af foder og energi ser ud til at have et stort potentiale på grund af græssernes høje produktivitet og store proteinindhold. Udviklingen af dette koncept vil dog kræve etablering af en bioraffinaderisektor, hvilket vil kræve nogle års udvikling.

1.2. Summary

An analysis has been carried out concerning possibilities and barriers for production and utilization of willow biomass for energy, and this report gives an overview of the current status for willow production in Denmark. The main emphasis has been on willow but the analysis also includes comparison with other fast-growing tree species, particularly poplar, as well as a description of the possibilities for using perennial grass species for bioenergy and biorefining.

Interviews with 11 district heating plants and combined heat and power plants have shown different experiences with the use of wood chips from willow biomass - ranging from great satisfaction for some plants to plants that do not wish to use willow biomass in the future. Among the most important barriers for use of willow, the plants mentioned that the quality of the chips was unsatisfactory (must not be too wet, from too thin shoots, too fine or too shredded). Other barriers may concern that:

- plants may have insufficient facilities to receive wood chips (it is necessary with facilities for mixing willow wood chips with forest wood chips)
- willow wood chips may not be used at maximum boiler effect (too high water content and too low energy content)
- higher ash content may lead to inconvenience and extra costs
- heavy metals in the ash and flue gas condensate may be a challenge in relation to complying with regulatory limits.

Moreover, it was mentioned that buying willow wood chips from a number of suppliers in relatively small quantities would require an additional administrative burden. In order to remove or alleviate these barriers, it is necessary to improve the willow growers' management practices, to improve the dialogue between willow growers and purchasers as well as improving the plants' possibilities for using willow wood chips.

Analysis of the side-effects from willow production has shown a number of positive secondary effects on climate, environment and nature when compared with growing annual crops. These effects include reduced emission of greenhouse gasses, increased soil carbon sequestration, reduced use of pesticides, reduced leaching of nitrate from the root zone, and potential removal of heavy metals from contaminated soil (phytoremediation) as well as potentially more biodiversity. The effect of willow production on these parameters may vary depending on management practice, soil conditions etc. Within certain conditions, willow production may potentially have negative side-effects, e.g. in terms of increased use of water and, consequently, reduced recharging of groundwater, inappropriate landscape effects and potentially indirect land-use changes (iLUC). In order to optimize the use of potential side-effects from willow production, future willow plantations should be established in locations where the most positive effects can be obtained, e.g. in areas with low nitrogen retention and, therefore, larger risk of nitrogen loss to the aquatic environment. In this way, willow may be used as a tool in future regulation to reduce nitrate leaching.

Willow production may potentially contribute considerably to the biomass production in Denmark, depending on the future establishment of willow plantations. In a Business as Usual scenario, willow production may contribute with approximately 50,000 tons dry matter per year (0.8 PJ) but if willow production is prioritized as a tool to achieve environmental goals, willow may potentially provide up to 2.82 mill tons dry matter per year (45 PJ).

Interviews with 12 willow growers has shown that planting of willow may be motivated by multiple factors and considerations may include economy, labor requirement as well as nature and environment. Willow has primarily been planted on the poorer areas on the farms. The highest yields have been achieved on the better soil types and when weeds have been controlled. A number of willow growers have felt a lack of knowledge and supervision on willow production and the income from willow production has often been lower than expected. There appears to be considerable potential for increasing the yield and improving the income from willow production, e.g. by dissemination of

knowledge, advising of farmers on best management practices, optimization of harvest and logistics as well as by obtaining new knowledge through development projects.

Analysis of the economy in willow production has shown that the income is primarily affected by yield and sales price for willow wood chips as well as the costs for harvest and transport and, to a lower extent, costs of establishment, fertilization and weed control. The competitive relationship in terms of economy between willow and alternative crops depends on soil type and yield as well as price relations between willow and alternative crops, particularly the price of cereals. At low cereal prices, willow is competitive with cereals on all soil types. At intermediate and high cereal prices, willow is only competitive on lowland soil which is generally unsuitable for cereal production due to flooding events. The often lower income from willow compared to cereal production necessitates improved productivity as well as economic support of willow production if the willow area is to be expanded.

The economic value for society of the positive effects of willow production on climate and environment have been estimated to 800-1,300 DKK per ha per year on sandy soils and 500-950 DKK per ha per year on clay soils. These societal services may be rewarded in various ways, e.g. by an establishment grant, an annual production grant or assurance of a minimum price of willow wood chips. In addition to supporting willow production by economic subsidies, it is also relevant to support the production through advising of willow growers on management and marketing.

An assessment of other fast-growing tree species indicates that poplar is the most obvious alternative to willow. Overall, there are many similarities between willow and poplar regarding yield level, fuel quality, effects on environment and climate etc. However, the existing knowledge indicates that it may be advantageous to produce poplar with harvest intervals beyond 10 years, which according to Danish law is the maximum harvest interval for willow and poplar to achieve the basic subsidy for crop production. Compared to willow production with two to four year harvest interval, poplar grown with longer harvest intervals will lead to a more forest-like crop, a need for other types of harvest equipment, and a longer timespan before biomass can be harvested.

There is a limited basis for comparing the operating economy for willow and poplar, respectively, however an assessment indicates that good crops of willow and poplar will perform equally well in economic terms. There are not sufficient comparative studies on willow and poplar to assess whether the willow or poplar cultivation will have different effects on climate, nature and environment.

Production of perennial grass species may provide some of the same positive side-effects as production of willow. Perennial grass for combined production of feed and energy appears to have an interesting potential due to the large yield and high protein content. However, development of this concept requires establishment of a biorefinery sector which will need some years of development.

1.3. Introduktion

Dyrkning af energipil er betegnelsen for dyrkning af træarter af pileslægten, som med en meget kraftig ungdomsvækst kan give en stor biomasseproduktion allerede efter 2-3 år. Biomassen er vedagtig og kan anvendes til energiformål på linje med anden træflis, f.eks. i flisfyrede kraftvarme- og varmeværker, og da der findes et betydeligt antal flisfyrede værker i Danmark, er teknologien og markedet for pileflis til energiformål i princippet til stede. Der kan også være mulighed for, at anvende pilebiomasse til andre formål såsom strøelse, foder, biobrændstof eller kosmetiske produkter med højere værdi end ved anvendelse til energiformål, men disse anvendelser vil formodentlig have nichepræg sammenlignet med anvendelsen til energiformål.

Arealet med energipil i Danmark er omtrent tredoblet siden 2008 og udgør pt. ca. 5.500 ha. Arealet med pil har dog ikke nær udviklet sig, som politikerne forventede i forbindelse med indførelse af etableringstilskud og andre støttemuligheder i perioden 2010-2014, og i 2013-2015 er der kun tilplantet meget beskedne arealer med pil. Dermed udnyttes pilens positive egenskaber i forhold til miljø og klima kun i begrænset omfang.

En række andre flerårige afgrøder såsom poppel og andre hurtigt voksende træarter samt flerårige græsarter kan have nogle af de samme positive miljø- og klimamæssige egenskaber som pil. Der kan dog være væsentlig forskel på både dyrkningen og anvendelsen af biomassen fra de forskellige flerårige afgrøder. Dermed kan der også være forskellige potentialer og barrierer for dyrkning og anvendelse af afgrøderne. Generelt har de flerårige afgrøder potentiale til både at bidrage med biomasseproduktion og positive sideeffekter på miljø og klima. Udnyttelse af disse muligheder forudsætter dog, at det er praktisk muligt og økonomisk attraktivt for landmænd at dyrke afgrøderne.

Formålet med nærværende kortlægning er, at afdække de potentialer som energipil har i forhold til driftsøkonomi, samfundsøkonomi, miljø-, natur- og klimaeffekter samt at belyse de barrierer, der forhindrer udnyttelsen af potentialerne. Målet er at lave en samlet vurdering af de mest afgørende forhold for udnyttelse af energipil både som produktionsgren i landbruget og som virkemiddel i forbindelse med de miljø- og klimamæssige udfordringer. Derudover er målet at opstille forslag til tiltag der kan iværksættes, hvis produktion og anvendelse af pil ønskes fremmet. Endvidere er det formålet at lave en sammenligning af mulighederne ved energipil sammenlignet med andre flerårige afgrøder.

1.4. Opgavebeskrivelse

I projektet er der gennemført en kortlægning af potentialer og barrierer ved dyrkning af energipil i Danmark. Kortlægningen har været inddelt i fire delopgaver, som igen er inddelt i underopgaver. Delopgaver og underopgaver er fordelt mellem de forskellige deltagere i projektkonsortiet for at udnytte de forskellige ekspertiser. Delopgaverne er kort beskrevet nedenfor.

Delopgave 1 (afsnit 2.) drejer sig om barrierer for afsætning af energipil til kraftvarme- og varmeværker. Der er gennemført interviews med 11 værker vedrørende værkernes erfaringer med at bruge pileflis (afsnit 2.1.), og der er lavet en udredning vedrørende betydningen af forskellige faktorer for brændselskvalitet og indholdsstoffer i pileflis (afsnit 2.2.). Desuden er der lavet en beskrivelse af mulighederne for at reducere eller fjerne de identificerede barrierer (afsnit 2.3.).

Delopgave 2 (afsnit 3.) drejer sig om potentialet for dyrkning af energipil samt sideeffekter ved pile dyrkning. Der er opstillet scenarier for potentialet for pileydrkning frem til år 2025 (afsnit 3.2). Der er lavet en beskrivelse af miljø- og klimaeffekter ved dyrkning af energipil (afsnit 3.1.), og der er lavet en analyse af mulighederne for at anvende energipil som virkemiddel i forbindelse med målrettet kvælstofregulering (afsnit 3.3.). Der er gennemført en beskrivelse af, hvilken effekt pileydrkning har på biodiversitet og landskabsforhold, samt hvordan hensyn til natur og landskab i højere grad kan integreres i pileydrkningen (afsnit 3.4.). Endelig er der lavet en vurdering af risikoen for indirekte arealændringer (iLUC) ved dyrkning af energipil (afsnit 3.5.).

Delopgave 3 (afsnit 4.) drejer sig om erfaringer med pileydrkning og driftsøkonomien ved pileydrkning. Der er lavet interviews med 12 pileydrkere vedr. deres dyrkningspraksis og erfaringerne med pileydrkningen (afsnit 4.1.). Der er gennemført analyse af de væsentligste faktorer for driftsøkonomien ved pileydrkning, og der er lavet sammenligning af driftsøkonomien ved pileydrkning og andre alternative afgrøder på forskellige jordtyper (afsnit 4.2.). Der er desuden gennemført analyse af forskellige muligheder for at betale for de samfundsmæssige tjenester ved dyrkning af energipil (afsnit 4.3.).

Delopgave 4 (afsnit 5.) drejer sig om sammenligning af energipil med andre flerårige afgrøder. Der er lavet en analyse med sammenligning af energipil med andre træarter med primært fokus på poppel (afsnit 5.1.). Sammenligningen omfatter dyrkningsmæssige forhold, brændselsegenskaber, driftsøkonomiske og samfundsøkonomiske forhold samt klima-, natur- og miljøeffekter. Der er endvidere lavet en beskrivelse af mulighederne for dyrkning af flerårige græsarter til bioenergi og bioraffinering (afsnit 5.2.).

Hovedkonklusioner og anbefalinger er beskrevet i det følgende afsnit.

1.5. Konklusioner og anbefalinger

1.5.1. Afsætning og anvendelse af energipil

En række danske kraftvarme- og varmegværker har erfaringer med anvendelse af pileflis. Disse spænder fra stor tilfredshed hos nogle værker til værker, der absolut ikke ønsker at aftage pileflis fremover. Der er derfor et stort behov for, at de gode erfaringer – og løsninger på de udfordringer som anvendelse af pileflis kan give – videreformidles, dels mellem de værker, der i dag aftager pileflis, og ikke mindst til nye værker, der potentielt kan aftage pileflis. Værkerne har påpeget forskellige barrierer for øget anvendelse af energipil, men det skal påpeges, at ikke alle værker oplever nedenstående barrierer.

Kvaliteten af den leverede flis skal være i orden. Vandindholdet skal generelt ned omkring 45 % til maks. 48 %. Flere værker angiver, at ved høst skal pileskuddene være 3 år eller ældre, hvilket vurderes som et udtryk for ønske om en minimum skudtykkelse for at opnå en god fliskvalitet. Pilen skal høstes/flises med udstyr, der producerer en flisstørrelse, der ligger tæt på skovflis, dvs. en relativt grov flis uden trevler og ”stikkere”. Ved værket kan modtageforholdene være en barriere, og der skal være mulighed for automatisk blanding af pileflis og skovflis. For nogle værker kan det også være en barriere, at når værket kører ved fuldlast, så kan pil ikke anvendes som eneste brændsel, da kedlen – bl.a. som følge af det høje vandindhold i pileflis – ikke kan yde nominel effekt. En større askeandel i pileflis giver øgede udfordringer i den automatiske drift samt øgede omkostninger til deponering. For nogle værker kan det være en udfordring at overholde grænseværdier for tungmetaller i spildevandet. Det angives også som en barriere, at det administrativt er mere tungt at indkøbe og afregne pileflis end skovflis, da pileflis ofte indkøbes fra en række leverandører, og mængderne er små set i forhold til indkøb af skovflis. Værkerne vurderer, at prisen for pileflis skal være lavere end prisen for skovflis, for at det er økonomisk interessant for værkerne at anvende pileflis. Udsagnene fra værkerne omkring den nødvendige prisforskel varierer mellem 2,20 og 10 kr. pr. GJ.

For at fjerne eller reducere disse barrierer er der behov for tiltag, som forbedrer piledyrkernes praksis, forbedrer dialogen mellem piledyrkere og aftagere af pileflis samt forbedrer værkernes muligheder for at anvende pileflis. Desuden er der behov for en anskueliggørelse af de fordele og ulemper, der kan være forbundet med aske og tungmetaller i forbindelse med at anvende pileflis.

Det anbefales, at:

- der etableres lokale pileproducentforeninger, som varetager en række piledyrkeres interesser med henblik på fælles, rationel afsætning af pileflis. Initiativet til dette kan f.eks. tages af lokale landboforeninger.
- understøtte dialogen mellem piledyrkere og kraftvarme- og varmegværker med henblik på at forstå muligheder og begrænsninger ved produktion og anvendelse af energipil. Dette omfatter f.eks., at piledyrkerne tilstræber en høj fliskvalitet på niveau med skovflis bl.a. via høst af skud med en minimum tykkelse, hensigtsmæssig valg af høst- og flisningsudstyr og udformning af flisstakke etc. Dialogen kan f.eks. understøttes af landbrugets rådgivningssystem i samarbejde med kraftvarme- og varmegværkernes brancheorganisationer.
- kraftvarme- og varmegværker konstrueres, så de kan fyre med frisk pileflis, som automatisk kan blandes op med en passende mængde skovflis.
- kontrakter afspejler evt. ekstra omkostninger til håndtering af aske og andre restprodukter såsom tungmetaller i forbindelse med anvendelse af pileflis. Dette indebærer en anskueliggørelse af potentielle meromkostninger samt en retfærdig fordeling af omkostningerne blandt aktørerne. Som eksempel bør evt. meromkostninger i forbindelse med tungmetaller, der hidrører fra udbringning af spildevand eller spildevandsslam i pilemarken, ikke betales af pileproducenten eller varmegforbrugerne men derimod af den part, der har fordel af at komme af med tungmetallerne, f.eks. samfundet i forbindelse med rensning af spildevand eller fjernelse af tungmetaller fra belastet landbrugsjord.

1.5.2. Sideeffekter ved dyrkning af energipil og potentiel biomasseproduktion

Etablering af arealer med energipil har en række gunstige klima-, miljø- og natureffekter sammenlignet med dyrkning af etårige afgrøder som korn. Piledyrkning reducerer udledningen af drivhusgasser, og kan øge jordens kulstofindhold. Konventionel piledyrkning har et mindre behov for pesticider (dog undtaget i etableringsfasen), og pil kan evt. dyrkes økologisk og dermed helt uden pesticider. Piledyrkning reducerer kvælstofudvaskningen fra jordens rodzone. Ved piledyrkning kan der fjernes tungmetaller fra tungmetalbelastede jorder (fytoremediering). Endelig giver piledyrkning mulighed for større biodiversitet, især i randbeplantningen.

Effekten af piledyrkning på disse forhold kan variere afhængig af dyrkningspraksis, jordbundsforhold mv. For at udnytte de klima- og miljømæssige effekter optimalt skal der arbejdes målrettet mod at etablere energipil dér, hvor effekterne er mest markante. Dette kan udnyttes ved etablering af energipil som virkemiddel i en målrettet kvælstofregulering.

Når pil erstatter en anden afgrøde på et givent areal, kan dette potentielt medføre indirekte arealændringer (iLUC), da den 'fortrængte' produktion ofte vil skulle flyttes til et andet sted. Hvis der er tale om, at dyrkningen af energipil foretages på et miljøfølsomt område, som pålægges dyrkningsmæssige restriktioner for at opnå en miljøeffekt, vil iLUC-effekten typisk være mindre og i nogle tilfælde 0.

I egne af landet med lav gennemsnitlig nedbørsmængde kan pileafgrødens større vandforbrug udgøre et problem i forhold til grundvandsressourcerne, hvis store arealer tilplanlægges med pil.

Hvis energipil og andre former for energiskov/energiafgrøder etableres på eksisterende landbrugsarealer, har plantningen som udgangspunkt en positiv indvirkning på natur og biodiversitet. Natureffekten er størst i randbeplantningen, og driftsmæssige hensyn spiller en afgørende rolle for effekten. Det vil ofte kræve en individuel vurdering af, om og hvordan naturtiltag kan integreres i driften, så produktivitet og udbytte opretholdes, samtidig med at der tages hensyn til natur og biodiversitet.

Energipil kan have stor indflydelse på oplevelsen af landskabet, men der kan ikke siges noget definitivt om, hvorvidt særlige landskaber eller steder er uegnede eller for sårbare. Dette kræver en mere detaljeret og faglig vurdering af det konkrete landskab.

Piledyrkning har potentiale for en betydelig biomasseproduktion, som selvsagt afhænger af den arealmæssige udbredelse af piledyrkning. Baseret på forudsætninger og data fra "+10 mio. tons planen" vurderes der at være følgende potentialer for dyrkning af energipil i Danmark frem mod 2025:

- 50.000 tons tørstof pr. år (0,8 PJ) ved et "Business as Usual" scenarie, hvor der ikke iværksættes særlige initiativer, men hvor der regnes med en vis udbyttefremgang i eksisterende pilemarker med begrænset tilplantning af nye arealer.
- 2,82 mio. tons tørstof pr. år (45 PJ) i et "Miljøoptimeret" scenarie, hvor flerårige afgrøder – her pil, væsentligst til forbrænding – prioriteres frem for andre afgrøder (f.eks. slætgræs).
- Der er endvidere regnet på et scenarie, hvor energipil specifikt anvendes for at opnå en reduktion i kvælstofudvaskningen på 5.000 tons N pr. år. Dette vil betyde, at der skal etableres energipil på 98.000 ha særligt følsomme områder, og det kan sammen med de 50.000 tons tørstof fra "Business as Usual" scenariet resultere i en årlig produktion på 1,23 mio. tons tørstof (20 PJ).

Dette store spænd i de estimerede potentialer er udtryk for, at rammebetingelser baseret på anerkendelse af pilens klima-, miljø- og natureffekter samt prioritering af den fremtidige arealanvendelse er de absolut afgørende faktorer for den fremtidige udvikling på området.

For at udnytte de positive sideeffekter og at undgå evt. negative sideeffekter ved piledyrkning er der behov for en indsats, dels for at forbedre grundlaget for placering af pil på arealer med størst mulig effekt, dels for at formidle denne viden til rådgivere og landmænd i forbindelse med fremtidig pileplantning.

Det anbefales, at:

- der udarbejdes et formidlingsmateriale som støtte til udvælgelsen af de bedst egnede arealer til piledyrkning. Da pilekulturer er mangeårige, er det særdeles vigtigt at få arealerne placeret, hvor de positive sideeffekter såsom reduceret nitratudvaskning har maksimal effekt, men hvor der samtidig kan opnås et højt udbytte og en rationel drift af pileproduktionen. Formidlingsmateriale skal hjælpe rådgivere og landmænd til at forene de forskellige hensyn. Materialet kan f.eks. udarbejdes af vidensinstitutioner i samarbejde med landbrugets rådgivningssystem.
- der fortsat arbejdes hen imod et forbedret nationalt retentionskort med en bedre opløselighed samt at indarbejde muligheden for en lokal kortlægning, som kan supplere det nuværende retentionskort. Dette er en forudsætning for, at placere pil på arealer med lavest kvælstofretention og vil være afgørende for, at kunne øge udnyttelsen af energipils positive miljøeffekt. Der skal udarbejdes metoder og måske egnet teknologi til kortlægningen. Finansiering af den lokale kortlægning kan eventuelt på længere sigt være brugerbetalt, men kan i udviklingsfasen være suppleret af en tilskudsordning for at fremme ordningen.
- der sættes fokus på, at lodsejere, rådgivere og andre relevante aktører er bekendte med og forstår, hvordan energipil påvirker biodiversitet og landskab. Det kan være via vejledninger, kurser eller mulighed for at inddrage relevante kompetencer ved planlægning af arealerne.

1.5.3. Dyrkning af energipil

Kortlægning af den eksisterende pileproduktion har afdækket en række forhold omkring piledyrkernes praksis og motivation. Der er generelt et flersidigt motiv for landmanden for at plante pil, som udover en rentabel produktion på arealerne også omfatter hensyn til arbejdsindsats og arbejdsfordeling over året samt natur- og miljøhensyn. Der er hovedsagligt plantet pil på jorder, der er dårligere end gennemsnittet på gården mht. udbytt niveau og beliggenhed, hvilket vanskeliggør sammenligning med andre afgrøder. Pileudbyttet hos de adspurgte piledyrkere har i første høst svinget mellem 3 og 7 tons tørstof pr. ha pr. år og mellem 4 og 10 tons tørstof pr. ha pr. år i anden eller senere høst. Der høstes generelt højere udbytter på de bedre jordtyper, og en effektiv ukrudtsbekæmpelse har ligeledes en klar positiv effekt på udbytterne.

Flere piledyrkere har manglet viden og rådgivning om piledyrkning, og der vurderes at være betydelig mulighed for at øge udbyttet via mere viden og udbredelse af en bedre dyrkningspraksis. Driftsøkonomien ved piledyrkningen er ofte dårlig, endda dårligere end forventet af piledyrkeren. Der er dog stor variation i både udbytt niveau, omkostninger og indtægter blandt piledyrkere. Udgifter til høst og marktransport kan reduceres ved at optimere høstlogistik, valg af høstudstyr og fremadrettet ved plantning af pil på større og mere velarrangerede arealer. Manglende afsætningsmuligheder til lokalt/nærmeste værk kan medføre store omkostninger til landevejstransport.

Samlet set vurderes der at være et betydeligt potentiale for at forbedre dyrkningspraksis og logistik ved piledyrkning, hvilket vil forbedre udbyttet, driftsøkonomien og tilfredsheden ved piledyrkning. For at udnytte mulighederne er der behov for formidling og rådgivning samt udvikling af ny viden om piledyrkning.

Det anbefales, at:

- kommende piledyrkere i højere grad gøres bevidste om mulighederne og begrænsningerne ved piledyrkning, herunder betydningen af dyrkningspraksis og jordtype for det forventelige resultat og en sammenligning med andre afgrøder under samme dyrkningsbetingelser. Dette kræver en

formidlingsindsats i form af skriftligt informationsmateriale og orienteringsmøder, som f.eks. kan udføres af landbrugets rådgivningssystem.

- understøtte rådgivning af piledyrkere om arealvalg, optimal dyrkningspraksis såsom ukrudtsbekæmpelse, gødskning og høst samt logistik og afsætning. Dette kan bl.a. omfatte udarbejdelse af målrettet informationsmateriale om piledyrkning og gennemførelse af målrettede kursusforløb for nye avlere. Indsatsen kan f.eks. udføres af landbrugets rådgivningssystem
- understøtte den videre udvikling af dyrkning, høst og logistik ved høst af energipil. Dette omfatter gennemførelse af dyrkningsforsøg samt udviklingsprojekter vedr. høstteknik og logistik. Indsatsen kan udføres af uvildige vidensinstitutioner gennem forsknings- og udviklingsprojekter.

1.5.4. Økonomi ved dyrkning af energipil og betaling af positive sideeffekter

Da der er betragtelig variation mellem pilemarker og mellem piledyrkere mht. jordtype, dyrkningspraksis og udbytte, er der også stor variation i driftsøkonomien ved piledyrkning. Indsamlede oplysninger og budgetkalkuler for piledyrkning har vist, at piledyrkerens indtjening er særligt påvirket af udbytte og afregningspris samt omkostninger til høst og marktransport, vejtransport, etablering samt gødskning og ukrudtsbekæmpelse. Det vurderes, at der især er mulighed for at forbedre driftsøkonomien ved at forbedre udbyttet gennem bedre dyrkningspraksis og ved at reducere omkostningerne til høst og transport, bl.a. gennem forbedret logistik og lokal afsætning.

Driftsøkonomien ved piledyrkning er sammenlignet med økonomien ved dyrkning af alternative afgrøder såsom vårbyg og vinterhvede. I scenarierne er der antaget piledyrkning med god dyrkningspraksis, hvor pilens udbyttepotentiale udnyttes i højere grad, end det generelt er tilfældet i dag. Dette vurderes at være realistisk men forudsætter bl.a. en formidlingsmæssig indsats overfor piledyrkere. Pilens økonomiske konkurrenceforhold overfor alternative afgrøder afhænger især af jordtype og dermed udbytte af de forskellige afgrøder samt prisrelationer mellem pil og alternative afgrøder, herunder især prisen på korn.

Hvis kornprisen er lav, vil pil være konkurrencedygtig med korn på alle jordtyper. Hvis kornprisen er middelhøj (130-134 kr. pr. hkg, gns. årene 2010-2015) eller højere, vil pil kun være konkurrencedygtig med korn på lavbundsjord, der er dårligt egnet til korn. Hvis flisprisen er 44 kr. pr. GJ, forventes piledyrkning på sandjord at give samme dækningsbidrag som korndyrkning, når kornprisen (ligevægtsprisen) er 138-146 kr. pr. hkg, dvs. piledyrkning vil kun være attraktiv, hvis kornprisen er lavere end dette niveau. På lerjord forventes ligevægtsprisen at være en kornpris på 98-106 kr. pr. hkg.

Med udgangspunkt i de positive klima- og miljøeffekter ved piledyrkning i form af reduceret lattergasudledning, øget kulstoflagring og reduceret kvælstofudvaskning er der foretaget en prissætning af disse samfundsmæssige tjenester. Værdien er beregnet til hhv. 800-1.300 kr. pr. ha pr. år på sandjord og 500-950 kr. pr. ha pr. år på lerjord ved dyrkning af energipil, afhængig af de forudsætninger der lægges til grund for prissætningen. Hvis de samfundsmæssige tjenester ved piledyrkning ønskes opnået ved piledyrkning, kan dyrkningen f.eks. tilskyndes i form af etableringstilskud eller driftstilskud pr. ha, i form af en sikring af en mindstepris pr. solgt GJ, eller via ordninger, hvor piledyrkere kan byde ind i konkurrence med andre miljø- og klimatiltag. Dvs. at piledyrkning kan have mulighed for at blive valgt, hvis den er mindst lige så omkostningseffektiv som andre mulige tiltag.

Det generelt lavere dækningsbidrag ved piledyrkning end ved korndyrkning bevirker, at der på de fleste jordtyper er behov for at støtte pileproduktionen, hvis pil skal sidestilles økonomisk med andre afgrøder, og pilearealet skal udvides. Dyrkning af energipil er endvidere behæftet med en anden risiko end dyrkning af traditionelle afgrøder, bl.a. pga. den længere arealbindingsperiode og de mere usikre estimer for udviklingen i prisen på hhv. pileflis og alternative afgrøder. Der kan derfor også være andre barrierer end det forventede dækningsbidrag, der har betydning for, hvorvidt en landmand vælger at dyrke energipil. Det er afgørende at imødegå disse barrierer med de rette instrumenter. Det er

derfor ikke nødvendigvis tilstrækkeligt at yde et tilskud til piledyrkning, og der bør også overvejes andre instrumenter såsom målrettet rådgivning vedr. dyrkning og afsætning. Det vurderes, at arealet med pil ikke vil udvides væsentligt fremover, medmindre at nogle af de grundlæggende forudsætninger for piledyrkning ændres. Hvis de positive sideeffekter ved piledyrkning skal udnyttes i større grad end i dag, er det derfor nødvendigt, at piledyrkningen understøttes, så landmænds incitamenter for piledyrkning øges

Det anbefales, at:

- der gives økonomisk støtte til piledyrkning for at udnytte de positive sideeffekter på bl.a. klima og miljø. Støtten bør give incitament til god dyrkningspraksis og dermed stor energiproduktion.
- det undersøges nærmere, om det i støtteordningerne er muligt at tage højde for de potentielle samfundsmæssige effekter på et givent areal og dermed få den størst mulige effekt for tilskudsmidlerne.
- økonomisk støtte til piledyrkeren suppleres med mulighed for rådgivning vedr. dyrkning, logistik og afsætning samt koordinering og erfaringsudveksling mellem piledyrkere. Rådgivningen kan f.eks. udføres af landbrugets rådgivningssystem.

1.5.5. Andre flerårige afgrøder

Dyrkning af energipil og andre hurtigt voksende træarter med kort omdriftstid befinder sig i grænseområdet mellem traditionelt landbrug og traditionelt skovbrug. Arter som poppel, rødøl, ask og hassel kan dyrkes efter samme regler som pil, dvs. med mulighed for arealstøtte hvis der høstes minimum hvert 10. år. Af disse arter vurderes poppel at være det mest oplagte alternativ til pil. Rødøl er egnet på meget fugtig jord, men der er kun begrænset viden om produktiviteten i rødøl med kort omdriftstid, og udvalget af rødøl til dyrkning under danske forhold er snævert. Ask egner sig formodentlig ikke til dyrkning med meget korte omdriftstider, og endvidere frarådes plantning af ask pga. sygdommen asketoptørre. For hassel er der kun meget begrænset viden om produktiviteten, men den vurderes at være væsentligt lavere end for poppel.

Poppel kan dyrkes efter forskellige dyrkningsmodeller med varierende plantetal og omdriftstid. Dyrkning af poppel med højt plantetal (8.000-12.000 planter pr. ha) og en kort omdriftstid (ned til 3 år) minder principielt meget om dyrkning af energipil. Sammenlignende studier af pil og poppel med disse dyrkningsforhold giver ikke et entydigt svar på, hvilken af de to arter, der er mest produktiv, og valget af gode kloner vil være af stor betydning i begge arter. Der synes ikke at være markant forskel på brændelseskvaliteten af pil og poppel med kort omdriftstid, dog kan der være lidt højere indhold af cadmium i pil end i poppel. Poppel kan også dyrkes med lavere plantetal (ned til under 2.000 planter pr. ha) og længere omdriftstid (op til over 20 år). Der menes ikke at være sammenlignende studier af kort og mellemlang/lang omdriftstid for poppel, men flere studier tyder på, at det er udbyttmæssigt fordelagtigt med længere rotationstider på op over 20 år, dvs. væsentligt længere høstinterval end de 10 år, som pt. er kravet for at opnå arealstøtte.

I praksis vil landmandens valg af træart (pil eller poppel) og dyrkningsmodel (kort eller lang rotationslængde for poppel) være afhængig af bl.a. jordtype, driftsøkonomi, tilgængelig høstteknologi samt ønsker til arbejdsindsats, tidshorisont for biomasseproduktionen og landskabsmæssigt udtryk m.m.

Der er kun et begrænset grundlag for at sammenligne driftsøkonomien ved dyrkning af pil og poppel, men hvis der er tale om poppel med mellemlang/lang omdriftstid, vil opbygningen af likviditet være langsommere for poppel end for pil. Det vurderes dog, at gode poppelkulturer vil være økonomisk på niveau med gode pilekulturer.

Der er kun fundet meget få studier, der sammenligner effekten af pile- og poppeldyrkning på klima, natur og miljø. De få fundne studier vedr. miljøeffekt tyder ikke på nogen markant forskel i udvaskningen af kvælstof. Der kan derfor heller ikke påvises at være nogen væsentlig forskel i samfundsøkonomiske effekter ved dyrkning af hhv. pil og poppel.

Dyrkning af flerårige græsarter kan have nogle af de samme positive sideeffekter som dyrkning af energipil. Produktion af græs til kombineret produktion af foder og energi ser ud til at have et stort potentiale på grund af græssernes høje produktivitet, store proteinindhold og muligheden for kombineret produktion af foder og energi. Udviklingen af dette koncept vil dog kræve etablering af en bioraffinaderisektor, hvilket vil kræve nogle års udvikling.

For at udnytte de potentielle fordele ved andre flerårige afgrøder end pil er der bl.a. behov for nærmere undersøgelser af dyrkning af poppel, da poppel på relativt kort sigt vurderes at være det mest oplagte alternativ til pil, mens græsarter på længere sigt vil kunne få større betydning. Desuden vurderes der at være behov for justering af støttere reglerne for at udnytte poplens udbyttepotentiale.

Det anbefales, at:

- lave undersøgelser af biomasseproduktion, brændselskvalitet, sideeffekter, driftsøkonomi og samfundsøkonomi ved dyrkning af poppel med hhv. kort (3-5 år), mellemlang (10 år) og lang (20-25 år) omdriftstid. Indsatsen kan udføres af uvildige vidensinstitutioner gennem forsknings- og udviklingsprojekter.
- mulighederne for støtte (grundbetaling og grøn støtte) til dyrkning af poppel udvides til at gælde for længere omdriftstider end 10 år.
- der på kort sigt etableres pil eller poppel for at opnå miljøfordele i landbruget og supplere den eksisterende fjernvarmesektor med træbiomasse. På længere sigt, hvor termisk produktion af fjernvarme må formodes at blive reduceret i omfang, kan i stedet etableres græsarealer, der har nogle yderligere produktivitetsfordele og kan udnyttes til flere formål.

1.6. Baggrund

Pil har været dyrket gennem århundreder til forskellige formål, men 'moderne', mekaniseret dyrkning af energipil har en relativt kort historie. I Sverige har der fra 1980'erne og gennem 1990'erne været arbejdet meget med udvikling af energipil, bl.a. gennem forædling af pilekloner med højt udbytte og gode dyrkningsegenskaber og gennem teknologiudvikling. I Danmark har der også været arbejdet med energipil siden 1990'erne, og bl.a. har pionerer arbejdet med udvikling af teknologi til plantning og høst af pil. På nuværende tidspunkt anvendes primært to forskellige hovedprincipper for høst af energipil, enten hvor pil høstes og flises direkte i én arbejdsgang med en finsnitter, eller hvor pil høstes som helskud, som først senere flises. Høst med direkte flisning er mest udbredt. Høstmetoderne adskiller sig bl.a. mht. logistik og mht. vandindhold i flisen, men derudover er der tale om samme grundlæggende principper for dyrkning af pilen, dog kan der ved helskudshøst generelt høstes tykkere skud.

Selvom principperne og teknologierne for dyrkning af energipil er forholdsvis veletablerede, så er energipil fortsat en 'ung' afgrøde sammenlignet med f.eks. dyrkning af korn, der har været udviklet og optimeret gennem en meget længere årrække. Og selvom enkelte landmænd har opnået stor ekspertise i pileproduktion, er der fortsat stort potentiale for at udbrede dette til andre piledyrkere.

I årene 2010-2012 blev der gennemført projektet 'BioM' med fokus på bæredygtig produktion af bioenergi, bl.a. med fokus på energipilens muligheder for kombineret produktion af bioenergi og beskyttelse af vandmiljøet. I projektet blev der gennemført diverse undersøgelser og indsamlet erfaringer vedrørende dyrkning af energipil med udgangspunkt i projektområdet i Vestjylland. Slutrapporten fra BioM-projektet (Larsen, 2012) giver overblik over status for piledyrkning på daværende tidspunkt inkl. både muligheder og barrierer. Nærværende rapport kan ses som en opdateret statusbeskrivelse for piledyrkning.

Fra 2013 til 2015 er der kun plantet 300-400 ha med pil i Danmark til trods for, at der i 2013-2014 har været mulighed for at få både etableringstilskud (4.200 kr. pr. ha) og driftstilskud i årene efter etablering (500 kr. pr. ha pr. år) samt evt. tilskud til ekstensiv drift (800 kr. pr. ha pr. år). Den manglende interesse for plantning af pil hænger formodentlig sammen med nogle af de erfaringer, der er opnået ud fra de pilemarker, der er tilplantet i årene fra 2008 til 2012, hvor arealet blev øget fra ca. 1.800 ha til ca. 5.400 ha med pil (arealopgørelser fra FødevarerErhverv og senere NaturErhverv). En af erfaringerne har været, at udbyttelniveauet generelt har været lavt, hvilket bl.a. ses af udbytteindsamlinger i årene 2010 til 2014 (Oversigt over Landsforsøgene 2010-2014). Desuden har der i visse områder været problemer med afsætningen af pileflis. Både de lave udbytter og problemer med afsætningen har været refereret i forskellige landbrugsmedier – men ofte uden plads til nærmere nuancer omkring årsager og spændvidden i erfaringerne. Nærværende analysearbejde har derfor også haft til formål at give et mere nuanceret billede af situationen omkring dyrkning og afsætning af pileflis.

Sammenlignet med dyrkning af etårige afgrøder har dyrkning af pil som nævnt forskellige positive effekter på bl.a. klima og miljø, som er i tråd med politisk bestemte mål på klima- og miljøområdet, og energipil kan dermed bidrage med vigtige samfunds-mæssige tjenester. På den ene side er der således en række oplagte muligheder og positive sidegevinster ved dyrkning af energipil, men på den anden side er der nogle konkrete udfordringer omkring dyrkning og afsætning af pil, som har begrænset interessen for energipil. Dette modsætningsforhold og de uudnyttede muligheder er baggrunden for nærværende kortlægning af potentialer og barrierer ved energipil. Formålet med kortlægningen er at belyse de nuværende forhold omkring dyrkning og anvendelse af energipil, og dernæst er formålet at udpege de væsentligste barrierer og at opstille anbefalinger for, hvordan piledyrkning fremadrettet kan videreudvikles og udbredes yderligere.

1.7. Referencer

Larsen, S.U. (ed.) (2012). Evalueringsrapport Pil. Rapport fra BioM-projektet, 'BioM – Odling för bioenergi, vattenmiljö och markvård', 2010-2012. http://agrotech.dk/sites/agrotech.dk/files/public/uploads/Projects/BioM/evalueringsrapport_pil_light_new.pdf

Oversigt over Landsforsøgene (2010, 2011, 2012, 2013, 2014). Afsnit om udbytter i pilemarker. Oversigt over Landsforsøgene – Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Udgivet af Viden-centret for Landbrug. Hhv. s.185, 190, 203-204, 178-180 og 174-176.

2. KORTLÆGNING AF OPLEVEDE BARRIERER FOR AFSÆTNING AF ENERGIPIL TIL KRAFTVARME- OG VARMEVÆRKER

Af Jørgen Pedersen og Jørgen Hinge

2.1. Interviews med udvalgte kraftvarme- og varmeværker

I dette afsnit beskrives interviews med kraftvarme- og varmeværker. Formålet med interviewene har været at afdække værkernes erfaringer med energipil i relation til lagring, fyringsegenskaber, vandindhold, brændværdi og askeindhold mv. Desuden har det været formålet at opsamle deres forslag og anbefalinger til, hvordan barriererne for en øget anvendelse af energipil som brændsel på værkerne kan nedbrydes. Kortlægningen er gennemført som telefoninterviews, hvor 11 kraftvarme- og varmeværker fordelt over hele Danmark er blevet udspurgt om deres erfaringer med energipil som brændsel.

2.1.1. Spørgeskema

Interviewene er gennemført telefonisk på grundlag af et spørgeskema med ca. 50 spørgsmål. Spørgeskemaet er udarbejdet af AgroTech, og efterfølgende er indholdet og udformningen kvalitetssikret af AgroVi. Spørgsmålene var opdelt i 9 grupper omfattende:

- Navn på værket
- Fyringsteknologi
- Brændselsforbrug
- Erfaringer med anvendelse af pileflis som brændsel
- Erfaringer med håndtering af pileflis på værket
- Forhold vedrørende flisens kvalitet
- Erfaringer vedrørende leverance og kontrakter på indkøb af pileflis
- Økonomiske forhold vedrørende anvendelse af pileflis som brændsel
- Barrierer for anvendelse af pileflis, herunder forslag til hvordan barriererne fjernes

Ved alle interviewene er det pågældende værksdriftsleder, som har besvaret spørgsmålene. I enkelte tilfælde har værket fået tilsendt spørgeskemaet på forhånd og således kunnet forberede sig på samtalen. Varigheden af interviewene har været ½-1 time. Alle værker har udvist imødekommenhed over for at blive interviewet.

2.1.2. Udvalgelse af værker til undersøgelse

Interviewene er gennemført med kraftvarme- og varmeværker, der har specifikke erfaringer med anvendelse af energipil. Værkerne er udvalgt dels med hjælp fra brancheorganisationen Dansk Fjernvarme, hvis medlemmer dækker 99 % af fjernvarmeproduktionen i Danmark, dels på grundlag af nærværende forfatteres personlige kendskab til hvilke værker, der anvender eller har anvendt pileflis.

Anvendelsen af energipil som brændsel i fjernvarmeforsyningen er ikke særligt udbredt, og de udvalgte værker repræsenterer derfor langt hovedparten af de værker, som har erfaring med energipil. Listen nedenfor viser de værker, der er gennemført interview med. Værkerne er jævnt fordelt over hele landet med 6 i Jylland, 1 på Fyn og 4 på Sjælland. De 11 værker er:

- Assens Fjernvarme
- Fjerritslev Fjernvarme
- Fuglebjerg Fjernvarme
- Hadsund Bys Fjernvarmeværk

- Hals Fjernvarme
- Halsnæs Varmeforsyning
- Hinnerup Fjernvarme
- Korsør/Norbrinken Kraftvarmeværk
- Slagelse Kraftvarmeværk
- Trustrup-Lyngby Varmeværk
- Aabenraa-Rødekro Fjernvarme

2.1.3. Resultater af spørgeundersøgelse

De mange svar fra telefoninterviewene er sammenfattet under fire overskrifter, der omfatter driftsmæssige forhold, kvalitet af pileflis, økonomi ved anvendelse af pileflis samt de vigtigste barrierer for anvendelse af pileflis. De detaljerede besvarelser findes i Bilag A.

2.1.3.1. Driftsmæssige forhold

Generelt kan værkerne ikke bruge pileflis som eneste brændsel ved fuld kedelbelastning. Årsagen er, at der ikke kan opnås tilstrækkelig indfyret effekt til kedlen, hvis der er et højt vandindhold i brændslet. Kedlen kan med andre ord ikke yde 100 % produktion, hvis brændslet er for fugtigt. Der er typisk to løsninger på denne udfordring: Enten blandes pileflis med skovflis, eller pileflis anvendes kun i perioder, hvor kedlen kører i lavlast. Nogle værker har mulighed for at blande relativt fugtig pileflis med relativt tør skovflis, således at den gennemsnitlige vandprocent i brændslet tilpasses kedlens driftsbetingelser. Blanding kan foregå på forskellige måder, eksempelvis har nogle værker et såkaldt totrags-system i indfødningssystemet. I den ene tragt er der tør skovflis, og i den anden er der fugtig pileflis. En styring på indfødingen fra de to trakte sørger for, at den gennemsnitlige vandprocent i brændslet, der fødes ind i kedlen, passer til den ønskede ydelse fra kedlen. Andre værker kan med kran blande forskellige flispartier med hvert sit vandindhold i en brændselssilo. Værker, der kan blande fugtig pileflis med skovflis, kan således anvendes fugtig pileflis selv ved fuldlast på kedlen. Anderledes forholder det sig med de værker, som ikke kan blande forskellige flispartier. Disse værker kan ikke anvende fugtig pileflis, når kedlen skal levere fuld ydelse, hvilket normalt er i vinterhalvåret. Værkerne begrænser derfor anvendelsen af pileflis til sommerperioden, hvor kedlen kører på lavlast. Ét enkelt værk ud af de 11 adspurgte er i stand til at anvende flis med et vandindhold på 57,5 % ved fuldlast, og dette værk vil derfor i de fleste situationer kunne anvende pileflis ved fuldlast. Dette værk er nyt og bygget specifikt med henblik på at kunne anvende flis med et højt vandindhold.

Værkerne oplever ikke eller kun i begrænset omfang problemer ved forbrændingen af pileflis. Den væsentligste årsag til dette er, at pileflisen ofte opblandes med relativt tør skovflis, samt for nogle værkers vedkommende at anvendelsen af pileflis begrænses til lavlastsperioder. Værkerne foretager ikke ændringer på kedlen som følge af anvendelsen af pileflis. Derimod sker der tilpasning af driftsparametrene, eksempelvis omstilling af ristehastighed, øget lufttryk i indblæsningsluften, ændring i andel af luftmængde til forbrænding mv. Men disse ændringer ligger i reglen inden for de normale tilpasninger af driftsparametrene og foretages også ved tilpasning til forskellige partier af skovflis, hvor der af og til kan være en betydelig variation i vandindholdet partier imellem.

Ingen værker melder om øget korrosion som følge af fyring med pileflis. 2-3 værker oplever øget askemængde på grund af pileflis. Det sker især, når pileflisen er for findelt, og brændslet indføres i kedlen med et ristesystem. Denne kombination kan medføre, at en del af brændslet ender uforbrændt i bundasken i kedlen. Et værk har installeret et asketilbageføringssystem, der sikrer, at der er meget lidt uforbrændt materiale i den resterende aske, der deponeres. Asketilbageføringssystemet har reduceret askemængden med 10-15 %. Det pågældende værk ville under alle omstændigheder have etableret asketilbageføringssystemet, og investeringen tilskrives ikke alene anvendelsen af pileflis.

Nogle værker oplever udfordringer i forbindelse med håndtering af pileflis. Det er især tilfældet, hvis flisen er for findelt. Så kan der opstå brodannelse, klumper og tilstopning forskellige steder i håndteringsæden fra lagersilo til kedel. Normalt er udstyret til håndtering og indfødningskonstrueret til brændsel med stor partikelstørrelse, hvilket i praksis vil sige almindelig skovflis. Og de fleste værker har da heller ikke håndteringsmæssigt større udfordringer med pileflis end med skovflis.

Værkerne ønsker generelt ikke at oplagre pileflis i længere tid ad gangen, hvis flisen er relativt fugtig, dvs. med et vandindhold på over ca. 45-50 %. Årsagen er frygt for, at den våde og findelte pileflis "brænder" sammen, dvs. at der udvikles kraftig varme i flisstakken med kvalitetsforringelse og tørstof-tab til følge og dermed en efterfølgende vanskeligere håndtering af flisen. Typisk er lagertiden for fugtig pileflis maks. 10 dage på værket.

2.1.3.2. Kvalitet af pileflis

Generelt set er kvaliteten af pileflis acceptabel, men der er plads til forbedring. Den største udfordring er det relativt høje vandindhold i flisen. De fleste værker har prøvet at modtage pileflis med et vandindhold på op til 60 %, og ofte ligger vandindholdet på 55-58 %. Der er flere årsager til det høje vandindhold. Dels høstes energipil om vinteren, hvor pileskuddene er bladløse, og det naturlige vandindhold i ved og bark er højt. Dels er den mest benyttede høstmetode høst med finsnitter, som hugger pileskuddene til flis under høsten. Og dels bliver meget pileflis oplagret under forhold, der ikke fremmer tørring af flisen. Værkerne er bevidste om, at fugtig pileflis kan være af ringe kvalitet, dvs. delvist formuldet som følge af, at det har været oplagret under dårlige forhold gennem længere tid. Flere værker har afvist partier af pileflis på grund af for ringe kvalitet (delvist nedbrudt/formuldet), hvorimod ingen har afvist pileflis på grund af højt vandindhold. Dog modtager værker, der ikke kan blande fugtig pileflis med tør skovflis, ikke pileflis i perioder, hvor værket skal yde fuld last, da fugtig flis reducerer kedlens ydelse.

Hvis energipil høstes som helskud, er det muligt at lave en tør pileflis. Skuddene høstes som helskud om vinteren, tørrer hen over sommeren og hugges til flis sidst på sommeren. Under gode tørreforhold kan vandindholdet i denne type flis komme under 30 %. Enkelte værker har prøvet pileflis lavet efter denne metode og været tilfredse med kvaliteten. Et enkelt værk mente, at flis fra helskudshøstet pil faktisk var for tør.

Samlet set er det dog værkernes ønske, at vandindholdet i pileflis reduceres og gerne til at være på niveau med, hvad der typisk er i skovflis. Gennem vedholdende dialog med flisleverandørerne er det i et vist omfang lykkedes værkerne at få påvirket kvaliteten af den leverede pileflis i positiv retning. Nogle værker har god viden om, at lagerforholdene hos landmanden har stor indflydelse på flisens vandindhold og kvalitet. Denne viden bruges aktivt i forhold til leverandørerne med henblik på at påvirke pileydernes/leverandørens håndtering af flisen efter høst og frem til levering.

Langvarig lagring af fugtig pileflis direkte på jorden medfører begyndende biologisk nedbrydning af flisen. Nogle værker oplever af og til at få leveret partier af pileflis, hvor der er tegn på biologisk nedbrydning. I nogle tilfælde er nedbrydningen så udpræget, at flisen afvises. Ifølge værkerne kommer flis med tegn på biologisk nedbrydning fra steder, hvor flisen har været lagret i små, lave stakke direkte på jorden. Ved lagring på mark skal flisen være skubbet op i en høj, spids stak, så flisen ikke bliver gennemvædet af regnen. Det giver de bedste lagerbetingelser og den bedste kvalitet i pileflisen, siger flere værker.

Værkerne er bevidste om, at træflis, herunder pileflis, kan indeholde svampesporer som følge af biologisk nedbrydning. Svampesporer udgør en væsentlig sundhedsrisiko, hvorfor lagerfaciliteterne og flis-transportssystemerne på værkerne er indrettet således, at de ansatte under normale arbejdsforhold ikke kommer i kontakt med flisen. De fleste værker oplever, at der kan forekomme svampesporer i pileflis, men at forekomsten ikke udgør noget problem.

Som beskrevet i afsnit 2.1.3.1. om driftsmæssige forhold så spiller flisens partikelstørrelse en rolle for flisens kvalitet. De fleste værker oplever, at pileflis ofte eller altid er for findelt. Nogle værker oplever

ikke problemer med meget findelt pileflis, mens andre oplever, at det øger askemængden. Ifølge værkerne er hovedårsagen til den findelte pileflis, at pileskuddene er for tynde ved høst. Det er værkerne erfaring, at flis fra skud, der kun er 2 år, er mere findelt end flis fra skud der er 3-4 år. Nogle værker undgår således helst flis fra pileskud, der kun har vokset i to vækstsæsoner. Et enkelt værk har en gang modtaget et parti pileflis, hvor flispartiklerne var korte rundstokke (såkaldte "billets") med en længde på 3-8 cm, og det fungerede fint i indfødning og kedel. Værkerne søger gennem dialog med piledyrkerne/leverandørerne at påvirke dem til ikke at høste tynde pileskud, men derimod vente til pileskuddene er 3-4 år.

Nogle værker oplever, at der kan være jord og sten i pileflis, hvilket absolut ikke er ønskeligt, da det slider på transportsystemerne på værket og øger askemængden. Forekomst af jord og sten i flis skyldes, at flisen har været oplagret i en stak på den bare jord. Ved læsning af flisen skal der udvises påpasselighed, særligt når det sidste flis i bunden af stakken skal samles op, ellers er der risiko for, at læssemaskinen samler jord og sten op sammen med flisen. En enkelt værk mener, at problemet med jord og sten i flisen er særligt udtalt, hvis det er piledyrkerne selv, der læsser flisen. I stedet bør det være rutinerede folk, eksempelvis vognmanden, der udfører læsningen. Hvis den nyhøstede pileflis omlæsses direkte fra høstmaskine til transportvogn og køres direkte til værk eller til lagerplads med fast bund, er risiko for jord/sten i flisen minimal. Generelt set udgør forekomsten af jord og sten i pileflis kun en lille problem for værkerne, men det kan i nogle tilfælde være årsag til at et parti flis afvises.

2.1.3.3. Økonomi ved anvendelse af pileflis

Det er meget forskelligt, hvad værkerne gør i forhold til indkøb og sikring af leverancer af pileflis. Nogle værker har et samarbejde med en lokal landboforening eller en leverandørforening, mens andre handler direkte med den enkelte piledyrker. Samarbejdet kan være formelt i form af en kontrakt, eller der kan være tale om, at man kort inden høsten af energipil mødes for at lave en aftale om køb af pileflis og betingelserne herfor. I nogle tilfælde kan der være tale om, at de enkelte piledyrkere handler direkte med værket uden forudgående aftale eller interessetilkendegivelse.

De fleste værker ønsker dog at begrænse antallet af leverandører og indkøbe så store mængde ad gangen pr. leverandør som muligt. Årsagen er, at administrationsomkostningerne vokser med antallet af leverandører. Derfor har flere værker valgt kun at købe pileflis via en leverandørforening. En leverandørforening er en sammenslutning af piledyrkere, hvor foreningens administration enten varetages af foreningen selv eller af en lokal landboforening. I samarbejdet med leverandørforeningen aftaler og afregner værket med foreningen, der så står for koordinering af medlemmernes individuelle leverancer af pileflis og efterfølgende fordeler værkets betaling ud til de enkelte leverandører. Denne model er en stor lettelse for værkerne i forhold til selv at skulle håndtere al administration til piledyrkerne. Et enkelt værk betaler 3 kr. pr. GJ mere for pileflis købt via leverandørforening i forhold til pileflis, der købes direkte hos den enkelte piledyrker.

Enkelte værker ønsker at bidrage til lokal produktion af energipil. Eksempelvis har ét værk en strategi om, at 10 % af det indkøbte træflis skal være lokalproduceret pileflis – "det giver en god profil i lokal-samfundet, og pengene bliver i kommunen", siger værket. Et andet værk giver 2-3 kr. pr. GJ mere end, hvad der gives for skovflis ved det pågældende værk. Og et tredje værk har besluttet at landmænd i kraft af deres medlemskab i en lokal halmleverandørforening har mulighed for at levere pileflis til værket, som desuden giver samme pris for pileflisen som for skovflis.

Nogle værker har haft kontrakt med Skovdyrkerne og med HedeDanmark om leverance af pileflis.

Kontrakter om køb af pileflis kan indeholde forskellige elementer. I reglen er pris og mængde aftalt, men betingelser omkring vandindhold er ofte også en del af aftalen. Eksempelvis kan det være aftalt, at vandindholdet i den samlede leverance skal være under et vist niveau, men at vandindholdet i en-

kelte læs med en højere vandprocent accepteres. Der kan ydermere være aftale om forhold, der vedrører leveringstidspunkt og indhold af fremmedlegemer (eksempelvis jord og sten), eller det kan være aftalt, at kvaliteten af pileflis skal være på niveau med kvaliteten af skovflis.

Nogle værker oplever, at leverancerne ind imellem ikke lever op til, hvad der er aftalt i kontrakten. Eksempelvis kan leveringen være forsinket på grund af dårlige vejrforhold, som har umuliggjort høsten inden for det planlagte tidsrum. Eller vandindholdet er højere end aftalt. Flere værker udtrykker, at kontrakterne bør være mere specifikke og gerne indeholde vejledning til, hvordan kvalitetskrav kan overholdes. Eksempelvis kunne en kontrakt indeholde krav om skudalder ved høst, lagringsmetode og partikelstørrelse.

De værker, der køber pileflis uden kontrakt, indkøber relativt set kun små mængder. Men hvis pileflisen kommer til at fylde mere på værkerne, forventer de pågældende værker, at der skal tegnes kontrakter for bedre at sikre kvalitet og leverance.

Ét værk har indgået en særlig kontrakt med en gruppe piledyrkere. Indholdet i kontrakten er, at værket ejer pileplanterne på piledyrkernes marker og desuden har afholdt etableringsomkostningerne, mens piledyrkerne har opgaven med at passe pilemarkerne bedst muligt, så de yder så højt et udbytte af pileflis som muligt. Værket står for høst af energipilen, og aflønningen til piledyrkerne sker ud fra udbyttet.

Værkernes betaling for pileflis varierer fra 30 til 45 kr. pr. GJ. De fleste værker afregner pileflis med 2-3 kr. mindre pr. GJ end for skovflis. Begrundelsen er, at pileflis giver højere omkostningerne end skovflis. De højere omkostninger er især en følge af dels øgede administrationsomkostninger ved indkøb af pileflis, som typisk indkøbes i mindre partier sammenlignet med skovflis, dels øgede omkostninger til askehåndtering. Nogle værker oplever, at pileflis giver mere aske end skovflis, hvilket medfører større deponeringsomkostninger. En del værker har erfaret, at indholdet af tungmetaller i asken og i spildevandet fra røggaskondensatoren stiger ved anvendelse af pileflis. Dette kan i nogle tilfælde medføre øgede omkostninger til deponering af aske eller slam fra bundfældning af spildevand.

Nogle værker angiver, at anvendelse af pileflis øger behovet for kedelrensning, hvilket i praksis betyder et ekstra stop årligt for kedlen. Øget håndtering af pileflis i forbindelse med blanding med skovflis kan også påføre driften ekstra omkostninger.

Værkerne har generelt set ikke foretaget investeringer i teknik og udstyr for specifikt at kunne anvende pileflis. Ét nybygget værk har valgt et anlægsdesign, som kan håndtere meget fugtig flis og forskellige andre ukurante brændsler. Dette valg har medført øgede investeringsomkostninger i forhold til en anlægstype, der primært var målrettet almindelig skovflis.

2.1.3.4. Vigtigste barrierer for anvendelse af pileflis

Værkerne har påpeget en række barrierer for en fortsat eller øget anvendelse af pileflis. Nogle værker har angivet forslag til, hvordan disse barrierer kan omgås. I afsnit 2.3. fremsætter forfatterne deres egne forslag til, hvordan de væsentligste barrierer for anvendelse af pileflis kan imødegås. Nedenfor oplistes barrierer og løsningsforslag, som værkerne påpeger.

Værkerne har påpeget følgende oplevede barrierer som de vigtigste for anvendelse af pileflis:

- Vandindholdet skal generelt ned omkring 45 til (maks.) 48 %, enkelte værker kan dog uden vanskeligheder anvende flis med højere vandprocent, selv ved fuldlastdrift.
- Mange flisfyrede værker kan ikke anvende pil til fuldlastdrift, da der ikke kan opretholdes tilstrækkelig energiinput.
- Dårlig fliskvalitet.
- Modtageforhold ikke tilpasset (der skal være mulighed for automatisk blanding med skovflis).
- Større askeandel giver øgede udfordringer i den automatiske drift og øgede omkostninger til deponering.

- Kvaliteten af den leverede pileflis; hvis det er høstet for tidligt og med forkert maskineri.
- Svingende vandindhold; som følge af dårlig oplagring (i "flade" bunker eller bunker med mange toppe).
- Krav til tungmetaller i spildevandet er for strenge.
- For lille partikelsstørrelse på grund af, at pileskuddene er for tynde ved høst.
- Højt cadmiumindhold. Pil fra sandjorde har lavest indhold af cadmium. Sur jord giver højt cadmiumindhold.
- Meget variabel fliskvalitet (størrelse, vandindhold).
- Lavt dækningsbidrag til landmanden, hvilket gør dyrkning af energipil uinteressant for landmanden.
- Højt vandindhold i pileflis om vinteren. Problem for værker, der ikke kan anvende fugtig flis ved fuldlast.

Værkerne har påpeget følgende forslag til, hvordan de oplevede barrierer kan fjernes:

- Grænserne for vandindhold skal skrives ind i kontrakterne, og leverandørerne skal forstå vigtigheden af at overholde disse, dvs. leverandørerne skal også "undervises" i produktion og (især) lagring af pileflisen, så kvaliteten er i orden.
- Vandindhold må ikke være over 55 %. Denne høje tolerance fordrer, at pileflisen blandes med skovflis med en andel på maks. 25 % pileflis.
- Modtagefaciliteterne på værket skal give mulighed for let opblanding med skovflis og fleksibel dosering.
- Udstyret, der anvendes til høst/flisning af pil skal være tilpasset, så der produceres en høj kvalitet i form af flisstørrelse med partikellængde på 3-5cm og "så tykke skud som muligt".
- Pileflis skal ligne skovflis med hensyn til partikelstørrelse – skuddene skal være tykkere inden de høstes.
- Prisforskellen mellem pileflis og skovflis skal være mindst 10 kr. pr. GJ for, at det er interessant at fyre med pileflis.
- Prisen skal afspejle de øgede omkostninger til askebehandling og askeafrensning.
- Kommunikation med pileleverandører og dygtiggørelse af disse for at opnå bedre kvalitet af pileflis.
- Det er absolut nødvendigt, at man ser på de miljømæssige krav, således at kommunerne ikke "lægger deres miljømæssige udfordringer med tungmetaller i spildevandsslam over på varmeværkerne".
- Information og "uddannelse" af flisproducenterne/leverandørerne er afgørende for at hæve kvaliteten af pileflis.
- Der skal etableres attraktive og langsigtede rammevilkår.
- Prioritering af leverancer med lavt vandindhold i vinterperioden.

2.1.4. Sammenfatning og konklusioner

I det følgende opsummeres resultaterne af interviews med 11 kraftvarme- og varmeværker vedr. anvendelse af pileflis.

2.1.4.1. Driftsmæssige forhold

Generelt er det muligt på de fleste værker at anvende pileflis i kombination med skovflis. Enkelte værker kan anvende ren pileflis (i lavlastperioder), men ellers sker der en blanding med skovflis, enten i forbindelse med lagringen, eller når flisen udtages fra separate lagre. Enkelte værker, der har prøvet at anvende pileflis på forsøgsbasis, har konkluderet, at deres værk ikke er egnet dertil. Det skyldes i første række manglende faciliteter til opblanding af pileflisen med skovflis. Pileflis anvendes ikke i spidslastperioder, idet det ikke er muligt at opnå tilstrækkelig indfyret effekt. Anvendelse af pileflis giver kun sjældent anledning til udfordringer i selve forbrændingen, og ingen værker har meldt om øgede problemer med korrosion eller lignende i kedlerne. Enkelte værker har rapporteret, at pileflis, der er for fint, giver anledning til større mængde af uforbrændt materiale.

2.1.4.2. Kvalitet af pileflis

Erfaringerne fra værkerne kan sammenfattes således, at det ved god kommunikation mellem leverandører og aftagere er muligt at opnå stabile leverancer af pileflis af tilfredsstillende kvalitet. Flere værker har oplevet at modtage pileflis af dårlig kvalitet (for højt og varierende vandindhold, uensartet og dårlig partikelstørrelse, jord og sten). Men for de værker, hvor der er anvendt pileflis i større mængder og over længere perioder, er det lykkedes at opnå en ensartet, høj kvalitet gennem dialog med leverandører og transportører. Værkernes vurdering er, at når der er for højt vandindhold i pileflisen, skyldes det dårlige lagringsforhold hos leverandørerne. Lagringsteknik og lagringserfaringer hos leverandørerne behandles detaljeret i afsnit 4.1. Et nyere værk har installeret kedelteknologi, der muliggør anvendelse af flis med meget højt vandindhold.

2.1.4.3. Økonomi ved anvendelse af pileflis

Prisen for pileflis skal være lavere end prisen for skovflis for, at det er økonomisk interessant for værkerne at anvende pileflis. Udsagnene fra værkerne omkring den nødvendige prisforskel varierer mellem 2,20 og 10 kr. pr. GJ. Prisforskellen skal i først omgang dække øgede driftsomkostninger, idet værkerne generelt ikke vurderer, at anvendelse af pileflis har betydet øgede investeringer. Eksempler på øgede driftsomkostninger omfatter:

- Øgede udgifter til deponering af aske (pga. større askemængde)
- Øget spildevandsmængde fra røgvasker
- Ekstra stop for rensning af kedel
- Manuel/mekanisk sammenblanding af pile- og skovflis (på anlæg uden faciliteter til automatisk sammenblanding)
- Mere administration pga. relativt små mængder flis

Nogle værker giver udtryk for, at man gerne vil støtte op om lokal produktion af pileflis, og da pileflisen udgør en relativt begrænset andel af brændselsomkostningerne, stiller man ikke nødvendigvis helt skarpt på, om pileflisen er prismæssigt fuldstændig konkurrencedygtig med skovflis.

2.1.4.4. Vigtigste barrierer

De vigtigste barrierer for øget anvendelse af energipil, som værkerne har påpeget, er:

- Kvaliteten af den leverede pileflis er ikke tilfredsstillende – vandindholdet skal generelt ned omkring 45 til (maks.) 48 %, der skal ikke høstes for tynde skud, og flisen må ikke være for fin eller trevlet.
- Modtageforhold er ikke tilpasset – der skal være mulighed for automatisk blanding med skovflis.
- Ved fuldlast kan pil ikke anvendes som eneste brændsel, da kedlen som følge af det høje vandindhold i pileflis ikke kan yde nominel effekt.
- Større askeandel giver øgede udfordringer i den automatiske drift og øgede omkostninger til deponering.
- Grænseværdier for indhold af tungmetaller i spildevandet kan være en udfordring for nogle værker.
- Det er administrativt tungt at indkøbe og afregne pileflis i forhold til skovflis. Pileflis indkøbes ofte fra en række leverandører, og mængderne er små set i forhold til indkøb af skovflis.

Barriererne for øget produktion og anvendelse af energipil samt mulige løsninger behandles samlet i afsnit 2.3.

2.2. Analyse af energipils brændselsegenskaber

Af Poul Erik Lærke, Jørgen Pedersen og Jørgen Hinge

I dette afsnit gennemgås den eksisterende viden om brændselsegenskaberne for energipil. Den indsamlede viden bygger dels på de praktiske erfaringer fra kraftvarme- og varmegærker (afsnit 2.1) og dels en gennemgang af videnskabelig litteratur om emnet.

2.2.1. Sammenfatning af værkernes erfaringer med pils egenskaber som brændsel

I afsnit 2.1 er indhentet erfaringer fra 11 kraftvarme- og varmegærker, der i større eller mindre grad har anvendt pileflis. De praktiske erfaringer, der knytter sig til pilens brændselsegenskaber kan sammenfattes således:

- Vandindholdet i pileflisen er den parameter, der har størst fokus hos værkene.
- Partikelstørrelse/neddelingsgrad er også en vigtig parameter for mange værker. Flere værker nævner, at flisen ikke må være for findelt. Dette giver udfordringer, både i håndteringen og i kedlen.
- Skudalder er ligeledes en vigtig parameter, fordi denne har betydning for flisens kvalitet. Flere værker nævner, at skuddene ved høst skal være 3 år eller ældre.
- Ingen værker har oplevet forbrændingstekniske problemer i relation til mængden af indholdsstoffer i pilebrændslet som f. eks. kalium, klor, tungmetaller mv. Indholdsstofferne kan dog være af stor betydning for andre faktorer, f. eks. kan et højt indhold af tungmetaller have store økonomiske konsekvenser i forbindelse med håndtering af spildevand.

2.2.2. Best practice for levering af energipil

EU-standarden DS/EN ISO standard 17225-1 (CEN, 2014) angiver specifikationskrav til biomasse. Standarden angiver, at træflis skal vurderes ift. partikelstørrelse, vandindhold, askeindhold, brændværdi, rumvægt, indhold af grundstoffer og askesmeltepunkt. I standarden angives ligeledes typiske værdier for skovtræ og energipil, men en del af analyserne på energipil baserer sig sandsynligvis på kloner, der i dag ikke normalt dyrkes i Danmark. Standarden angiver, at energipil i gennemsnit har en nedre brændværdi, der er 0,6 MJ pr. kg lavere end skovtræ (tabel 2.2.1). Larsson (2010) angiver en brændværdi for svenske kloner af energipil (19,2 MJ pr. kg), der er på niveau med skovtræ (tabel 2.2.1). Det er primært svenske kloner af energipil, der dyrkes i Danmark. Det gennemsnitlige askeindhold i energipil angives ligeledes i EU-standarden til at være 2,0 %, hvilket er noget højere end i skovtræ (0,3 %) men lavere end i resttræ fra skoven (5,0 % for løvtræ og 3,0 % for nåltræ). Variationen i askeindholdet er dog væsentligt mindre for energipil, end den er for restskovtræ, som i nogle tilfælde kan have et meget højt askeindhold. Larson (2010) angiver det gennemsnitlige askeindhold i energipil til at være 1,6 %, hvilket er på niveau med nye danske undersøgelser (tabel 2.2.1; Liu, 2015).

Øgede mængder af bestemte grundstoffer i flis kan påvirke forbrændingens effektivitet pga. øget slaggedannelse og korrosion af kedlen. Der er primært fokus på kalium (K) og klorid (Cl), men en række øvrige grundstoffer kan også give problemer, når flisen afbrændes ved høje temperaturer (Liu, 2015). Calciumoxid (CaO) og kaliumoxid (K₂O) er de primære komponenter i asken, så derfor giver et højt indhold af calcium (Ca) og kalium ligeledes en øget askemængde (Vassilev, 2013). Kvælstof (N) og svovl (S) giver anledning til emission af kvælstofoxider (NO_x) og svovloxider (SO_x), og endelig kan højt indhold af tungmetaller føre til, at koncentrationen af cadmium (Cd) i spildevandet og asken fra værkene overstiger fastsatte grænseværdier (Miljøstyrelsen, 2006). Det er vanskeligt at fastsætte grænseværdier for de enkelte indholdsstoffer i biomassen, da det er forbrændingsteknologien på værkene, der er bestemmende for, hvilket indhold der giver problemer.

Tabel 2.2.1. Vandprocent, brændværdi, askeindhold samt indhold af grundstoffer af betydning for energipils brændselskvalitet sammenlignet med kvaliteten af skovtræ og resttræ fra skoven.

	DS/EN ISO standard 17225-1										Lantmännen Agroenergi AB		
	Energipil		Resttræ fra skoven (logging residues)				Skovtræ				Energipil ¹⁾		Energipil ²⁾
			Nåletræ		Løvtræ		Nåletræ		Løvtræ				
	Gennemsnit	Interval	Gennemsnit	Interval	Gennemsnit	Interval	Gennemsnit	Interval	Gennemsnit	Interval	Gennemsnit	Interval	Gennemsnit
Vandindhold (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	50	45-55	53,2-55,5
Brændværdi (LHV, MJ/kg)	18,4	17,7-19,0	19,2	18,5-20,5	18,7	18,3-18,5	19,1	18,5-19,8	18,9	18,4-19,2	19,2	n.d.	n.d.
Ash, % TS	2	1,1-4,0	3	<1-10	5	2-10	0,3	0,1-1,0	0,3	0,2-1,0	1,6	1,3-2,1	1,6
N, % TS	0,5	0,2-0,8	0,5	0,3-0,8	0,5	0,3-0,8	0,1	<0,1-0,5	0,1	<0,1-0,5	0,4	0,3-0,7	n.d.
S, % TS	0,05	0,02-0,1	<0,02	<0,02-0,06	0,04	0,01-0,08	<0,02	<0,01-0,02	0,02	<0,01-0,05	0,04	0,02-0,08	0,066
Cl, % TS	0,03	0,01-0,05	0,01	<0,01-0,04	0,01	0,01-0,02	0,01	<0,01-0,03	0,01	<0,01-0,03	0,005	0,002-0,014	0,046
P, mg/kg TS	800	500-1300	500	n.d.	300	30-1000	60	50-100	100	50-200	500	300-800	900
Ca, mg/kg TS	5000	2000-9000	5000	2000-8000	4000	3000-5000	900	500-1000	1200	800-20000	4400	2500-7000	4000
Mg, mg/kg TS	500	200-800	800	400-2000	250	100-400	150	100-200	200	100-400	450	250-800	400
Mn, mg/kg TS	97	79-160	130	80-170	120	10-800	100	40-200	83	n.d.	60	40-80	43
K, mg/kg TS	2500	1700-4000	2000	1000-4000	1500	1000-4000	400	200-500	800	500-1500	2500	1500-4000	3000
Cd, mg/kg TS	2	0,2-5	0,2	0,1-0,8	0,5	0,0-3,0	0,1	<0,05-0,5	0,1	<0,05-0,5	1,7	0,9-2,4	0,9
Cu, mg/kg TS	3	2-4	10	10-100	10	1-100	2	0,5-10,0	2	0,5-10,0	4	n.d.	4
Zn, mg/kg TS	70	40-100	20	8-30	50	2-100	10	5-50	10	5-100	n.d.	n.d.	60

¹⁾ Data fra analyser udført i perioden fra 1994 til 2001 af Analytic Standard AB i et projekt sammen med Sveriges Landbrugsuniversitet (SLU). Prøverne er fra høst af et antal pilemarker i Midsverige (Larsson, 2010).

²⁾ Gennemsnit af 2 forsøg med 8 pilekloner dyrket på to forskellige lokaliteter i Danmark (Liu, 2015).

2.2.2.1. Effekt af pileklon

I et forholdsvis nyt omfattende dansk studie er brændselskvaliteten af otte forskellige pilekloner blevet undersøgt efter de første tre års vækst. Vandprocenten i den nyhøstede pileflis varierede blot mellem 53,2-55,5 % blandt de 8 forskellige kloner (Larsen *et al.*, 2014). Senere har Liu (2015) undersøgt de samme kloner og fundet forskelle på op til 34 % mellem pileklonernes indhold af grundstoffer. Et andet studie i USA fandt forskelle på op til 154 % mellem 30 kloner i en samling med større genetisk variation end i det danske studie (Tharakan *et al.*, 2003). Det er velkendt, at bark indeholder mere aske end ved, men udover at bark/ved-forholdet kan variere fra klon til klon, så skal forskellene sandsynligvis også tilskrives genetiske forskelle mellem kloner i koncentrationen af grundstoffer i både bark og ved.

2.2.2.2. Effekt af dyrkningslokalitet

Effekten af dyrkningslokalitet omfatter både jordtype og klima samt dyrkningspraksis, hvis denne ikke er holdt konstant. De mere frugtbare jordtyper giver normalt en større tilvækst, hvilket kan medføre både flere skud pr. stub og tykkere skud. Vandprocenten i 8 pilekloner høstet efter 3 års vækst blev målt efter dyrkning på 5 forskellige sandjordslokaliteter. Variationen mellem lokalitet holdt sig indenfor et interval på blot 53,2-55,0 % (Larsen *et al.*, 2014).

For de fleste indholdsstoffer er der kun fundet mindre forskelle på indholdet mellem to af dyrkningslokaliteterne (JB1 og JB4). Derimod var koncentrationen af klor mere end dobbelt så høj i pil dyrket på JB 1-lokaliteten (0,070 %) end på JB 4-lokaliteten (0,022 %) (Liu *et al.*, 2015). Denne forskel kan muligvis forklares ved, at JB 1-lokaliteten ligger tættere på Vesterhavet (30 km) end JB4 lokaliteten (90 km) og dermed har JB 1-lokaliteten større risiko for at blive tilført salt fra Vesterhavet via vinddrift. Generelt var der dog for indholdsstofferne større effekt af klon end af de to dyrkningslokaliteter. Andre studier har fundet stedeffekter på op til 140 % for kalium, fosfor, zink og cadmium (Adler *et al.*, 2008). Dyrkningsjordens pH kan have meget stor betydning for optag af f.eks. cadmium, som særligt optages fra sur jord.

2.2.2.3. Gødskning

Betydning af gødskning for brændselskvaliteten er undersøgt i flere studier (Adler *et al.*, 2008; Sevel *et al.*, 2014). Sevel *et al.* (2014) fandt, at stigende mængder gødning i mindre grad reducerede koncentrationen af fosfor, magnesium og zink i pil dyrket på en sandjord i Nordjylland, hvilket blev forklaret som en fortyndingseffekt, idet gødskning resulterede i større udbytte. Der blev ikke fundet nogen effekt af gødskning på biomassens cadmium-koncentration, der i gennemsnit var 0,67 mg pr. kg tørstof på tværs af 9 gødningsbehandlinger. Betydningen af gødskning for indholdsstoffer understøttes af et nyt studie på en grov sandjord ved Tim i Vestjylland (Larsen *et al.*, 2015, submitted).

2.2.2.4. Høstrotationslængde og skuddiameter

Det anbefales generelt at høste energipil med tre års interval for at opnå størst muligt udbytte, men nogle pileydere vælger at høste med 2-års intervaller og i enkelte tilfælde hvert år. Der findes for en del undersøgte indholdsstoffer, undtagen cadmium, en højere koncentration i 1-års skud end i ældre skud (Adler *et al.* 2005; Liu, 2015). En dansk undersøgelse af klonen Inger viste, at koncentrationen af grundstoffer var væsentligt lavere i 3-års skud end i 1-års skud, men at den faldende koncentration fra første til tredje år kun delvist kunne relateres til stigende skuddiameter (Liu, 2015). Eksempelvis stabiliserede koncentrationen af kalium og klor sig efter 2 års vækst, hvor den gennemsnitlige skuddiameter var 20 mm. En klar sammenhæng mellem barkandel og skuddiameter på op til 20 mm i 55 cm højde er tidligere blevet vist (Adler, 2005), hvor de tyndeste skud havde næsten dobbelt så stor barkandel som skud, der var større end 20 mm i diameter. Skud større end 20 mm i diameter havde konstant barkandel.

2.2.2.5. Høsttidspunkt på året

Larsson (2010) angiver, at vandindholdet i pileflis ved høst af et antal pilemarker i Midtsverige varierede fra 45 % til 55 % (tabel 2.2.1). Eftersom Larsen *et al.* (2014) fandt væsentlig mindre forskelle på vandindholdet mellem kloner og dyrkningslokaliteter skal en del af denne variation sandsynligvis tilskrives høsttidspunktet på året. I et nyt svensk studie er høsttidspunktets effekt på vandindholdet blevet undersøgt (Paulrud & Albertsson, 2015). Tre år gamle skud af klonen Tordis blev høstet på forskellige tidspunkter fra september til juni, dvs. at der var blade på skuddene i yderperioderne. Forsøget viste et vandindhold, der varierede fra 46 til 57 %. Samtidig blev det konstateret, at vandindholdet ikke ændrer sig markant i perioden fra december til april, hvilket understøttes af et omfattende norsk studie (Nielsen, 2015). Paulrud & Albertsson (2015) fandt overraskende, at september og oktober resulterede i den bedste brændselskvalitet vurderet ud fra en lavere vandprocent og et lavere N-indhold. Samtidig citeres et tidligere svensk forsøg, der viste, at tidlig høst i efteråret eller meget sent i foråret ikke har en negativ påvirkning af genvæksten efter høst. Resultaterne tyder på, at udfordringerne med højt vandindhold, som opleves af nogle kraftvarme- og varmeværker (afsnit 2.1.), i nogen udstrækning vil kunne imødegås bl.a. via valg af høsttidspunkt. I praksis vil der dog ofte være forhold såsom vejforhold og høstmaskinernes kapacitet, som vil være bestemmende for høsttidspunktet (se også afsnit 2.2.2.6.).

2.2.2.6. Høstmetode og lagring

Høst af energipil udføres normalt i perioden fra november til marts. På denne årstid er pileskuddene uden blade. Jorden på marken er ofte helt eller næsten helt vandmættet, hvilket mange steder kan vanskeliggøre færdsel med tunge maskiner på de fugtige marker. Perioder med frost kan være en betingelse for, at pil kan høstes og bjærges fra visse vandlidende arealer.

Den optimale metode til håndtering og lagring af energipil afhænger af, hvornår pilen skal anvendes og af, i hvor høj grad vandindholdet har betydning for aftageren. Hvis varmeværket kan bruge pileflisen med det samme, er høst og flisning i én arbejdsgang særdeles velegnet. Denne form for høst foregår i reglen med selvkørende finsnittere, der er af samme type, som anvendes i landbruget til høst og snitning af helsædsmajs og græs. Ved høst af energipil skal finsnitteren udstyres med et særligt skærebord, som kan afskære pileskuddene ved jorden og føre dem ind i maskinen, hvor de hugges til flis. Antallet af knive på selve snittermodulet i finsnitteren reduceres med henblik på, at pilen bliver hugget så groft som muligt. Selv om finsnittermaskiner ikke er konstrueret til høst af pil, viser erfaringerne, at de udfører et tilfredsstillende arbejde. Der benyttes også traktorbugserede maskiner, som høster pil på samme måde som finsnitterne. Nyhøstet pileflis har et relativt højt vandindhold, typisk 50-55 % (se bl.a. tabel 2.2.1.). Så fugtig flis kan enten anvendes med det samme, hvilket er muligt på værker, der kan blande den fugtige pileflis med mere tør flis, eller også skal flisen lagres i en længere periode. Ved lagring af fugtig pileflis bør der udvises særlig opmærksomhed. For det første er det vigtigt, at flisen lagres i så stor en stak som muligt, og at flisen skubbes op i en høj og relativt spids stak, så der ikke er lavninger i stakken, hvor regnvand kan opfanges og synke ned i flisen. Stakken må gerne være høj, dvs. 5-6 meter eller mere. Det kan endvidere være fordelagtigt at "kaste" flisen, dvs. omflytte stakken, eksempelvis flytte hele stakken nogle få meter, særligt hvis flisen skal ligge længe (i mere end 2 mdr.), eller hvis der er faldet meget nedbør siden høst. Desuden bør flisstakken placeres, så der ikke kan samles vand under den, dvs. ikke i en lavning på marken. Og endelig bør stakken placeres ud til kørefast vej, så en lastbil kan hente flisen. I lagringsperioden sker der en markant opvarmning som følge af biologisk aktivitet i flisstakken. Denne opvarmning kan reducere flisens vandindhold betydeligt. Kristensen *et al.* (2014) målte en reduktion på 10 procentpoint i vandindholdet i flis, der var lagret frem til oktober, hvorimod målinger i flispartier leveret til varmeværker på Sjælland typisk viser reduktioner i vandindholdet på 10-15 procentpoint ved lagring fra høst i vinterperioden frem til midt på sommeren (Rasmussen, 2015). Samtidig sker der et tab af tørstof fra stakken, og i løbet af et halvt år kan tørstoffabet være 15-20 % (Kristensen *et al.*, 2014).

En anden høstmetode er høst af helskud og efterfølgende flishugning på et senere tidspunkt. Helskud høstes med specialbyggede maskiner, der enten er selvkørende eller traktorbugserede. Skuddene skæres af ved jorden og samles i løse portioner på maskinen. De lægges ved enden af marken, i reglen direkte på jorden, hvor de ligger indtil de hugges til flis engang sidst på sommeren, dvs. ca. et

halvt år efter høst. På denne måde kan der laves en pileflis med et vandindhold på omkring 30 % eller lidt derunder (Kristensen *et al.*, 2014). Tabet af tørstof i lagerperioden frem til flishugning er i størrelsesordenen 5 % (Kristensen *et al.*, 2014).

En tredje metode til høst af energipil kan udføres med en modificeret sukkerrørshøster, der klipper pileskuddene op i stykker på 5-20 cm længde, såkaldte "billets". Billets kan opfattes som en meget grov flis, og når de lagres i en stak, kan de tørre uden, at stakken brænder sammen. Der er dog kun få erfaringer med høst, håndtering og anvendelse af billets, og høstmetoden bør undersøges nærmere.

Det laveste vandindhold i såvel en flisstak som i helskud nås sidst på sommeren i august-september, ca. et halvt år efter høst (Kristensen *et al.*, 2014). Fortsætter lagringen ind i efteråret medfører det en markant stigning i vandindholdet i begge situationer, typisk op til 20 procentpoint i forhold til lavpunktet i sommerperioden (Kristensen *et al.*, 2014).

På helskud men især i flisstakke kan der ved længere tid lagring dannes sundhedsskadelige svampesporer.

2.2.3. Konklusioner

Nye undersøgelser blandt de pilekloner, der typisk bliver dyrket i Danmark, viser et lavere askeindhold end typiske værdier angivet for energipil i DS/EN ISO standard 17225-1 (CEN, 2014). Det bør endvidere undersøges nærmere, om brændværdien for disse typiske pilekloner er højere end middeltallet angivet i EU standarden, da der findes divergerende oplysninger.

Cadmium-koncentrationen i pileflis kan ikke påvirkes meget ved valg blandt kommercielle kloner, og cadmium er heller ikke relateret til skuddiameteren som de øvrige grundstoffer. Til gengæld er dyrkningsjordens indhold af cadmium samt jordens pH afgørende for pilens optag af cadmium.

Analyser efter de første 3 års vækst af de pilekloner, der primært bliver dyrket i Danmark, viser, at koncentrationen af de grundstoffer, der er af betydning for brændselskvaliteten, kan påvirkes med op til ca. 30 % gennem målrettet valg af klon. Dyrkningslokalitet og gødskningsniveau har i endnu mindre grad vist sig at påvirke brændselskvaliteten af pileflis signifikant, bortset fra koncentrationen af klor, hvor der er blevet fundet forskelle på mere end 200 % mellem lokalitet.

Meget tynde pileskud har generelt en dårligere brændselskvalitet, idet det er vanskeligt at fremstille flis med tilfredsstillende størrelsesfordeling; der vil være en tendens til at materialet "trevler", og at der forekommer mange "stikkere". Men hvis den gennemsnitlige diameter i 1 m højde er større end 20 mm, påvirkes brændselskvaliteten kun i mindre grad.

Et nyt svensk studie af klonen Tordis viser, at det er muligt at høste pil meget tidligt (september og oktober) uden, at det påvirker kvaliteten negativt. Måske kan tidlig høst tværtimod reducere vandindholdet i den høstede pileflis (Paulrud & Albertsson, 2015), men dette bør verificeres på andre kloner og gennem flere år.

Udendørs lagring af pil hen over sommeren reducerer normalt vandindholdet. Det kan dog forventes, at der under lagringen samtidig tabes 10-20 % af tørstoffet afhængig af høst- og lagringsmetode. Lagring af helskud giver væsentligt lavere tørstofftab end flis, og det bør undersøges, om "billets" (som beskrevet i 2.2.2.6.) også giver mindre lagringstab end flis.

2.2.4. Referencer

Adler, A., Verwijst, T. & Aronsson, P. (2005). Estimation and relevance of bark proportion in a willow stand. *Biomass Bioenergy* 29 (2):102-113.

- Adler, A., Dimitriou, I., Aronsson, P., Verwijst, T. & Weih, M. (2008). Wood fuel quality of two *Salix viminalis* stands fertilised with sludge, ash and sludge-ash mixtures. *Biomass Bioenergy* 32 (10):914-925.
- CEN (2014). DS/EN ISO 17225-1 Solid biofuels - fuel specifications and classes - part 1: General requirements. European Committee for Standardization (CEN).
- Kenney, W.A., Sennerbyforsse, L. & Layton, P. (1990). A Review of Biomass Quality Research Relevant to the Use of Poplar and Willow for Energy-Conversion. *Biomass* 21 (3):163-188.
- Kristensen, E.F., Lærke, P.E. & Jørgensen, U. (2014). Høst og lagring af energipil. *Forskning i Bioenergi*. Vol. 47, p. 10-11. <http://www.biopress.dk/PDF/host-og-lagring-af-energipil>
- Larsen, S.U., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2014). Willow Yield Is Highly Dependent on Clone and Site. *Bioenergy Research* 7:1280-1292.
- Larsen, S.U., Jørgensen, U., Kjeldsen, J.B. & Lærke, P.E. (2015). Effect of fertilisation on biomass yield and element uptake in SRC willow for combustion. Submitted til *Biomass & Bioenergy*, juli 2015.
- Larsson, S. (2010). Norm values for harvested *Salix* wood chips. Lantmännen Agroenergi AB, Svalöv, Sverige, 18/8 2010. http://www.vattenmyndigheterna.se/SiteCollectionDocuments/sv/sodra-oster-sjon/samrad/samradssvar/ftg_org/EuropeanWillowBreedingAB_nr2_SÖ_OK.pdf
- Liu, N. (2015). Biomass quality of willow, poplar and miscanthus in relation to requirements for combustion. PhD Thesis at Department of Agroecology, Aarhus University. pp. 180.
- Liu, N., Nielsen, H.K., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2015). Sampling procedure in a willow plantation for chemical elements important for biomass combustion quality. *Fuel* 142:283-288.
- Miljøstyrelsen (2006). Tilslutning af industrispildevand til offentlige spildevandsanlæg [Connecting industrial wastewater to municipal wastewater treatment plants], Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 2, 2006. <http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2006/87-7052-055-0/pdf/87-7052-055-0.pdf>.
- Nielsen, H.K., Lærke, P.E., Liu, N. & Jørgensen, U. (2015). Sampling procedure in a willow plantation for estimation of moisture content. *Biomass & Bioenergy*, 78, 62-70.
- Paulrud, S. & Albertsson, J. (2015) Variation in moisture content and chemical composition due to harvest time and shoot size in willow. *Aspects of Applied Biology* 131:109-116.
- Pecenka, R., Hoffmann, T. & Ehlert, D. (2015) Harvest technology for short rotation coppices and costs of harvest transport and storage. *Aspects of Applied Biology*, 131:55-59.
- Rasmussen, H.K. (2015). Personlig meddelelse. Projektkonsulent ved AgroVi, Hillerød.
- Sevel, L., Ingerslev, M., Nord-Larsen, T., Jørgensen, U., Holm, P.E., Schelde, K. & Raulund-Rasmussen, K. (2014). Fertilization of SRC Willow, II: Leaching and Element Balances. *Bioenergy Res* 7 (1):338-352.
- Tharakan, P.J., Volk, T.A., Abrahamson, L.P. & White, E.H. (2003). Energy feedstock characteristics of willow and hybrid poplar clones at harvest age. *Biomass Bioenergy* 25 (6):571-580.
- Vassilev, S.V., Baxter, D. & Vassileva, C.G. (2013). An overview of the behaviour of biomass during combustion: Part I. Phase-mineral transformations of organic and inorganic matter. *Fuel* 112:391-449.

2.3. Fjernelse af barrierer for afsætning af energipil

Henrik Kruse Rasmussen, Jørgen Pedersen og Jørgen Hinge

I dette afsnit opsummeres de identificerede barrierer for anvendelse af energipil som brændsel i kraftvarme- og varmekrøer, og der opstilles forslag til, hvordan barriererne kan fjernes eller reduceres.

2.3.1. Opsummering af barrierer for afsætning af energipil

De væsentligste barrierer for afsætning af energipil til kraftvarme- og varmekrøer omfatter ifølge svarene i afsnit 2.1. kvalitet, indholdsstoffer og brændværdi/energiindhold samt administrationsomkostninger. Endelig er prisforholdene også en barriere, idet pileflis ifølge nogle af kraftvarme- og varmekrøerne skal være fra 2,20 til 10 kr. lavere pr. GJ end for skovflis for at være et interessant alternativ.

I forhold til kvalitetsproblemerne er for højt vandindhold langt det største problem, mens problemer med partikelstørrelse udgør et mindre hyppigt forekommende problem; når det optræder, kan det dog være af stor betydning. Forurening af flisen med fremmedlegemer i form af jord, sand og sten er et alvorligt - men sjældent forekommende - problem.

Indholdsstoffer og brændværdi/energiindhold nævnes af flere værker som en udfordring, da indhold af tungmetaller og askemængde medfører ekstraomkostninger, mens lavere energiindhold betyder, at kedlerne ikke kan udnyttes optimalt.

Flere værker nævner, at det er forbundet med større administrationsomkostninger at anvende pileflis som brændsel. Det gælder hovedsageligt de værker, som har direkte kontakt til landmanden, og som herved får leveret mange små partier af pileflis direkte fra landmanden.

2.3.1.1. Kvalitetskrav

Kvalitetsproblemer med pileflis nævnes af værkerne som en væsentlig barriere. Samtidig fremgår det af svarene i afsnit 2.1., at værker, der har anvendt pileflis i større mængder og over længere perioder, også hen ad vejen har opnået en ensartet, høj kvalitet gennem dialog med leverandører og transportører. Teknisk set er det altså muligt at producere pileflis, som lever op til værkeres kvalitetskrav.

Barriereren omkring kvalitetsproblemer hænger sammen med, at energipil er en relativt ny produktionsgren for landbruget. Der har derfor fra starten manglet viden om dyrkning, høst og lagring. Det gælder både ude hos landmanden, hos rådgiverne og hos maskinstationerne. Samtidig har der været tekniske udfordringer i forhold til at udvikle/tilpasse en maskinpark, som både kan foretage en effektiv høst og fremstille et produkt, som lever op til værkeres ønsker og krav.

Produktion af energipil er stadig en niche, og der er endnu ikke ret mange aktører på markedet f.eks. mht. høstmaskiner. Maskinstationernes arbejde har været af varierende kvalitet, og landmanden har ikke selv haft forudsætningerne for at vurdere kvaliteten af det udførte arbejde og dermed kvaliteten af den flis, som er blevet produceret. Det har resulteret i, at der er blevet produceret flis, som har haft en partikelstørrelsesfordeling, som har givet problemer på varmekrøerne. Der er efterhånden nogle aktører på markedet for høst af energipil, som har opnået en ret stor erfaring, og som har fået udviklet maskiner, der under de rette forhold laver et effektivt og godt stykke arbejde. Samtidig har både landmænd og rådgivere fået mere viden om høst og kvalitetsparametrene for pileflis.

Et højt og varierende vandindhold har ifølge svarene i afsnit 2.1. været det mest dominerende problem i forhold til anvendelse af pileflis i kraftvarme- og varmekrøer. Vandindholdet i frisk pileflis ligger på 53,2-55,5 % (Larsen *et al.*, 2014), hvilket er ca. 5-10 % højere end de fleste værker ønsker.

Samtidig ønsker en række af værkerne ikke at fyre med pileflis om vinteren (spidslastperioden), da pileflis har et lavere energiindhold pr. m³ end skovflis, og værkerne dermed ikke kan opnå samme indfyrede effekt ved anvendelse af pileflis, som de kan ved anvendelse af skovflis. Da energipil almindeligvis høstes om vinteren, hvor mange varmegærker ikke ønsker at aftage det, og de fleste værker i øvrigt ønsker, at flisen tørrer ned til ca. 45 % vandindhold, er det nødvendigt at lægge pileflisen på lager i en periode. Af praktiske årsager lagres flisen typisk i markstak, og der har fra starten været for lidt viden om, hvordan flisen skal lagres. En flisstak skal kunne ånde, så noget af vandindholdet kan fordampe fra stakkens overflade, når omsætningen i stakken danner varme. Det er derfor ikke en løsning at overdække stakken med plastik. Samtidig med at flisen skal kunne ånde, er det imidlertid vigtigt at beskytte stakken mod opfugtning på grund af nedbør. Jo mere flad og ujævn en flisstak er, jo større er overfladearealet i forhold til stakkens volumen. Samtidig giver en ujævn overflade med en flad hældning dårlige betingelser for, at regnvand kan løbe ned af stakkens overflade. En lav flisstak med en ujævn overflade vil derfor med meget stor sandsynlighed resultere i, at flisen vil ende med at have et meget højt vandindhold, som i visse tilfælde kan komme op over 60 %, hvilket normalt vil betyde, at flisen afvises af varmegærket. Ved længere tids lagring af pileflis i markstak er der risiko for at tabe mere end 20 % af tørstoffet (Kristensen *et al.*, 2014; Pecenka *et al.*, 2015).

Fremmedlegemer i pileflis i form af jord, sand og sten ser ud fra svarene i afsnit 2.1. ikke ud til at være et stort problem. Et værk nævner, at det sker, når landmændene selv lægger flisen fra en markstak. Et andet værk nævner, at de afviser læs med synligt indhold af jord.

2.3.1.2. Indholdsstoffer - tungmetaller

Indholdet af tungmetaller nævnes som en barriere af nogle værker. Dette er en udfordring med to vinkler, idet netop pilens evne til at optage tungmetaller, f. eks. fra slam fra spildevandsrensning som er tilført arealet, ofte betragtes som en attraktiv egenskab. Derfor er det naturligvis essentielt, at afgrøden ikke efterfølgende diskvalificeres som brændsel netop på grund af højt indhold af tungmetaller. Løsningen på udfordringen er, at pilens egenskaber på området anerkendes, således at de aftaleforhold, som regulerer anvendelsen af slam i pilemarker, salg af pileflis fra producent til aftager og håndtering af aske og andre affaldsstoffer fra slutanvendelsen afspejler de fordele og ekstra omkostninger, som bortskaffelse af tungmetaller via pileproduktion indebærer.

I første række må forbrændingen henlægges til værker, der giver mulighed for en forsvarlig håndtering og bortskaffelse af aske og restprodukter. Herefter skal meromkostningerne ved tungmetaller i spildevandsslam klarlægges, og disse skal afspejles i de vilkår (pris), der aftales mellem pileproducenten og den aktør, der leverer slam til pileproducenten, dvs. pileproducenten skal have passende betaling for at aftage slam indeholdende tungmetaller. Herved kan pileproducenten acceptere en lavere pris ved salg af pileflis, der igen afspejler værkets meromkostninger ved at anvende brændsel med tungmetaller. På den måde er det slamproducenten/slamleverandøren, der har fordel af at komme af med det tungmetaltholdige materiale, der betaler meromkostningerne, og ikke pileproducenten eller varmegæbrugerne.

Udover de ovenfor beskrevne udfordringer med tungmetaller fra tilført slam er der også et mere generelt problem med cadmium i dyrkningsjorden - et generelt miljøproblem, som skyldes fosforgødskning, atmosfærisk deposition og naturgivne forhold. Her kan være en mere generel samfundsinteresse i at reducere dyrkningsjordens indhold af cadmium og evt. andre tungmetaller for at gavne den almene sundhed i befolkningen. Dyrkning af energipil kan således bidrage til denne reduktion, og dette bør fremmes evt. ved at dække fjernvarmens meromkostninger ved deponering af aske og rensning af røggaskondensat eller ved evt. tage initiativer til en forbedret rensning/alternativ fjernelse af cadmium.

2.3.1.3. Administrationsomkostninger

Flere af varmeværkerne nævner større administrationsomkostninger ved anvendelse af pileflis end ved anvendelse af skovflis som en barriere for pileflisen. Problemet ses hovedsageligt hos de værker, som har direkte kontakt til landmanden, og som herved får leveret mange små partier af pileflis direkte fra landmanden. Det resulterer i ekstraarbejde med kontakt og fakturering til mange små leverandører og dermed større administrationsomkostninger.

2.3.1.4. Pris

Det fremgår af afsnit 2.1., at nogle af værkerne vurderer, at prisen skal være op til 10 kr. lavere for pileflis end for skovflis pr. GJ, før det er et interessant alternativ til skovflis. Det er en barriere for afsætning af pileflisen, da det så ikke længere er interessant for landmanden at dyrke pileflis. I afsnit 4.2.3.2. er beregnet ligevægtspriser under forskellige dyrkningsforhold og priser på konkurrerende afgrøder, der illustrerer, hvad prisen på pileflis skal være for, at det er attraktivt at dyrke pil.

2.3.2. Forslag til fjernelse af barrierer

2.3.2.1. Kvalitetskrav

Barriereren omkring partikelstørrelsesfordeling i pileflis kan fjernes ved at anvende det rigtige maskineri ved høst, og ved at lade pileskuddene opnå en vis diameter, inden de høstes. Der findes en række forskellige maskiner til høst af energipil, og det er forskelligt, hvor store skuddiameter de kan håndtere. Det er derfor vanskeligt at angive en optimal skuddiameter ved høst, men generelt synes det at være en fordel for kvaliteten af flisen at lade skuddiameteren blive så stor som muligt inden høst, dog uden at overskride høstmaskinens kapacitet. Ved for stor skuddiameter falder høstmaskinens præstation væsentligt, og i værste fald vil det ikke være muligt at høste energipilen med de almindeligt anvendte maskiner. I så fald skal energipilen høstes enten manuelt eller med skovningsmaskine, hvilket er meget dyrt og dermed ikke et brugbart alternativ.

Barriereren omkring for højt vandindhold i pileflis kan fjernes ved, at markstakke af pileflis udformes så overfladearealet begrænses i forhold til stakkens volumen, og så overfladen af stakken er stejl og jævn. Det vil i praksis sige, at flisstakken skal skubbes op, så den bliver så høj og spids som muligt. Der foreligger ikke konkrete tal for anbefalinger omkring højden på en flisstak, men det er vigtigt at huske, at stakken vil sætte sig efterhånden, og at en stak, der som udgangspunkt er 3,5 m, måske ender med at være 3 eller 2,5 m, hvilket normalt vil være for lidt til at sikre en ordentlig kvalitet. Stakken skal derfor gerne være mindst 5-6 m ved etablering. En anden måde at fjerne barrieren på er, at energipilen høstes og lagres som helskud, hvorefter de senere hugges til flis. Ved denne metode opnås en god lagring med et lavt tørstof-tab og et lavt vandindhold i den færdige flis. Denne høstmetode er dog noget dyrere end direkte flisning, og den vil derfor normalt ikke være attraktiv for landmanden. Endelig vil barriereren kunne fjernes ved, at kraftvarme- og varmeværker konstrueres, så de kan fyre med frisk pileflis, som automatisk blandes op med en passende mængde skovflis. Herved undgås lagring i markstak med de kvalitetsproblemer, det kan give. Denne løsning vil samtidig have den fordel for landmanden, at der vil være væsentligt kortere tid mellem afholdelse af høstomkostninger og afregning, hvilket vil være en stor fordel for landmandens likviditet. Samtidig vil direkte levering og afbrænding af pileflisen efter høst også betyde, at tab af tørstof ved omsætning/nedbrydning i flisstakken undgås.

Fremmedlegemer i pileflis i form af jord, sand og sten ser ikke ud til at være en væsentlig barriere, men hvis det anses for at være en barriere, vil den formentlig kunne fjernes ved at anvende en professionel transportør.

2.3.2.2. Indholdsstoffer – tungmetaller

Pileflis med et højt indhold af tungmetaller skal anvendes på værker, som er indrettet til at kunne håndtere og bortskaffe restprodukter (aske, røggaskondensat) med tilsvarende højt indhold af tungmetaller. De højere omkostninger, der kan være forbundet med håndtering og bortskaffelse af disse restprodukter, skal dækkes af dem, der er "ansvarlig" for det højere tungmetalindhold i pileflisen, for eksempel leverandører af slam, der er brugt til gødsning i pilemarken. Alternativt skal ekstraomkostninger dækkes af stat/kommune, idet der er en samfundsmæssig interesse i at energipil som en sideeffekt bruges til at oprense tungmetalbelastet landbrugsjord.

2.3.2.3. Administrationsomkostninger

Denne barriere kan fjernes eller i hvert fald reduceres væsentligt ved, at leverandørerne organiserer sig i leverandørsammenslutninger/netværk, hvor sammenslutningen eller netværket fungerer som en samlet leverandør. Det koncept eksisterer allerede flere steder i landet, og flere af de adspurgte værker i afsnit 2.1. har da også i vid udstrækning fået leveret pileflis gennem leverandørsammenslutninger. Jo flere leverandører, der kommer med i sammenslutningerne, og jo mere erfaring administrato-
rerne af sammenslutningerne får, jo mere vil de komme til at ligne varmeværkernes øvrige leverandører, og dermed vil det ikke længere udgøre en barriere.

2.3.2.4. Pris

Prisbarrieren kan fjernes eller reduceres ved at afhjælpe nogle af de øvrige udfordringer omkring kvalitet og administrationsomkostninger, således at pileflis bliver mere attraktivt for varmeværkerne. En anden eller supplerende mulighed for at fjerne denne barriere vil være gennem regler eller subsidier at øge værkernes efterspørgsel på pileflis.

2.3.3. Konklusioner

Der er erkendt en række barrierer for øget produktion og anvendelse af energipil. Disse er samlet i tabel 2.3.1, og der er angivet mulige løsninger til at overvinde disse barrierer.

Tabel 2.3.1. Barrierer for øget produktion og anvendelse af energipil og forslag til løsninger

Barrierer	Løsningsforslag
Kvalitet af leveret brændsel	Skudalder ved høst bør være 3 år eller ældre. Markstakke af pileflis udformes, så overfladearealet begrænses i forhold til stakkens volumen, og så overfladen af stakken er stejl og jævn. Høst- og flisningsudstyr skal producere reelle og ensartede flispartikler, som kvalitetsmæssigt er på niveau med skovflis. Kraftvarme og varmeværker konstrueres, så de kan fyre med frisk pileflis, som automatisk blandes op med en passende mængde skovflis.
Indhold af tungmetaller i aske og andre restprodukter fra slutanvendelsen	Energipils evne til at optage cadmium og andre tungmetaller i belastede dyrkningsjorder skal anerkendes, og værkerne skal kompenseres for ekstra omkostninger til håndtering af aske og andre restprodukter. På samme måde skal disse omkostninger afspejles i kontrakterne vedr. udspreddning af slam i pilemarker samt prisen

	for pileflis, således at det er slamproducenten, der betaler regningen (kan være en samfundsmæssig omkostning).
Uforholdsmæssigt store omkostninger til administration af små partier	Et større volumen af pileflis vil reducere dette problem.
Prisforskel mellem pileflis og skovflis	Produktionen af energipil kan støttes gennem etableringstilskud og/eller produktionstilskud, der aflønner produktionen for de positive sideeffekter, som ikke ellers er afspejlet i markedsprisen for pileflis. På sigt bør der kunne sikres en organisation og en teknisk optimering af produktionskæden, som kan betinge en noget mindre prisforskel.

2.3.4. Referencer

Kristensen, E.F., Lærke, P.E. & Jørgensen, U. (2014). Høst og lagring af energipil. Forskning i Bioenergi. Vol. 47, p. 10-11. <http://www.biopress.dk/PDF/host-og-lagring-af-energi-pil>

Larsen, S.U., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2014). Willow Yield Is Highly Dependent on Clone and Site. Bioenergy Research 7:1280–1292.

Pecenka, R., Hoffmann, T. & Ehlert, D. (2015). Harvest technology for short rotation coppices and costs of harvest transport and storage. Aspects of Applied Biology, 131:55-59.

3. ANALYSE AF POTENTIALE FOR ENERGIPIL, SAMT MULIGHEDERNE FOR AT OPTIMERE KLIMA- OG MILJØEFFEKTER VED DYRKNING AF ENERGIPIL

Af Jørgen Hinge

3.1. Klima- og miljøeffekter ved dyrkning af energipil

I dette afsnit beskrives de klima- og miljømæssige sideeffekter, der kan opnås ved at omlægge fra en-årige afgrøder til flerårige afgrøder som energipil. Effekterne omfatter emission af drivhusgasser, pesticidforbrug og ændringer i udledning af næringsstoffer fra landbrugsjord til miljøet, især udvaskning af nitrat samt ammoniakfordampning. Endvidere kan der være afledte effekter af pileydyrkning på grundvandsdannelsen, ligesom energipil har nogle særlige evner til at optage tungmetaller fra dyrkningsjorden, som kan udnyttes i forskellige sammenhænge. Disse effekter beskrives i afsnit 3.1.1 og 3.1.2. Endelig har dyrkning af energipil en række effekter på biodiversitet og landskab, og disse gennemgås særskilt i afsnit 3.4.

3.1.1. Beskrivelse af mulige klima- og miljøeffekter ved dyrkning af energipil

3.1.1.1. Drivhusgasemissioner

Dyrkning og anvendelse af energipil vil påvirke drivhusgasemissionerne ved fortrængning af fossile brændsler, ved ændring i jordens kulstoflager samt gennem ændringer i kvælstofgødsning, ammoniak- og lattergasemissioner (Olesen *et al.*, 2013). En vigtig parameter for den samlede effekt vedr. drivhusgasemissioner er energipilens fortrængning af fossile brændsler. Effekten afhænger dels af, hvilke brændsler energipilen fortrænger direkte, dels af hvilken energiform der er slutproduktet (f.eks. el, varme, biobrændstof).

Med hensyn til fortrængning af andre brændsler må det forventes, at energipil på kort sigt i betydeligt omfang vil erstatte andre biobrændsler (skovflis, træpiller), idet det ofte ikke vil være teknisk/praktisk muligt for eksisterende værker, der anvender fossile brændsler, at håndtere og afbrænde pileflis til substitution eller supplement til de fossile brændsler. Herved vil den del af effekten på udledning af drivhusgasemissioner, der hidrører fra fortrængning af fossile brændsler falde bort. Derfor skal potentialet for CO₂-fortrængning via substitution af fossile brændsler ikke mindst ses i et længere perspektiv, hvor forbedret teknologi og behovet for opdatering og udskiftning af eksisterende værker, der er baseret på fossile brændsler, muliggør en mere konsekvent substitution af fossile brændsler.

På samme måde vil potentialet for fortrængning af fossilt produceret energi også have større perspektiver på længere sigt, i takt med at der udvikles nye teknologier. Energipil anvendes i dag næsten udelukkende på varmeværker, om end der også i et vist omfang er anvendt energipil på kraftvarmeværker. Fremadrettet forventes biomasse, herunder energipil, i stigende omfang at indgå i bioraffinaderier, hvor der udover energi i forskellige former (gas, biobrændstoffer, el og varme) også leveres andre slutprodukter i form af foder, højværdiprodukter mv.

Den største udfordring i forbindelse med øget udnyttelse af biomasse er at bevare jordens kulstofindhold (Fødevareministeriet, 2008a). Da ændringer i jordens kulstofpulje har en betydelig indflydelse på emissionen af drivhusgasser, er valget af afgrøder vigtigt, idet forskellige afgrøder samt håndteringen og anvendelsen af disse har forskellig indvirkning på jordens kulstofpulje. Her er flerårige afgrøder i form af energipil, poppel o.l. et vigtigt redskab, idet en omfattende omlægning til sådanne flerårige af-

grøder kan bidrage til at øge kulstofpuljen (Jørgensen *et al.*, 2013). Fødevareministeriet (2008b) vurderer, at etablering af energipil og poppel vil resultere i en gennemsnitlig årlig lagring af 428 kg C pr. ha. Dette er under forudsætning af, at biomassen omsættes fuldstændigt, og at der ikke tilbageføres kulstof i form af restprodukter til landbrugsjorden. Såfremt der måtte ske en delvis tilbageføring – f. eks. i form af biochar fra termisk forgasning eller afgasset materiale – vil dette have en yderligere positiv effekt.

Emissionen af lattergas fra landbrugsjord er i alt væsentligt et resultat af tilførslen af kvælstof ved gødsning af afgrøden samt kvælstoftabet. Effekten på lattergasemissionen ved etablering af energipil er derfor afhængig af, hvilket gødningsniveau der anvendes. Olesen *et al.* (2013) har beregnet en reduceret emission i forhold til korndyrkning uden efterafgrøder svarende til 185 kg CO₂-ækvivalenter pr. ha pr. år på lerjord og 247 kg CO₂-ækvivalenter pr. ha pr. år på organisk jord/sandjord, idet der forudsættes en gødsning med 120 kg N pr. ha pr. år (den nuværende årlige kvælstofnorm til energipil) og en reduktion i kvælstofudvaskning på 25 og 50 kg N pr. ha pr. år fra hhv. lerjord og organisk jord/sandjord.

Ifølge Jørgensen *et al.* (2013) medfører den direkte arealændring (direct land use change, dLUC) ved etablering af energipil en reduktion i udledningen af drivhusgasser sammenlignet med et nuværende kornrigt sædskifte, hvad enten etableringen af pil sker på organisk jord, sandjord eller lerjord, om end i forskelligt omfang. Udover jordbundstypen er den samlede reduktion også afhængig af, hvordan energipilen efterfølgende anvendes. I tabel 3.1.1 er vist estimater for reduktionen i drivhusgasudledningen ved etablering af energipil på forskellige jordbundstyper ved henholdsvis direkte forbrænding til kraftvarme og til termisk forgasning med efterfølgende kraftvarmeproduktion. Udbyttet af energipilen er sat til 12, 14 og 9 tons tørstof pr. ha pr. år på hhv. organisk jord, lerjord og sandjord. Disse udbytter ligger en del højere, end hvad landmændene i dag opnår i praksis (se afsnit 4.1.4.4. og 4.2.2.1.). Endvidere er antaget samme substitution af naturgas pr. ton tørstof fra pil som som antaget for halm (Olesen *et al.*, 2013).

*Tabel 3.1.1. Estimeret reduktion i udledningen af drivhusgasser ved etablering og anvendelse af energipil som alternativ til et kornrigt sædskifte ved to forskellige slutanvendelser. (Efter Jørgensen *et al.*, 2013 og Olsen *et al.*, 2013).*

Jordtype og konverteringsteknologi	Reduktion i drivhusgasudledning			
	Lattergas	Kulstof i jorden	Energi	I alt
	tons CO ₂ -ækv. pr. ha pr. år			
Energipil på organisk jord - Direkte forbrænding til kraftvarme	0,25	1,20	6,76	8,21
Energipil på organisk jord - Termisk forgasning med kraftvarme	0,25	1,20	10,69	12,13
Energipil på lerjord - Direkte forbrænding til kraftvarme	0,19	1,20	7,83	9,21
Energipil på lerjord - Termisk forgasning med kraftvarme	0,19	1,20	12,41	13,79
Energipil på sandjord - Direkte forbrænding til kraftvarme	0,25	1,20	5,17	6,61
Energipil på sandjord - Termisk forgasning med kraftvarme	0,25	1,20	8,11	9,55

Det fremgår som også tidligere nævnt, at fortrængning af fossilt brændstof (i dette tilfælde naturgas) er en væsentlig faktor i det samlede potentiale for reduktion af drivhusgasser. Det er derfor af stor

betydning, at leverancerne af energipil når et omfang og opnår en kvalitet, der sammen med teknologudvikling og implementering af nye processer muliggør, at energipil reelt kan gå ind og erstatte fossile brændsler, såfremt pilens potentiale som redskab i reduktionen af drivhusgasudledningen skal udnyttes.

3.1.1.2. Pesticidforbrug

Behovet for pesticider er lavere for energipil sammenlignet med den nuværende behandlingshyppighed for dansk landbrug. Dette skyldes dels, at kvalitetskravene til energiafgrøder generelt er lavere end ved dyrkning af tilsvarende afgrøder til fødevarer, og dels at pil ligesom flerårige energiafgrøder generelt er konkurrencestærk overfor ukrudt (Jørgensen *et al.*, 2013), dog bortset fra i etableringsfasen. En analyse gennemført af Jacobsen & Dubgaard (2013) viser, at pil kan dyrkes med en behandlingshyppighed (BH) på 0,08, som kan sammenlignes med en gennemsnitlig BH for dansk landbrug i 2013 på 3,76 (Miljøstyrelsen, 2014). Jørgensen *et al.* (2013) anfører dog, at øget etablering af arealer med biomasseafgrøder kan medføre stigende problemer med sygdomme og skadedyr, for eksempel angreb af bladlus. Der er dog også eksempler på økologisk piledyrkning, og der anvendes ikke pesticider ved økologisk dyrkning.

3.1.1.3. Næringsstofftab til vandmiljøet

Dyrkning af energipil har et betydeligt potentiale for reduktion af nitratudvaskning sammenlignet med et traditionelt kornsædskifte. En afgørende faktor er, at pil som flerårig afgrøde har et permanent og ofte dybt rodnet, der sikrer, at kvælstof, der mineraliseres, altid kan optages (Jørgensen *et al.*, 2013). Set over en hel omdriftsperiode (ca. 20 år) vurderes den gennemsnitlige nitratudvaskning i rodzonen for en pileafgrøde på sandjord at udgøre 10-30 kg N pr. ha pr. år, hvilket kan holdes op mod 60-100 kg N pr. ha pr. år i et referencesædskifte ("typisk svinebrugssædskifte på sandjord"). Tilsvarende angiver Eriksen *et al.* (2014) en reduktion af nitratudvaskningen ud af rodzonen ved etablering af flerårige energiafgrøder som f. eks. pil til 51 kg N pr. ha pr. år på sandjord og 34 kg pr. ha pr. år på lerjord. Forskellen i potentialet for reduktion i nitratudvaskning er yderligere undersøgt i Pugesgaard *et al.* (2015). Her konkluderes ligeledes, at pil og andre flerårige afgrøder kan reducere kvælstofudvaskning signifikant sammenlignet med etårige afgrøder.

Der er imidlertid en risiko for betydelig nitratudvaskning fra marker med pil umiddelbart efter etablering af afgrøden (Mortensen *et al.*, 1998), og derfor fraråder Jørgensen *et al.* (2013) gødskning i etableringsåret ved etablering af pil på tidligere landbrugsjord.

Mens udvaskning af nitrat fra pil er relativt velbelyst under danske forhold, findes der ingen danske undersøgelser af fosfortab fra pil eller andre energiafgrøder (Jørgensen *et al.*, 2013). En svensk undersøgelse fra 2012 indikerer dog, at der kan være risiko for øget udvaskning af fosfor fra pilearealer, sammenlignet med et traditionelt kornsædskifte (Dimitriou *et al.*, 2012). En mulig årsag til dette angives at være pilens evne til at øge infiltrationskapaciteten i form af makroporer, som kan facilitere udvaskning af partikulært bundet og opløst fosfor (Dimitriou *et al.*, 2012).

3.1.1.4. Ammoniakfordampning

Effekten af etablering af energipil på ammoniakfordampning vil være bestemt af, hvorledes afgrøden gødskes, sammenholdt med det traditionelle sædskifte med etårige afgrøder, som forudsættes erstattet. Olesen *et al.* (2013) har beregnet en reduktion i ammoniakfordampningen svarende 0,39 kg N pr. ha, idet det antages, at ammoniakfordampningen udgør 1,5 % af den tilførte kvælstofmængde. Endvidere antages for energipil en kvælstofgødskning på 120 kg N pr. ha pr. år på alle jordtyper, og det forudsættes, at de afgrøder, som pilen vil afløse, alle har en gødningsnorm på 146 kg N pr. ha.

I praksis er der registreret store forskelle i den aktuelle gødningstilførsel. Frandsen *et al.* (2015) antager, at gødningstilførslen er den samme for pileafgrøden som for det traditionelle sædskifte, som den

erstatte, og derfor sættes effekten på ammoniakfordampningen til 0. Omvendt vil ammoniakfordampningen naturligvis reduceres mere, hvis der gødskes mindre end de 120 kg N pr. ha pr. år, der antages af Olesen *et al.* (2013), og i praksis gødskes pil som beskrevet i afsnit 4.1.4.3. sjældent hvert år.

3.1.1.5. Vandforbrug

På arealer med pile dyrkning er vandforbruget større end for tilsvarende arealer med afgrøder som vinterhvede og græs. Pugesgaard *et al.* (2015) har fundet, at den årlige evapotranspiration for unge pilekulturer er 100-182 mm højere end for hvede og 4-79 mm højere end for kløvergræs (når man undtager pilens etableringsår). Dette kan udgøre et problem i forhold til grundvandsdannelsen i Østdanmark, hvor den gennemsnitlige nedbørsmængde er noget lavere end gennemsnittet for hele landet. I Vestdanmark er nedbørsoverskuddet til gengæld normalt så stort, at et øget vandforbrug i pil kun formodes at have marginal betydning. Under alle omstændigheder vil denne problematik kun skulle adresseres, såfremt der sker en massiv udbygning af arealer med dyrkning af pil.

3.1.1.6. Fytoremediering

Begrebet fytoremediering dækker over forskellige planters evne til at nedbryde, optage eller immobilisere forskellige typer forurening fra jord og vand, og pilens potentiale som fytoremediator er velbeskrevet. I Danmark etableres pilerensningsanlæg på kommerciel basis, typisk til fritliggende husstande uden tilkobling til kommunal spildevandsrensning, og der er udarbejdet vejledninger for etablering af sådanne anlæg til rensning af husspildevand (Miljøstyrelsen, 2003a og 2003b). Der ville formentligt ikke være miljømæssige problemer ved at bruge pileflis fra sådanne anlæg til forbrænding, men dels er der ikke noget volumen af betydning, og dels er disse anlæg typisk ikke velegnede til kørsel med tungt høstmaskineri. Derfor kan der ikke forventes nogen større kommerciel udnyttelse af pileflis fra sådanne husstands anlæg.

Pilens evne til at optage tungmetaller er ligeledes velbeskrevet (Greger *et al.*, 1995; Ridell-Black *et al.*, 1997). Dette kan udnyttes både i forbindelse med anvendelse af tungmetaltholdigt slam som gødningsmiddel til pileafgrøden, og dels ved ønsket om at reducere det generelle indhold af tungmetaller i særligt belastet landbrugsjord.

Den positive effekt, pilen har ved optagelse/fjernelse af tungmetaller, betyder imidlertid, at aske og spildevand, der kommer fra forbrænding af den pågældende pileflis, har et forhøjet indhold af tungmetaller i forhold til aske og spildevand fra forbrænding af skovflis. Dette giver nogle udfordringer for værkerne i form af øgede omkostninger til rensning af spildevand og/eller deponering af aske, idet asken typisk ikke kan udsprede. Denne problemstilling er adresseret i afsnit 2, idet nogle kraftvarme- og varmeværker oplever udfordringerne herved som prohibitive barrierer.

3.1.2. Kvantificering af klima- og miljøeffekter ved dyrkning af energipil

Frandsen *et al.* (2015) har kvantificeret klima- og miljøeffekter for en række afgrøder i form af karakterer mellem --- og +++, idet det forudsættes, at de pågældende arealer omlægges fra korn- og rapsdyrkning til forskellige energiafgrøder. I tabel 3.1.2 er konsekvenserne ved omlægning til pil opsummeret. I denne vurdering er forudsat, at arealet samlet set tilføres den samme mængde gødning, og derfor ses ingen effekt i forhold til ammoniakfordampning. Som det er diskuteret i afsnit 3.1.1.4. og 4.1.4.3. er dette imidlertid ikke altid tilfældet; ofte gødes pilen væsentligt mindre, og der vil så være en positiv effekt i forhold til ammoniakfordampning.

Tabel 3.1.2. Vurdering af miljø- og ressourceeffekt ved dyrkning af pil (eller poppel) til bioenergi. Referencen er anvendelse af de pågældende arealer til foder- og fødevareproduktion i form af korn- og rapsdyrkning, hvor halmen nedmuldes. 0 = ingen effekt, --- = stor negativ effekt (meget dårligt), +++ = stor positiv effekt (meget godt). (Delvist efter Frandsen et al., 2015).

	Kvælstof- udvask- ning	Vandfor- brug/gru- ndvands- dannelse	Ammoni- akfor- damp- ning	Jordens kulstof- indhold	CO₂- fortræng- ning	Pesticid- forbrug	Fytore- medie- ring
Pil (og pop- pel)	+++ ¹⁾	- ²⁾	0 ³⁾	+++ ⁴⁾	+++ ⁴⁾	++ ⁵⁾	++ ⁶⁾

¹⁾ Pilekulturer har et stort og permanent rodnet, som sikrer, at mineraliseret kvælstof optages.

²⁾ Et stort vandforbrug hos pil kan være et problem i områder med lav gennemsnitlig nedbørsmængde (Østdanmark)

³⁾ Det er forudsat, at arealet tilføres den samme mængde gødning. Hvis gødningsmængden reduceres for pileafgrøden, vil der være en positiv effekt.

⁴⁾ I vurderingen er CO₂-fortrængningen ved indirekte arealændringer (iLUC) ikke indregnet. Dette behandles særskilt i afsnit 3.5.

⁵⁾ Flerårige afgrøder som græs og pil har et lavere behov for pesticider end enårige afgrøder, hvis man ser bort fra etableringsåret

⁶⁾ Den positive effekt mht. fjernelse af tungmetaller fra slam og belastet landbrugsjord indebærer dog også udfordringer ved håndtering af aske og evt. spildevand fra forbrændingen.

3.1.3. Konklusioner

Etablering af arealer med energipil har en række gunstige klima- og miljøeffekter, når der sammenlignes med traditionelle etårige afgrøder. Etablering af energipil vil medføre en reduktion i udledningen af drivhusgasser i form af forøgelse af jordens kulstofindhold, lavere lattergasemission og substituering af fossile brændsler, dog bortfalder sidstnævnte, hvis pilen erstatter anden biomasse. Energipil er konkurrencestærk over for ukrudt, og der vil derfor være et lavere behov for anvendelse af pesticider, dog undtaget etableringsfasen, og ved evt. økologisk dyrkning vil der ikke være noget pesticidforbrug. Dyrkning af energipil har et betydeligt potentiale for reduktion af nitratudvaskning, væsentligst som resultat af et permanent og ofte dybt rodnet, der kan optage næringsstofferne, efterhånden som de mineraliseres. Klima- og miljøeffekterne af pileydning kan variere, afhængig af dyrkningspraksis, jordbundsforhold mv. I egne af landet med lav gennemsnitlig nedbørsmængde kan pileafgrødens store vandforbrug i et vist omfang udgøre et problem i forhold til grundvandsressourcerne. Pilens evne til at optage tungmetaller kan udnyttes både i forbindelse med anvendelse af tungmetaltholdigt slam som gødskningsmiddel til pileafgrøden, og ved ønsket om at reducere det generelle indhold af tungmetaller i særligt belastet landbrugsjord.

3.1.4. Referencer

Dimitrou, I., Mola-Yodego, B. & Aronsson, P. (2012). Impact of Willow Short Rotation Coppice on Water Quality, *BioEnergy Research* 5, 537-545.

Energistyrelsen (2014). Analyse af bioenergi i Danmark. Downloaded fra www.ens.dk/analyser

Eriksen, J., Jensen, P. N. & Jacobsen, B. H. (red.) (2014). Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. Tjele: DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. (DCA Rapport; Nr. 052). <http://curis.ku.dk/ws/files/137507368/Virkemiddelkatalog.pdf>

Frandsen, T., Larsen, S.U., Birkmose, T., Pedersen, J., Hinge, J., Trónd, L.G., Hansen, H.O. & Jensen, A.S. (2015). Scenarier for regional produktion og anvendelse af biomasse til energiformål. Rapport, AgroTech. https://www.rm.dk/siteassets/regional-udvikling/energi/strategisk-energiplanlagning/fallesmateriale/region-midt-biomassescenarier_rapport_ver10.pdf

Fødevareministeriet (2008a). Landbrug og klima. Analyse af landbrugets virkemidler til reduktion af drivhusgasser og de økonomiske konsekvenser. Fødevareministeriet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, december 2008.

Fødevareministeriet (2008b). Jorden – en knap ressource. Fødevareministeriets rapport om samspillet mellem fødevarer, foder og bioenergi. Fødevareministeriet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, januar 2008.

Greger, M. & Landberg, T. (1995): Use of willow clones with high Cd accumulating properties in phytoremediation of agricultural soils with elevated Cd levels. *Contaminated Soils*, 85, 505-511.

Jacobsen, B.H. & Dubgaard, A. (2012). Samfundsøkonomisk vurdering af energiafgrøder som virkemiddel for et bedre miljø. Rapport fra BioM projektet. <http://agrotech.dk/projekter/biom-projektet>

Jørgensen, U., Elsgaard, L., Sørensen, P., Olesen, P., Vinther, F.P., Kristensen, E.F., Ejrnæs, R., Nygaard, B., Krogh, P.H., Bruhn, A., Rasmussen, M.B., Johansen, A., Jensen, S.K., Gylling, M. & Bojesen, M. (2013). Biomasseudnyttelse i Danmark – potentielle ressourcer og bæredygtighed. DCA rapport nr. 033, Aarhus Universitet, december 2013.

Miljøstyrelsen (2003a). Retningslinjer for etablering af pileanlæg op til 30 PE. Økologisk Byfornyelse og Spildevandsrensning, nr. 25. Miljøministeriet, 2003.

Miljøstyrelsen (2003b). Retningslinjer for etablering af pileanlæg med nedsivning op til 30 PE. Økologisk Byfornyelse og Spildevandsrensning, nr. 26. Miljøministeriet, 2003.

Miljøstyrelsen (2014). Bekæmpelsesmiddelstatistik 2013 – behandlingshyppighed og pesticidbelastning, baseret på salgsstatistik og sprøjtejournaldata: Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 6, 2014.

Mortensen, J., Nielsen, K.H. & Jørgensen, U. (1998). Nitrate leaching during establishment of Willow (*Salix Viminalis*) on two soil types and two fertilization levels. *Biomass and Bioenergy* 15, 457-466.

Olesen, J.E., Jørgensen, U., Hermansen, J.E., Pedersen, S.O., Eriksen, J., Søgaard, K., Vinther, F.P., Elsgaard, L., Lund, P., Nørgaard, J.V. & Møller, H.B. (2013). Effekter af tiltag til reduktion af landbrugets udledning af drivhusgasser. DCA rapport nr. 027, Aarhus Universitet, august 2013.

Pugesgaard, S., Schelde, K., Larsen, S.U., Lærke, P.E. & Jørgensen, U. (2014). Comparing annual and perennial crops for bioenergy production – influence on nitrate leaching and energy balance. *GCB Bioenergy* 08/2015; 7:1136-1149.

Ridell-Black, D., Pulford, I., & Stewart, C. (1997). Clonal variation in heavy metal uptake by willow. *Aspects of Applied Biology* 49, 327-334.

3.2. Potentiale for dyrkning af energipil

Af Jørgen Hinge

I dette afsnit beskrives det arealmæssige potentiale for dyrkning af energipil under forskellige forhold, og der opstilles scenarier for biomasseproduktion baseret på energipil frem mod år 2025.

3.2.1. Baggrund

Energipil kan principielt etableres over alt, hvor der er jord til rådighed. Med den nuværende arealudnyttelse i Danmark er der imidlertid ikke umiddelbart "ledige" arealer – dvs. at etablering af energipil i alt væsentligt vil ske i konkurrence med dyrkning af andre afgrøder, det kan være konventionelle landbrugsafgrøder (typisk etårige afgrøder eller græs) eller etablering af skov. Selv om energipil kan etableres på alle jordtyper – og potentialet dermed teoretisk kunne beregnes for hele land- og skovbrugsarealet – er det især interessant at se på de arealer, hvor pilens særlige klima- og miljømæssige effekter udnyttes optimalt, specielt områder med stor risiko for udvaskning af næringsstoffer til vandmiljøet (se afsnit 3.1.1.3.). Her kunne det være specielt hensigtsmæssigt at indføre økonomiske incitamenter til at fremme etablering af energipil (se også afsnit 3.3. om piledyrkning som virkemiddel i målrettet regulering).

Potentialet for dyrkning og anvendelse af energipil afgøres endvidere af, i hvilket omfang man muligvis fremmer en ændret arealanvendelse, dvs. om man eksempelvis ønsker, at en del af landbrugsjorden, som i dag dyrkes med et traditionelt sædskifte med etårige afgrøder, omlægges til flerårige afgrøder som energipil. Sådanne tiltag og de virkemidler, som i den forbindelse iværksættes, kan naturligvis mangedoble eller reducere potentialet.

Fastlæggelse af det samlede potentiale for dyrkning og anvendelse af energipil forudsætter derfor opstilling af scenarier med en række forudsætninger. I afsnit 3.2.2. opstilles sådanne scenarier, og det samlede potentiale for energipil bestemmes for disse scenarier. Herefter opregnes i afsnit 3.2.3. en række mulige tiltag og virkemidler, der skal bringes i anvendelse for at realisere de skitserede potentialer.

3.2.2. Opgørelse af potentialet for energipil

I de efterfølgende opgørelser af potentialerne for energipil tages udgangspunkt i de forudsætninger og antagelser, der ligger til grund for "+10 mio. tons planen" (Gylling *et al.*, 2012). Det tekniske potentiale i 2025 og på længere sigt er imidlertid ikke kun et spørgsmål om i hvilket omfang, der sker en udvikling i produktivitet og udbytte. Nok så vigtigt er det, hvilke prioriteringer der foretages med hensyn til den fremtidige arealudnyttelse, og hvilke incitamenter der iværksættes for at forfølge sådanne prioriteringer.

I +10 mio. tons planen (Gylling *et al.*, 2012) opstilles 3 scenarier for fremtidige biomasseleverancer for land- og skovbrug i 2020. To af disse scenarier er relevante her:

- Et "Business as usual" scenarie, hvor udnyttelsen af det eksisterende land- og skovbrug blot øges.
- Et "miljøoptimeret" scenarie, hvor udledning af næringsstoffer reduceres mest muligt, og biodiversiteten styrkes.

I +10 mio. tons planen er også beskrevet et tredje scenarie – det biomasseoptimerede scenarie – hvor både land- og skovbrug indrettes efter maksimal produktion af biomasse. I et biomasseoptimeret scenarie er det imidlertid sandsynligt, at man fortrinsvis vil vælge andre afgrøder med et højere udbytte end pil (f.eks. roer, slætgræs) for at optimere biomasseudbyttet. Derfor udelades dette scenarie her. I

stedet opstilles et scenarie, hvor der specifikt fokuseres på energipils evne til at reducere kvælstofudvaskning; hvis man ønsker at anvende pil som virkemiddel til en reduktion på f. eks. 5.000 tons N pr. år, hvor store arealer skal så reserveres til dette, og hvad er potentialet for produktion af energipil ved dette "5.000 tons N-reduktion" scenarie.

3.2.2.1. Business as Usual scenarie

Business as Usual scenariet svarer til det, som er skitseret i +10 mio. tons planen. I Jørgensen *et al.* (2013) er potentialet for energiskov (pil og poppel) i 2009 opgjort til 40.000 tons tørstof pr. år, idet der antages et udbytte på 8 tons tørstof pr. ha pr. år. Det antages endvidere, at det gennemsnitlige udbytte i 2020 forventes at kunne forøges med 50 % til 12 tons tørstof pr. ha pr. år. Dog anføres i flere studier (Larsen *et al.*, 2012; Sevel, 2012), at et gennemsnitligt udbytte i pil i 2020 på 12 tons tørstof pr. ha pr. år er optimistisk. Især for etablerede arealer må det anses for urealistisk at opnå en udbyttefremgang på 50 %, idet der jo ikke indregnes mulige fordele af nye og mere produktive kloner og mere effektive metoder til ukrudtsbekæmpelse i etableringsfasen. I det følgende kalkuleres derfor med en udbyttefremgang i eksisterende pilemarker på 25 % frem mod 2020.

Det synes ligeledes urealistisk at antage, at den skitserede udbyttetigning vil fortsætte i samme takt fra 2020 til 2025, som er sigtepunktet for denne analyse. I det følgende regnes derfor med et udbytte pr. ha i 2025 på samme niveau som forventet i 2020, og det samlede potentiale i 2025 vil derfor med disse forudsætninger udgøre 50.000 tons tørstof pr. år (0,8 PJ) (tabel 3.2.1).

3.2.2.2. 5.000 tons N-reduktion scenarie

Som beskrevet i afsnit 3.1.1.3. har pil særlige egenskaber med hensyn til at reducere udvaskning af kvælstof sammenlignet med traditionelle etårige afgrøder. Det er derfor relevant at opstille et scenarie, hvor energipil specifikt anvendes som virkemiddel til en reduktion af kvælstofudvaskningen fra landbrugsjord. I afsnit 3.3. er detaljeret beskrevet, hvorfor og hvordan pil mest hensigtsmæssigt kan indgå i kvælstofreguleringen, så i dette afsnit beregnes alene betydningen for arealudnyttelsen samt det samlede potentiale for produktion af energipil ved et sådant scenarie.

I høringsmaterialet vedrørende Vandområdeplaner for 2015-2021 fremgår det, at der skal findes yderligere tiltag til reduktion af kvælstofudledningen med 7.800 tons N pr. år i forhold til udledningen 2008-2012. En del heraf – ca. 1.600 tons N pr. år – ventes løst ved en statslig indsats. Knudsen (2014) vurderer, at det er urealistisk, at den resterende del – ca. 6.200 tons N pr. år – kan løses ved ét virkemiddel alene; således viser en overslagsberegning, at der eksempelvis skal udtage 375.000 ha landbrugsjord, hvis dette alene skal dække reduktionen på 6.200 tons N pr. år. En reduktion på 5.000 tons N pr. år ved etablering af energipil vil således være et meget stort bidrag til den samlede reduktion.

I afsnit 3.1.1.3. er angivet et niveau for reduktion af den årlige udvaskning på 51 kg N pr. ha på sandjord, set over en 20-årig periode. Det vil sige, at hvis man på ca. 98.000 ha sandjord fremover erstatter etårige afgrøder med energipil, kan der principielt opnås den skitserede reduktion på 5.000 tons N pr. ha pr. år. Ved et årligt udbytte på 8 tons tørstof pr. ha pr. år svarer dette til et potentiale på 784.000 tons tørstof pr. år, hvor til skal lægges det aktuelle potentiale på 40.000 tons tørstof pr. år, i alt 814.000 tons tørstof pr. år. Såfremt der som i Business as usual scenariet (afsnit 3.2.2.1.) regnes med en udbyttefremgang på 50 % for nyetablerede arealer og 25 % for eksisterende arealer, giver dette et samlet potentiale i 2025 på ca. 1,226 mio. tons tørstof pr. år (19,7 PJ) (tabel 3.2.1).

3.2.2.3. Miljøoptimeret scenarie

Ligesom i 5.000 tons N-reduktion scenariet (afsnit 3.2.2.2.) forudsætter +10 mio. tons planens miljøoptimerede scenarie en ændring af arealanvendelsen, bl.a. ved at en del af raps- og kornarealet i ni-

træfelsesområder erstattes af "biomasseafgrøder", der for eksempel kan være pil (og/eller poppel) (Jørgensen *et al.*, 2013). En forudsætning i +10 mio. tons planen er, at den eksisterende foder- og fødevarerproduktion kan fastholdes. Det opnås bl.a. ved at antage, at 10-15 % af grøn og gul biomasse omsættes til foder gennem bioraffinering, da der sker en vis reduktion i arealet med deciderede fødevarerafgrøder. Det skal bemærkes, at etablering af energipil næppe giver en sådan mulighed for udtræk af foder, og derfor vil der være en reduktion i fødevarerproduktionen og en iLUC-effekt.

I det miljøoptimerede scenarie kan man – med de samme forudsætninger som anvendt i +10 mio tons planen – opnå en produktion på 2,82 mio. tons tørstof pr. år fra energipil (og/eller poppel) i 2020. Det forudsættes således, at rapsarealer på planteavlsbedrifter omlægges til flerårige afgrøder samt at flerårige erstatter korn i områder med nitratretnetion under 35%, jf. Gylling *et al.* (2012). I 10 mio. tons planens miljøoptimerede scenarie udgøres de flerårige afgrøder til erstatning for raps og korn af slætgræs; det her beregnede potentiale for energipil fremkommer ved, at etablering af slætgræs nedprioriteres til fordel for etablering af energipil på de arealer, hvor raps og korn erstattes med biomasseafgrøder. De 2,82 mio. tons tørstof pr. år vil kræve et areal i størrelsesordenen 230.000 ha.

Jævnfør diskussionen i afsnit 3.2.2.1 er der ikke fundet belæg for at antage en yderligere udvikling i potentialet fra 2020 til 2025, og de angivne mængder skønnes således også at være gældende i 2025. Da der her altovervejende er tale om nyetablerede arealer, indregnes her det fulde potentiale for udbyttefremgang (fra 8 til 12 tons tørstof pr. ha pr. år) som skitseret af Jørgensen *et al.* (2013).

*Tabel 3.2.1. Potentiale for biomasseproduktion af energipil i 2020-2025 i et Business as usual scenarie, et miljøoptimeret scenarie (modificeret fra Gylling *et al.*, 2012) samt et 5.000 tons N-reduktion scenarie. Se tekst vedr. forudsætninger.*

Bidrag	Business as usual scenarie	Miljøoptimeret scenarie	5.000 tons N-reduktion scenarie
	1.000 tons tørstof pr. år		
Energiskov	50 ¹⁾	140	
Raps erstattet med pil	0	888 ²⁾	
Korn erstattet med pil	0	1.792 ³⁾	
I alt 1.000 tons tørstof pr. år	50	2.820	1.226

¹⁾ 25 % forøgelse af udbyttet i forhold til 2009 (fra 8 til 10 tons tørstof pr. ha pr. år)

²⁾ $1.110 \times 12/15$ (udbytte for pil/udbytte for slætgræs)

³⁾ $2.240 \times 12/15$ (udbytte for pil/udbytte for slætgræs)

Det er således åbenlyst, at potentialet for dyrkning og produktion energipil afhænger af, hvorledes man fremover prioriterer arealanvendelsen. Dette gælder både i forhold til, om man ønsker en større produktion af egentlige energiafgrøder, samt hvilke afgrødetyper (etårige/ flerårige) man eventuelt måtte ønske at fremme. I afsnit 3.2.3. gennemgås en række tiltag, der kan iværksættes, såfremt man ønsker en udvikling med speciel fokus på energipil.

3.2.3. Mulige tiltag til fremme af produktionen af energipil

3.2.3.1. Business as usual scenarie

Produktion af 50.000 tons tørstof pr. år i energipil i 2020-2025 i Business as usual scenariet (afsnit 3.2.2.1.) forudsætter som beskrevet en udbyttefremgang på 25 % (sammenlignet med 2009) til 10 tons tørstof pr. ha pr. år. Dette er som tidligere nævnt en optimistisk forudsætning, og for at nå op på dette vil der være behov for en betydelig indsats omkring optimering af vækstbetingelser for pil, herunder metoder til effektiv renholdelse for ukrudt samt optimering af gødskning, uden at pilens positive miljøeffekter kompromitteres.

3.2.3.2. 5.000 ton N-reduktion scenarie og Miljøoptimeret scenarie

Produktion af så meget som 2,82 mio. tons tørstof pr. år i energipil i 2020-2025 i det miljøoptimerede scenarie (afsnit 3.2.2.3) vil udover den beskrevne udbyttefremgang forudsætte en lang række målrettede initiativer, dels af strukturel karakter og dels i form af incitamenter der sikrer, at dyrkning af energipil for landmanden bliver et attraktivt alternativ til mere konventionelle etårige afgrøder. Samtidigt er det en grundlæggende forudsætning, at der opbygges et reelt marked, der kan og vil aftage mængder i denne skala.

I +10 mio. tons planen (Gylling *et al.*, 2012) er der ikke angivet specifikke tiltag og virkemidler for energipil (eller flerårige afgrøder generelt), men der er en række foreslåede virkemidler af mere generel karakter, der er relevante/nødvendige, hvis den her skitserede udvikling skal realiseres. Her skal især nævnes (Gylling *et al.*, 2012):

- Der er brug for en politisk strategi, der opstiller nogle klare mål for udviklingen af en biobaseret økonomi og en koordineret anvendelse – på tværs af ministerier - af tilskud og støtteordninger i fornødent omfang for at sikre udviklingen.
- En række af de afgrøder/biomasser, der udgør grundlaget for +10 mio. tons planen er ikke traditionelle salgsafgrøder, og der skal derfor sikres markedsorienterede samarbejdsformer, der gør, at producent (jordbruget) og aftager (bioraffinaderisektoren) sikres både afsætning og råvarer. Det må her forventes, at dette bedst kan sikres gennem længerevarende kontraktlige relationer.

For punkt 2 vil aftagere af biomasse fra energipil nok i højere grad være kraftvarme- og varmesektoren fremfor til egentlig bioraffinering, i hvert fald på kortere sigt. Endvidere peges der i +10 mio. tons planen på behovet for et forsknings- og udviklingsprogram, og der er skitseret en tidslinje for iværksættelse og implementering af dette (Gylling *et al.*, 2012).

På produktionssiden handler det især om at udvikle metoder til at bringe biomassen op i værdikæden, f. eks. ved at sikre, at produktet har de karakteristika, som efterspørges.

Frandsen *et al.* (2015) opstiller en række forslag til tiltag for at øge landmændenes motivation til at etablere energiskov på landbrugsjord:

- Genindfør tilskud til etablering af energiskov, så investeringen for landmanden reduceres.
- Øg kendskabet til pil og poppel ved at demonstrere metoder til effektiv etablering, renholdelse og høst af disse afgrøder.
- Demonstrer i samarbejde med varmeværker/kraftvarmeværker muligheder for at sikre en ensartet og høj kvalitet af pile- og poppelflis.

- Demonstrer nye modeller for biomassehandel mellem landmænd og varmegærker/kraftvarmegærker for at give landmanden større sikkerhed for den langsigtede afsætning af pil og poppelflis, som lever op til definerede kvalitetskrav.
- Tænk energiskov ind i udviklingen af det nye system for regulering af gødsning i landbruget som redskab til at reducere kvælstofudvaskning.

3.2.4. Referencer

Energistyrelsen (2014). Analyse af bioenergi i Danmark. www.ens.dk/analyser

Frandsen, T., Larsen, S.U., Birkmose, T., Pedersen, J., Hinge, J., Trónd, L.G., Hansen, H.O. & Jensen, A.S. (2015). Scenarier for regional produktion og anvendelse af biomasse til energiformål. Rapport, AgroTech. https://www.rm.dk/siteassets/regional-udvikling/energi/strategisk-energiplanlagning/fallesmateriale/region-midt-biomassescenarier_rapport_ver10.pdf

Gylling, M., Jørgensen, U., Bentsen, N.S., Kristensen, I.T., Dalgaard, T., Felby, C. & Johannsen, V.K. (2012). +10 mio. tons planen – muligheder for en øget dansk produktion af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier. Fødevareøkonomisk Institut, Københavns Universitet.

Jørgensen, U., Elsgaard, L., Sørensen, P., Olesen, P., Vinther, F.P., Kristensen, E.F., Ejrnæs, R., Nygaard, B., Krogh, P.H., Bruhn, A., Rasmussen, M.B., Johansen, A., Jensen, S.K., Gylling, M. & Bojesen, M. (2013). Biomasseudnyttelse i Danmark – potentielle ressourcer og bæredygtighed. DCA rapport nr. 033, Aarhus Universitet, december 2013.

Larsen, S.U., Eide, T., Gertz, F., Hjort-Gregersen, K., Jacobsen, B.H., Jørgensen, U., Lemming, C., Madsen, T.U., Pedersen, J., Pugesgaard, S., Schelde, K., Søndergaard, S. & Vistedsen, T.H. (2012). "Evalueringsrapport Pil, Slutrapport for BioM-projektet. www.agrotech.dk/biom

Sevel, L. (2012). Short rotation coppice willow – biomass production and environmental impact. PhD-afhandling, Skov & Landskab, KU-LIFE, Juni 2012.

3.3. Energipil som virkemiddel ved kvælstofregulering

Af Torkild Søndergaard Birkmose

I dette afsnit beskrives den målrettede kvælstofregulering, og det beskrives, hvorfor og hvordan energipil kan være et virkemiddel i den målrettede regulering.

Hovedformålet med den målrettede kvælstofregulering er at lægge en stor og effektiv indsats imod kvælstofudledning på netop de områder, hvor risikoen for udledning af nitrat til overfladevand er størst, og hvor afvandingen sker til sårbare vandområder. På den måde opnår man en mere omkostningseffektiv kvælstofregulering. Kvælstofudvaskningen fra arealer med energipil er relativt lav, og dyrkning af energipil er kendetegnet ved at være bundet til et bestemt areal over en længere årrække eller måske endda permanent. Derfor kan det være en fordel at målrette dyrkningen af pil til arealer med stor risiko for kvælstoftab, hvis dyrkningsforholdene på arealet i øvrigt egner sig til dyrkning af pil.

3.3.1. Den nuværende kvælstofregulering

I Danmark har kvælstofanvendelsen i landbruget været detailreguleret gennem flere årtier. Reguleringen er primært indført for at beskytte grund- og overfladevand mod udvaskning af kvælstof i form af nitrat. Reguleringen er hovedsageligt generel. Det vil sige, at alle landmænd og alle arealer som udgangspunkt er omfattet af de samme restriktioner i kvælstofanvendelsen uanset, om risikoen for nitratudledning fra arealet er stor eller lille og uanset, om arealet afvandes til et sårbart eller et robust vandmiljø (recipient). Den generelle regulering af gødningsanvendelsen på landbrugsarealerne omfatter bl.a.:

- Faste kvælstofnormer til afgrøderne, som i 2015-16 er ca. 20 % lavere end de økonomisk optimale mængder
- Krav til udnyttelse af kvælstof i husdyrgødning
- Maksimumsgrænser for mængden af udbragt husdyrgødning (harmonireglerne)
- Regler for tidspunkter for og metoder til udbringning af husdyrgødning
- Obligatoriske efterafgrøder
- Udyrkede randzoner langs søer og vandløb
- Obligatoriske gødningsplaner og gødningsregnskaber

Disse generelle regler er gældende pr. december 2015, men regeringen har i efteråret 2015 fremsat lovforslag om bl.a. øgning af kvælstofnormer og afskaffelse af kravet om randzoner.

Piledyrkning har størst relation til efterafgrøder, idet energipil allerede i den nuværende regulering kan indgå som et alternativ til efterafgrøder. De detaljerede regler for efterafgrøder er anført i Vejledning om gødskning og harmoniregler, planperioden 1. august 2015 til 31. juli 2016 (NaturErhvervstyrelsen, 2015).

3.3.2. Målrettet kvælstofregulering

Den nuværende kvælstofregulering er som tidligere nævnt generel, hvilket betyder, at alle arealer reguleres ens uanset den reelle risiko for nitratudvaskning fra arealet og uanset, om den udvaskede nitrat kan forventes at gøre skade i grund- eller overfladevand. Det betyder, at nogle landmænd gør en indsats for at reducere nitratudvaskningen fra arealer, hvor reduktionen kun vil få en mindre effekt i

vandmiljøet, mens andre landmænd måske gør en utilstrækkelig indsats i områder, hvor nitratudvaskningen har stor indvirkning på vandmiljøet. En sådan generel regulering er hverken miljømæssigt eller økonomisk optimal (Natur- og Landbrugskommissionen, 2013). Hvis indsatsen i stedet målrettes til områder, hvor den reelle nitratudledning er stor, og hvor den udvaskede nitrat havner i følsomme naturområder, kan man opnå den samme beskyttende effekt med en lavere indsats end ved den nuværende generelle regulering. Det er principperne bag den målrettede regulering. Principperne er beskrevet mere i detaljer i bilag B.

3.3.3. Energipils rolle i den målrettede kvælstofregulering

I kraft af at energipil har en stor reducerende effekt på nitratudvaskningen, og at effekten er ret sikker, har energipil et stort potentiale for at indgå i det fremtidige målrettede reguleringssystem.

3.3.3.1. Energipils rolle i det nuværende reguleringssystem

Som beskrevet i afsnit 3.3.1 og bilag B kan energipil allerede i dag indgå som et alternativ til traditionelle efterafgrøder. På grund af den store og sikre effekt på nitratudvaskningen kan blot 0,8 hektar energipil erstatte 1 hektar traditionel efterafgrøde. Tilmed kan kravet om efterafgrøde frit overføres fra én bedrift til en anden. I det nuværende system kan man altså sikre, at efterafgrødekravet opfyldes på så få hektar som muligt, og man kan målrette dyrkningen til arealer, som er velegnede til dyrkning af energipil og til bedrifter, som eventuelt ønsker at specialisere sig i dyrkning af energipil på større arealer (NaturErhvervstyrelsen, 2015). Det målrettede består her i, at opfyldelsen af efterafgrødekravet placeres hos landmænd, som specialiserer sig i dyrkningen, og at afgiveren af kravet kan bibeholde sit oprindelige sædskifte uden efterafgrøder som et forstyrrende element. For eksempel kan han bibeholde et sædskifte med 100 % vintersæd, hvis han ønsker det. Hvis man er tvunget til sædskifteændringer på grund af efterafgrøderne, kan det være relativt dyrt at opfylde kravet om efterafgrøder. Hvis en landmand f.eks. har 100 % vintersæd med et højt dækningsbidrag, og han fremover skal udlægge traditionelle efterafgrøder, skal han udskifte en del af vintersædsarealet med vårsæd, som typisk har lavere dækningsbidrag end vintersæd. I tilfælde af at efterafgrøderne kræver sædskifteændringer, er de samlede omkostninger til efterafgrøderne opgjort til ca. 2.000 kr. pr. ha inklusiv etableringsomkostninger og forskelle i dækningsbidrag mellem vinter- og vårsæd (Virkemiddelkatalog for dyrkningsrelaterede virkemidler, 2013). En landmand, som har et ønske om at dyrke 100 % vintersædsafgrøder, har derfor et stort økonomisk incitament til at overføre kravet om efterafgrøder til en anden landmand. Reelt kan han betale modtageren op til 2.000 kr. pr. ha efterafgrøder, han undgår, og samtidig opnå en besparelse frem for selv at skulle etablere efterafgrøderne.

3.3.3.2. Energipils rolle i den fremtidige målrettede regulering

I den nuværende kvælstofregulering er der en begrænset mulighed for at anvende energipil målrettet. Der er et vist incitament til at anvende energipil frem for traditionelle efterafgrøder og til at placere energipilen på bedrifter, hvor der anvendes mere end 0,8 dyreenheder pr. ha. Men der er intet incitament til at placere energipilen på arealer, hvorpå der er behov for en særlig høj indsats for at reducere nitratudvaskningen (hvor risikoen for nitratudvaskning er høj, retentionen lav og hvor der afvandes til sårbar recipient).

Principperne i den fremtidige målrettede regulering er endnu ikke fastsat, så derfor er det endnu uklart, hvordan energipil præcist kan indplaceres i reguleringen. Der er flere modeller for målrettet regulering i spil, men det er endnu ikke besluttet, hvilken model, der skal vælges. Miljøstyrelsen har gennemført et projekt, hvor to foreslåede modeller er afprøvet "virtuelt" hos en række landmænd for bl.a. at afprøve, hvilke virkemidler de deltagende landmænd i projektet vil vælge til at opfylde kravene til udledning af nitrat (Ludvigsen *et al.*, 2015a).

I projektet blev afprøvet to modeller:

- **Virkemiddelmodellen:** Her fastsættes kvælstofnormer til afgrøderne, som det kendes i dag, men normerne differentieres, så de bliver lavest i områder med lav retention og med afvanding til følsomme recipienter. Modsat bliver de højst, hvor der er høj retention og med afvanding til recipient med lav følsomhed. Ved at vælge mellem forskellige virkemidler (f.eks. efterafgrøder eller energipil) kan kvælstofkvoten øges op til det økonomisk optimale niveau. Der skal selvsagt vælges flest virkemidler i områder med lav retention og afvanding til høj sårbarhed. Har en landmand områder med forskellig retention, har han et incitament til at placere virkemidlerne i de områder, hvor retentionen er lavest, idet effekten her er størst.
- **Udledningsmodellen:** Her fastsættes en kvote for kvælstofudledning, som beregnes ved at fordele den tålte udledning til områdets recipient ens over alle arealer i oplandet. Alle arealer tildeles således samme udledningskvote uanset bedriftstype, afgrøde, jordtype og retention. Arealernes kvælstofudledning beregnes imidlertid individuelt på markniveau ud fra bedriftstype, afgrøde, jordtype og retention. Såfremt den beregnede kvælstofudledning på en bedrift overstiger udledningskvoten, skal der iværksættes en indsats, som kan reducere kvælstofudledningen. Da effekten af en indsats vil være størst i områder på bedriften, hvor udledningen er størst (lav retention), vil der være incitament til at målrette indsatsen her. Udledningskvoterne er frit omsættelige, så i stedet for at iværksætte en indsats, kan man i stedet købe en udledningskvote fra andre landmænd, som iværksætter en større indsats end ellers nødvendigt på deres egen bedrift.

Fælles for begge modeller er, at der indgår områdets retention og recipientens sårbarhed i fastsættelsen af indsatskravet hos landmanden. Dyrkning af flerårige energiafgrøder kan indgå som virkemiddel i begge modeller (Ludvigsen *et al.*, 2015b).

I alt indgik 30 landmænd i tre områder i projektet. Landmændene skulle ud fra en række kriterier og konkrete sædskiftemæssige overvejelser og økonomiske beregninger for deres bedrifter sammensætte de optimale virkemidler for bedriften, som sikrede, at kravene til udledning kunne overholdes. Kun tre landmænd valgte flerårige energiafgrøder som virkemiddel. Som begrundelse for at fravælge energiafgrøder angav flere landmænd, at de var usikre på den reelle mulighed for afsætning af afgrøden (Ludvigsen *et al.*, 2015a).

I begge modeller kan der indgå overvejelser om en økonomisk compensation til landmænd, som bliver særlig hårdt ramt af krav om indsats; det vil især sige landmænd, som driver jord med en lav retention, og som afvander til følsomme recipienter. Mulige modeller for økonomisk compensation vil ikke blive gennemgået her.

I nedenstående eksempel er det vist, hvordan mulighederne i den målrettede regulering kan udnyttes. I eksemplet anvendes Udledningsmodellen som reguleringsform.

Et eksempel: En landmand, som dyrker 300 hektar, får tildelt en udledningskvote på 14 kg N pr. ha til recipienten. I alt er udledningskvoten således på 4.200 kg N fra bedriftens 300 hektar. 75 % af arealerne har en retention på 80 % og 25 % har en retention på 20 %. Afgrøderne er jævnt fordelt mellem retentionsområderne. I tabel 3.3.1 er det beregnet, at uden virkemidler vil der være en udledning til recipient på 6.650 kg N. Der er altså behov for virkemidler, som i alt reducerer udledningen til recipienten med 2.250 kg N. Landmanden vælger at udskifte 47 af de 50 hektar med korn, som han har i området med kun 20 % retention, med energipil. I tabel 3.3.2 er det beregnet, at det netop reducerer bedriftens samlede udledning til 4.200 kg N. Nu kan landmanden overholde kravet til kvælstofudledning ved at dyrke de øvrige 253 hektar optimalt uden andre virkemidler.

Havde landmanden i stedet valgt at etablere energipilen på arealet med 80 % retention, ville omlægning af 150 hektar korn til energipil blot kunne reducere udledningen til 4.700 kg N, og altså ikke være tilstrækkeligt til at overholde kravet om en udledning på 4.200 kg N. Eksemplet illustrerer altså, at det er hensigtsmæssigt at målrette virkemidlerne til arealer med lav retention.

Tabel 3.3.1. a-c. Beregning af udledning af nitrat til recipient uden virkemidler. Se tekst vedr. forudsætninger.

a. Areal, hektar

Afgrøde	Areal, ha	Retention, %			
		20	80	80	80
Korn	200	50	50	50	50
Raps	50	12,5	12,5	12,5	12,5
Frøgræs	50	12,5	12,5	12,5	12,5
Energipil	0	0	0	0	0

b. Udledning til recipient, kg N pr. ha

Afgrøde	Areal, ha	Udvaskning fra rodzonen, kg N pr. ha	Retention, %			
			20	80	80	80
Korn	200	80	64	16	16	16
Raps	50	40	32	8	8	8
Frøgræs	50	20	16	4	4	4
Energipil	0	15	12	3	3	3

c. Udledning til recipient, kg N i alt

Afgrøde	Areal, ha	Retention, %			
		20	80	80	80
Korn	200	3.200	800	800	800
Raps	50	400	100	100	100
Frøgræs	50	200	50	50	50
Energipil	0	0	0	0	0
I alt					6.650

Tabel 3.3.2. a-c. Beregning af udledning af nitrat til recipient med energipil som virkemiddel. Se tekst vedr. forudsætninger.

a. Areal, hektar

Afgrøde	Areal, ha	Retention, %			
		20	80	80	80
Korn	153	3	50	50	50
Raps	50	12,5	12,5	12,5	12,5
Frøgræs	50	12,5	12,5	12,5	12,5
Energipil	47	47	0	0	0

b. Udledning til recipient, kg pr. ha

Afgrøde	Areal, ha	Udvaskning Rodzonen, kg N pr. ha	Retention, %			
			20	80	80	80
Korn	153	80	64	16	16	16
Raps	50	40	32	8	8	8
Frøgræs	50	20	16	4	4	4
Energipil	47	15	12	3	3	3

c. Udledning til recipient, kg i alt

Afgrøde	Areal, ha	Retention, %			
		20	80	80	80
Korn	153	185	800	800	800
Raps	50	400	100	100	100
Frøgræs	50	200	50	50	50
Energipil	47	565	0	0	0
I alt					4.200

Energipil er et særlig interessant som virkemiddel, fordi den kan placeres permanent på arealer med lav retention. Tilmed kan større arealer med energipil samles hos landmænd, som er specialiserede i

dyrkningen. Der opnås således en permanent og sikker beskyttelse af miljøet uden, at det griber forstyrrende og hæmmende ind i den almindelige landbrugsdrift. Vælges i stedet traditionelle efterafgrøder som virkemiddel, skal arealet værre større, og efterafgrøderne vil gribe forstyrrende ind i sædskiftet. Nogle år vil de af sædskiftemæssige årsager således sandsynligvis blive placeret på arealer med stor retention, hvor effekten af efterafgrøder er mindre.

3.3.4. Anbefalinger til fremme af energipil i den målrettede kvælstofregulering

Afsnit 3.3. illustrerer, at energipil er et effektivt alternativ til traditionelle efterafgrøder, og at energipil kan få en central rolle i den fremtidige målrettede regulering, såfremt reglerne indrettes hensigtsmæssigt. Imidlertid viser bl.a. Miljøstyrelsens pilotprojekt, at landmændene ikke umiddelbart vil vælge energipil som virkemiddel. For at fremme brugen af energipil kan der peges på følgende anbefalinger:

- Indplacering af dyrkning af energipil i den målrettede regulering skal ske på et oplyst og fuldstændigt fagligt grundlag, som sikrer, at virkemidlet tillægges den fulde effekt. Herunder bør der skeles til andre miljømæssige fordele som f.eks. reduceret pesticidforbrug, lagring af kulstof i jorden og øget biodiversitet.
- I bilag B er det vist, at retentionskortet kan blive et helt centralt element i den målrettede regulering. Det er også vist, at opløseligheden af det nuværende retentionskort sandsynligvis er for grov til, at der kan laves en effektiv målretning af indsatsen. Der vil være for stor risiko for, at alle ens marker og naboens marker vil være placeret i et område med samme beregnede retention. For at øge muligheden for målretning indenfor bedriften vil det være en stor fordel med et retentionskort med større opløselighed. Imidlertid findes der i dag ikke et tilstrækkeligt detaljeret datagrundlag til at øge opløseligheden. Det anbefales, at:
 - fortsat arbejde hen imod et forbedret nationalt retentionskort med en bedre opløselighed.
 - indarbejde muligheden for en lokal kortlægning, som kan supplere det nuværende retentionskort. Der skal udarbejdes metoder og måske egnet teknologi. Finansiering af den lokale kortlægning kan eventuelt på længere sigt være brugerbetalt, men i udviklingsfasen være suppleret af en tilskudsordning for at fremme udviklingen.
 - indarbejde muligheden for konkrete målinger af udvaskningen fra arealerne med f.eks. energipil.
- I afsnit 3.3.3. blev det vist, at landmænd som udgangspunkt formentlig vil være tilbageholdende overfor at vælge energiafgrøder som virkemiddel. Årsagen er bl.a. usikkerhed om afsætning af den producerede biomasse. De fleste landmænd vil formentlig være tilbageholdende overfor at skulle forhandle kontrakter med f.eks. varmemforsyningsselskaber, og det vil formentlig heller ikke være rationelt, at hver enkelt producent skal forhandle individuelle kontrakter (se afsnit 2.3. vedr. barrierer for afsætning af energipil). Det anbefales, at:
 - der etableres lokale producentforeninger, som varetager en række producenters interesser med henblik på at foretage en fælles afsætning så rationelt som muligt, og som sikrer afsætningen under fair betingelser og til en fair pris.
- Dyrkning af energipil vil være ukendt for de fleste landmænd, og dyrkningsmetoder og dyrkningsteknologi mv. adskiller sig betydeligt fra dyrkning af typiske landbrugsafgrøder. Der skal derfor fokus på rådgivning om dyrkning af energipil på tidligere omdrifts jord. Som forberedelse til den målrettede regulering anbefales det, at:
 - der bør udarbejdes en egentlig kampagne for rådgivning om energipil, idet der udarbejdes målrettet informationsmateriale om dyrkning (kloner, metoder, ukrudtsbekæmpelse, gødskning, høst mv.).
 - der gennemføres et målrettet kursusforløb for interesserede nye avlere. Herunder kursusmateriale, som landets planteavlskonulenter kan anvende i lokale kurser.
 - der udarbejdes et særligt materiale som støtte til udvælgelsen af de bedst egnede arealer. Da pilekulturer er mangeårige eller permanente, er det særdeles vigtigt at få arealerne placeret, hvor den miljømæssige effekt er maksimal, men hvor der samtidig kan opnås et højt udbytte og en rationel drift.

3.3.5. Referencer

Ludvigsen, N., Madsen, I.N. & Petersen, B.M. (red.) (2015a). Pilotprojekt for ny målrettet arealregulering. Rapport fra Miljøstyrelsen.

Ludvigsen, N., Madsen, I.N. & Petersen, B.M. (red.) (2015b). Bilag til Pilotprojekt for ny målrettet arealregulering. Afprøvning af prototyper for kvælstofreguleringsmodeller. Bilagssamling til rapport fra Miljøstyrelsen. <http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2015/01/978-87-93283-51-0.pdf>

NaturErhvervstyrelsen (2015). Vejledning om gødsknings- og harmoniregler.

Natur- og Landbrugskommissionen (2013). Natur og Landbrug – en ny start. April 2013.

Virkemiddelkatalog for dyrkningsrelaterede virkemidler (2013). Aarhus Universitet.

3.4. Effekter på biodiversitet og landskabshensyn ved dyrkning af energipil

Af Heidi Buur Holbeck, Rasmus Løbner og Trine Eide

I dette afsnit beskrives de effekter, som dyrkning af energipil kan have på biodiversitet og landskab, og der gives anbefalinger for, hvordan der kan tages hensyn til biodiversitet og landskab ved dyrkning af energipil.

3.4.1. Energiafgrøders påvirkning af naturindhold og biodiversitet

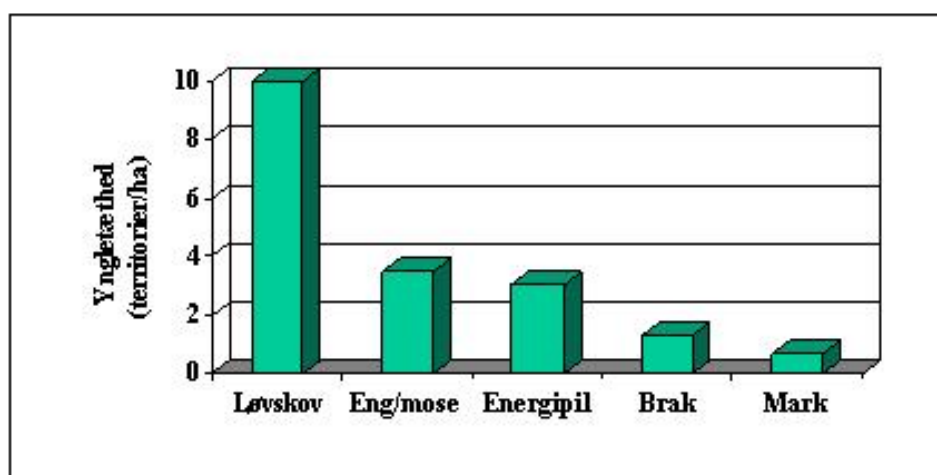
Med baggrund i et litteraturstudie bliver der redegjort for, hvilken indvirkning energipil har på natur og biodiversitet, herunder hvordan energipil og poppel kan dyrkes hensigtsmæssigt, så naturindhold og biodiversitet optimeres. Begrebet natur/øget naturindhold/øget artsrigdom dækker her en øget forekomst af mere almindelige dyre- og plantearter, hvor individ- og artsantallet af ønskede nyttedyr og arter karakteristiske for agerlandet stiger. Det er væsentligt at sikre egnede levesteder også for de mere almindelige arter i agerlandet, da flere af disse arter er i tilbagegang. Det gælder f.eks. for arter som hare, agerhøne, vibe, lærke og en række dagsommerfugle.

Begrebet biodiversitet bruges primært i forbindelse med mere sjældne og truede arter. Biodiversitet betyder mangfoldigheden af levende organismer. Ordet er dannet af ordene "bio", der betyder liv, og ordet "diversitet", der betyder forskellighed. Biodiversitet opgøres typisk ud fra forskelligheden af arter, gener og økosystemer, hvoraf arterne er det mest brugte mål for biodiversitet. For at sikre mangfoldighed af liv er det væsentligt at have fokus på de arter, der er mest akut truede mht. risiko for at uddø. Mål for biodiversitet handler derfor oftest om at sikre og bevare sjældne og truede arter (De Økonomiske Råd, 2012).

Energiafgrøder er med deres højde og dyrkningsform et markant landskabselement, som i modsætning til de almindelige landbrugsafgrøder, giver andre udfordringer og muligheder. Energipil opfattes generelt som mere gunstige for natur og biodiversiteten, hvis der sammenlignes med dyrkede landbrugsafgrøder (Sørensen, Waagepetersen, & Jørgensen, 2010). Dette skyldes, at energipil har en længere omdriftsperiode, et lavt forbrug af gødning og pesticider, yder bedre jordbeskyttelse, giver landskabet en større variation og er udsat for færre forstyrrelser i vækstperioden (Jørgensen, 2011).

Studier som har sammenlignet dyrkede omdriftsarealer med energiafgrøder viser en generel positiv effekt på artsrigdommen. Dog har nogle undersøgelser vist en lavere population af løbebiller og rovbiller i pilemarker sammenlignet med dyrkede landbrugsarealer (Jørgensen, 2011). Studier har vist, at når en pilemark grænser op til et levende hegn, så er artsrigdommen højere i hegnet, end hvis det grænsede op til en mark med en traditionel landbrugsafgrøde (Jørgensen, 2011).

En nedsat jordbearbejdning, et lavt forbrug af pesticider og et solidt førnélag fra nedfaldne blade, medvirker til, at der i pilemarker er flere arter og individer af regnorme end på traditionelle landbrugsarealer (Friis, Reddersen, & Petersen, 1999). Regnorme er en vigtig fødekilde for mange pattedyr og fugle, og en stor regnormefauna er derfor af stor betydning. Studier, som har sammenlignet brakarealer og arealer med energiafgrøder, har vist, at der ikke er nogen forskel på artsrigdommen af små pattedyr, men til gengæld er der flere fugle i beplantninger med energipil (Reddersen, Nordvig, & Jensen, 2005). De fuglearter, som almindeligvis ses i det åbne land, har en generelt højere yngleforekomst i energipil end på landbrugsarealer (Jørgensen, 2011) (se figur 3.4.1).



Figur 3.4.1. Total yngletæthed for fugle i energipil og andre landskabstyper. (Fra Reddersen & Petersen, 2004).

Ud fra tilgængelige studier viser det sig, at energipil og andre former for flerårige energiafgrøder generelt er gunstige for natur og biodiversitet, hvis der sammenlignes med arealer i omdrift. Hvis der derimod sammenlignes med naturarealer er resultatet et andet. Artsrigdommen af pattedyr er nemlig lavere i energipil sammenlignet med levende hegn, grøfter og å-bredder (Reddersen, Nordvig, & Jensen, 2005). Antallet af ynglefugle er også betydeligt lavere i energipil sammenlignet med både nåle- og løvskov (Reddersen & Petersen, 2004). Derfor er det vigtigt at fremhæve, at når der argumenteres for, at energiafgrøder, herunder energipil, er gunstige for natur og biodiversitet, er det fordi, der sammenlignes med traditionelle landbrugsarealer.

Generelt vil en omlægning til energiafgrøder på eksisterende naturområder såsom småbiotoper, lysåbne naturtyper og skove medføre en betydelig forringelse af naturværdien. Der må ikke foretages ændringer i tilstanden af § 3-beskyttede områder, som er lysåbne naturtyper som enge, moser og overdrev. Hvis et areal opnår den for naturtypen karakteristiske plantesammensætning og driftshistorie, kan de efter loven betegnes som beskyttede (Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse, 2013). Energipil vokser godt på fugtig og næringsrig jord, og derfor anlægges pilemarker ofte på lavbundsarealer. Da landbrugsdriften på sådanne arealer kan være drevet mere ekstensivt, kan arealet over tid vokse ind i en § 3-beskyttelse. Hvis alternativet til energipil er, at arealerne udvikler sig til beskyttet natur, kan etablering af energipil på visse lavbundsarealer derfor medføre negative effekter på natur og biodiversitet set i forhold til, hvis arealet udviklede sig til et egentligt beskyttet naturareal.



Billede 3.4.1. og 3.4.2. På billedet ses hvordan energipil skaber en varieret struktur, som giver plads til forskellige arter. (Foto: Søren Ugilt Larsen og Rasmus Filsø Løbner).

3.4.2. Anbefalinger til driftsmæssige hensyn

Pil blomstrer tidligt om foråret, og den giver derfor både pollen og nektar til insekter som f.eks. bier. Pilens etårs skud blomstrer ikke, og derfor er der først 2. år nogen blomstring, mens det er 3. år, at pilen blomstrer med talrige blomstre (Reddersen, 2001). Derfor kan det være en fordel at forskyde høsten, så der er pil i forskellige aldre, som sikrer, at der hvert år er blomstring. Dette kan dog give udfordringer ift. kontrol fra NaturErhverv, der kan kræve opdeling af marken på ansøgningen til styring af høstår. Pileplanter er enkönnede, og hanplanterne er de vigtigste for de bestøvende insekter, fordi de både producerer pollen og nektar.

Det sted, hvor naturindholdet i en beplantning med energipil og poppel er størst, er i den yderste del af beplantningen. Artsrigdommen falder, jo længere ind i beplantningen man kommer (Reddersen, Nordvig & Jensen, 2005). For at tilgodese naturindholdet er mindre beplantninger derfor det mest optimale. Større beplantninger kan med fordel planlægges således, at der opnås størst randzoneeffekt (Jørgensen, 2011). Dette kan gøres ved at etablere lange smalle eller mange små beplantninger. Det skal dog bemærkes, at sådanne tiltag kan stå i kontrast til det generelle ønske om at nedbringe omkostningerne for produktion af energipil.

For at forbedre forholdene for natur og biodiversitet kan der i nærheden af eller indenfor det tilplantede areal etableres et eller flere naturtiltag, som vil medføre en større artsdiversitet. Tiltagene kan bestå af tilsåede vildtstriber eller kortslåede græsstriber, som tilgodeser både insekter, fugle og pattedyr.

Vildtstriberne sikrer en lysåben afgrøde med stor variation og vil på den måde forbedre leveforholdene for agerlandets dyr. Vildtstriber suppler energipilens tidlige blomstring med en varieret blomstring fordelt over vækstsæsonen. Vildtstriber giver dermed bedre leveforhold for mange af agerlandets dyr, især for markvildtet, de jordrugende fugle, insekter og padder (Løbner, 2015).

En kortslået græsstribe langs kanten af en pilekultur sikrer et særligt mikroklima, som vil tilgode mange vildtarter. Den slåede græsstribe sikrer føde i form af friske skud og fungerer som en lysåben biotop. En slået græsstribe skaber derfor en stor kontrast til den lukkede, mørke energiafgrøde.

Nedenfor henvises til en række tiltag, som vil give en positiv effekt på natur og biodiversitet i energiafgrøder:

- Opdeling af et areal i flere små eller aflange beplantninger vil skabe mange randzoner. Flere randzoner vil både gavne naturindhold og biodiversitet.
- Høst forskudt år efter år, så der på arealet vil være variation i plantens højde og blomstring. En forskudt høst vil gavne insekter og skaber en varieret struktur til gavn for agerlandets dyr (Campbell *et al.*, 2012).
- Pil er enkønnede, og hankønnede planter producerer både pollen og nektar. Derfor vil det være en stor fordel at anvende han-kønnede pilekloner, da dette vil gavne insekter som f.eks. bier.
- Etabler vildtvenlige tiltag som vildtstriber og/eller kortslåede græsstriber. Vildtvenlige tiltag vil være til stor gavn for både insekter, fugle og pattedyr.
- Brug forskellige pilekloner for at sikre en varieret blomstring. En varieret blomstring vil særligt gavne insekter.
- Etabler energiafgrøder opad eksisterende småbiotoper. Dette tiltag skaber en større artsdiversitet.
- Undgå at sprøjte i kanten af beplantningen, da det er i kanten, at artsdiversiteten er størst.
- Lad en pilerække i kanten af bevoksningen stå uhøstet. Dette tiltag vil udvikle en mere varieret struktur, som gavner naturindholdet (Campbell *et al.*, 2012).
- Undgå at etablere energiafgrøder på eksisterende naturarealer, herunder småbiotoper, § 3-arealer og i skove, da disse arealer allerede har sit eget naturindhold.



Billede 3.4.3. På billedet ses hvordan forskellige naturtiltag er blevet implementeret i driften. Fra højre: Levende hegn, vildtstribe, kortklippet græsstribe og pil og poppel i forskellige højder. På denne måde sikres et højt naturindhold samt en øget biodiversitet. (Foto: Rasmus Filsø Løbner).

3.4.3. Lovgivning

Etablering af energipil er ikke tilladt på arealer beskyttet efter Naturbeskyttelseslovens § 3. Ligeledes er etablering af energipil ikke tilladt på arealer med skov beskyttet efter skovloven. Energipil må ikke etableres på gravhøje, jord- og stendiger og lignende landskabselementer.

Der er en række særlige hensyn. Visse arter af dyr og planter samt visse særlige naturområder (habitatnaturtyper) er omfattet af en streng beskyttelse. Hvor bilag IV-arter har yngle- og rasteområder, må der ikke foretages ændringer/planlægges aktiviteter, som kan beskadige yngle- eller rasteområder for bilag IV-arter. Ligeledes må de internationale naturbeskyttelsesområder ikke beskadiges f.eks. ved at tilplante arealerne med energiafgrøder. Artsfredningsbekendtgørelsen fastsætter desuden forbud mod alle former for forsætlig indfangning eller drab på arter omfattet af artsfredningen. Lodsejere er selv ansvarlige for at sikre, at de ved planlægning af projekter som f.eks. etablering af energipil overholder ovenfor nævnte bestemmelser.

3.4.4. Regler for grundbetaling

Energiafgrøder, herunder pil og poppel, er støtteberettigede afgrøder under ordningen grundbetaling. Ved tilskud til grundbetaling skal der opretholdes en række krav, som kan være modsigende overfor de ovenstående anbefalinger til driftsmæssige hensyn. I vejledningen til grundbetalingen står der: "Lavskovsarealer skal være dyrket efter gængs praksis. Det betyder, at arealet ikke må fremstå som

et udyrket areal, der ikke er holdt vedlige, eller fremstå som natur eller vildnis" (NaturErhvervsstyrelsen, 2015). Energiafgrøder skal stævnes senest ved udgangen af det 10. år efter etableringen eller seneste stævning (NaturErhvervsstyrelsen, 2015).

Indenfor og i den umiddelbare omkreds af lavskovsarealet, må der være arbejdsarealer i form af kørespor og gange. Disse kørespor og gange må højst udgøre 20 procent af arealet. Hvis der er kørespor og gange på arealet, skal antallet af planter være højere på den tilplantede del for at opfylde kravet om antal planter pr. hektar (minimum 8.000 planter pr. ha for pil og 2.000 planter pr. ha for poppel) (NaturErhvervsstyrelsen, 2015). På arealer med energiafgrøder må der ikke etableres bi- og vildtvenlige tiltag i form af insektvolde, vildtstriber, barjordsstriber og lærkepletter.

For at opnå fuld støtte efter ordningen grundbetaling, skal man overholde nogle grønne krav, herunder de såkaldte miljøfokusområder (MFO brak). Man kan med fordel anvende pil og poppel som miljøfokusområde (MFO), hvis de overholder betingelserne for grundbetaling til lavskov. Alle konventionelle bedrifter med over 15 hektar i omdrift skal fra 2015 have 5 % miljøfokusområder. Lavskov indgår i MFO-arealet med vægtningsfaktoren 0,3. Det betyder, at for hver 3,33 ha, der er tilplantet med energiafgrøder, tæller det med som 1 ha MFO brak. For at energiafgrøder kan tælle med som MFO brak forudsætter det dog, at der ikke er brugt sprøjtemidler i det pågældende kalenderår (NaturErhvervsstyrelsen, 2015).

3.4.5. Potentialer og barrierer for naturindhold og biodiversitet ved etablering af energipil og andre flerårige energiafgrøder

Potentialer for at øge naturindhold og biodiversitet omfatter bl.a.:

- Ved etablering af energiafgrøder på landbrugsarealer opstår der bedre betingelser for at fremme både naturindhold og biodiversitet.
- Ved at indpasse driftsmæssige hensyn opstår der et stort potentiale for at forøge naturindholdet i beplantningen betydeligt. Tiltagene, som med fordel kan indpasses, kan være at skabe mange randzoner, høste forskudt, etablere vildtvenlige tiltag, plante forskellige pilekloner og flest hanplanter, plante opad eksisterende småbiotoper, undgå at sprøjte i randzonen og lade en pile-række stå uhøstet.
- Ved etablering af energiafgrøder på landbrugsarealer forbedres forholdene for det jagtbare vildt og dermed forbedres jagtpotentialet, som i sidste ende kan medføre en højere jagtleje.
- Ved etablering af energiafgrøder på landbrugsarealer stiger den rekreative værdi, da mulighederne for både naturoplevelser og jagt stiger.
- Ekstensive arealer, der ikke kan udnyttes til dyrkning af andre afgrøder, kan evt. tilplantes med energiafgrøder. Har arealet potentiale for i løbet af få år alternativt at vokse ind i en beskyttelse, og dette ikke ønskes, kan etablering af energiafgrøder evt. være en måde at holde arealet dyrkningseget. Dette vil dog ofte medføre en negativ udvikling i naturindhold og biodiversiteten, set i forhold til hvis arealet udviklede sig til et lysåbent § 3-beskyttet areal.
- Det er ikke tilladt at etablere bi- og vildtvenlige tiltag på grundbetalingsarealer med energiafgrøder, men til gengæld kan kørespor lovligt anvendes som et tiltag, som kan medvirke til at skabe en variation, som kan give et større potentiale for at øge naturindholdet.

Barrierer der opstår i bestræbelse på at forøge naturindhold og biodiversitet omfatter bl.a.:

- Der opnås flest stordriftsfordele, hvis beplantningerne med energiafgrøder er store og med lige linjer. Dette er i modsætning til de anbefalinger, som skal sikre et højt naturindhold, hvor der anbefales at etablere små beplantninger for at sikre mange randzoner.
- Mange randzoner i en pilebeplantning vil medføre en negativ effekt på energiafgrødens vækst, da vækstpotentiale generelt stiger jo større beplantningen er.

- Etablering af energiafgrøder kan medføre negative effekter på både naturindhold og biodiversitet, hvis de anlægges på arealer med et eksisterende højt naturindhold.
- En forskudt høst kan medfører øgede udgifter til maskinomkostninger, da arealerne ikke høstes på samme tid.
- Lovgivningen, som omhandler grundbetalingsarealer, begrænser mulighederne for at etablere bi- og vildtvenlige tiltag på arealet med energiafgrøder.

3.4.6. Konklusioner – biodiversitet

Hvis energipil og andre former for energiskov/energiafgrøder etableres på eksisterende landbrugsarealer i omdrift, har plantningen som udgangspunkt en positiv indvirkning på natur og biodiversitet, herunder en effekt på en række undersøgte arter som regnorme og fugle. En positiv natureffekt opnås især i randbeplantningen, ligesom driftsmæssige hensyn spiller en afgørende rolle for, hvor meget naturindholdet kan øges.

Ved at indpasse nogle driftsmæssige hensyn til naturindhold, kan der opnås et stort potentiale for at forøge naturindholdet i beplantningen betydeligt. Det anbefales derfor at integrere nogle af de i afsnit 3.4.2. anbefalede driftsmæssige hensyn.

Nogle af disse hensyn kan medføre negative konsekvenser for energiafgrødens produktivitet og udbytte. Derfor vil det ofte være en individuel vurdering af, om og hvordan naturtiltag kan integreres i driften, så produktivitet og udbytte opretholdes, samtidig med at der tages hensyn til natur og biodiversitet. Det anbefales ikke at etablere energiafgrøder på eksisterende småbiotoper, naturarealer eller skove, da det vil medføre en forringelse af det eksisterende naturindhold. På en række af disse arealer er der i forvejen forbud mod etablering af energiafgrøder som følge af gældende lovgivning.

Gældende regler for grundbetaling besværliggør muligheden for at etablere tiltag, som tilgodeser natur og biodiversitet. Dette skyldes, at reglerne for grundbetaling begrænser muligheden for at anlægge bi- og vildtvenlige tiltag på arealer med energiafgrøder.

3.4.7. Energipils påvirkning af landskab

Pil er en afgrøde, der kan anvendes til flere formål såsom biomasseproduktion og miljøforbedringer m.m. Derfor er der også et potentiale for, at pil i højere grad bliver introduceret i det danske landskab. I dette og efterfølgende afsnit sættes der fokus på energipils påvirkning af landskabet, med fokus på hvilke visuelle konsekvenser beplantningen kan have på oplevelsen af landskabet, og hvilke tiltag der kan medvirke til en for landskabet hensigtsmæssig placering af energipil.

Energipil og andre former for energiafgrøder som poppel, elefantgræs og græs har stor indflydelse på oplevelsen af landskabet. Specielt de høje og flerårige beplantninger kan påvirke oplevelsen af landskabet markant, både positivt og negativt. Om beplantningen vil opfattes positivt eller negativt, vil afhænge af mange faktorer (Primdahl, 2009). Det vil opfattes forskelligt afhængigt af, hvem der ser eller oplever landskabet – om det er lokale, besøgende, lodsejere eller eksperter. Opleves det som store ændringer, der har konsekvenser for udsigter, adgang eller kulturhistoriske værdier, vil det med stor sandsynlighed opfattes negativt, hvorimod en beplantning, der samtidig gavner natur eller miljø, kan opfattes mere positivt. Det handler altså om både oplevelse, æstetik og funktion.

I dag finder man, på nær nogle få undtagelser, hvor pil dyrkes professionelt som hovedafgrøde, ofte pilebeplantninger på marginaljorder, irregulære markhjørner og mindre arealer, hvor det kan være svært at sikre ordentlige udbytter af andre mere traditionelle afgrødetyper. Det vil i mange tilfælde være på lavereliggende arealer såsom ådale eller lavbundsarealer eller i tilknytning hertil. Her vil der

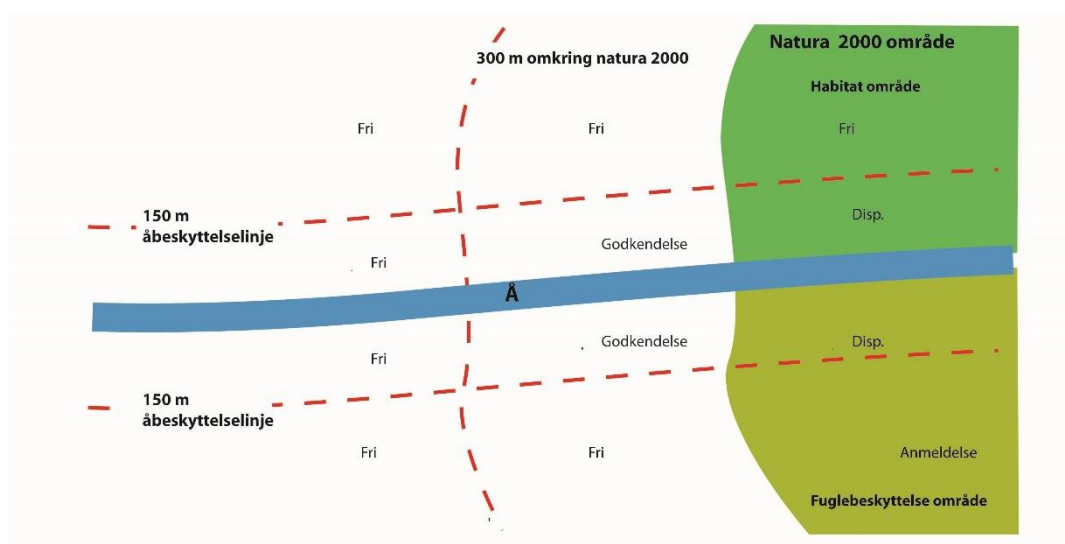
ofte være tale om værdifulde landskaber med karakteristiske terrænforløb eller højdedrag, som kan være sårbare overfor en høj og massiv tilplantning.

3.4.8. Lovgivning og planlægning

Det er ikke alle steder, at det i dag er muligt at plante pil. Ved tilplantning af flerårige energiafgrøder skal man være opmærksom på de regler og begrænsninger, der er i gældende lovgivning.

3.4.8.1. Lovgivning

Naturbeskyttelsesloven rummer en række bestemmelser, som sigter mod varetagelse af de landskabelige interesser. Der er således i nogle tilfælde forbud mod tilplantning, herunder energipil indenfor strandbeskyttelseslinjen (300 m) og beskyttelseslinjen omkring fortidsminder (100 m). Indenfor sø- og åbeskyttelseslinjer er der forbud mod tilplantning indenfor internationale naturbeskyttelsesområder og en 300 m bred bufferzone om disse, se figur 3.4.2.



Figur 3.4.2. Betydning af sø- og åbeskyttelseslinjen og Natura 2000 områder i forbindelse med plantning af energipil.

Nogle områder er pålagt fredning, som kan forhindre tilplantning. I forbindelse med fredninger kan der således være formuleret et direkte forbud mod etablering af beplantning, herunder klitfredningen og beskyttelseslinjen omkring fortidsminder.

3.4.8.2. Kommuner udpeger værdifulde landskaber

Jf. Planlovens §11a. stk. 16 skal kommunerne planlægge for sikring af bevaringsværdige landskaber og for beliggenheden af områder med landskabelig værdi. Naturstyrelsen har i samarbejde med Københavns Universitet udviklet en metode til kortlægning og vurdering af landskabet, Landskabskaraktermetoden, som kan danne grundlag for udpegning og give konkrete anbefalinger i forhold til landskabets karakter og sårbarhed (Miljøstyrelsen, 2007). Naturstyrelsen anbefaler, at kommunerne anvender denne metode i udpegningen af værdifulde landskaber.

I områder, hvor skovplantning er uønsket ifølge en endeligt vedtaget kommuneplan eller kommuneplantillæg, må energipil ikke høstes med længere mellemrum end hvert femte år. Se endvidere afsnit 3.4.3. om lovgivning.

3.4.9. Energipils visuelle karakteristika og effekter på landskabet

Energipil er kendetegnet ved en række særlige visuelle karakteristika. Pilen kan blive op til 7-8 meter, før den høstes, og vil typisk blive høstet med intervaller på 2-4 år. Det er således en afgrøde, der kan fremstå væsentligt højere end andre afgrøder og kan dermed visuelt have store konsekvenser. En pilemark i drift vil veksle meget i højde afhængigt af vækststadiet og høstinterval, men vil under alle omstændigheder være et markant og langvarigt element i landskabet, der afhængigt af placering og udformning kan have både positive og negative konsekvenser for landskabelige kvaliteter.

Pil fremstår væsentligt anderledes end andre typiske landbrugsafgrøder, da farve og tekstur minder mere om små træer eller buske. Højde og struktur medfører visuelt en tredimensionel masse og væg-virkning, der i modsætning til traditionelle lavere afgrøder kan få stor indflydelse på udsigt, indsigts osv. Det er derfor ikke ligegyldigt, hvor og hvordan energipil indpasses i landskabet.



Energipil fremstår hurtigt høj og massiv og vil derfor danne væg i landskabet.



Naturligt forekommende pil fremstår mere busket og står ofte i grupper.



Energipil kan blive væsentligt højere end majs.

Figur 3.4.3. Eksempler på pil i landskabet.

Når man ser på landskabet, er der en række grundlæggende faktorer, der gør sig gældende, og som har betydning for landskabets karakteristika og for, hvordan nye elementer kan indpasses, og i hvor høj grad de påvirker landskabet (Stahlschmidt & Nellemann, 2009). Det er faktorer som det naturgeografiske grundlag, kulturhistorie, og de rumlige, visuelle forhold. Hertil kommer aspekter som tid og dynamik, landskabets anvendelse og struktur. Det er altså komplekst at arbejde med landskaber, og der vil ikke være to landskabsområder, der vil rumme de helt samme kvaliteter eller have den helt samme karakter. Derfor kan der heller ikke siges noget endegyldigt eller generelt om, hvorvidt et landskab vil blive negativt påvirket af en pilemark. Der vil dog være landskaber, der som udgangspunkt er sårbare og derfor umiddelbart uegnede til beplantninger med pilens karakter.

Konsekvenserne ved plantning af pil eller andre høje energiafgrøder vil være meget stedspecifikke og variere meget i forhold til, hvilken landskabstype eller landskabskarakteristik der er tale om, og hvor robust eller sårbart landskabet er overfor ændringer. I nogle landskaber vil energipil derfor ikke medføre visuelle problemer, mens det i andre tilfælde vil være nødvendigt at udvise hensyn, både ved placering, udformning og drift.

3.4.10. Energipils effekter på forskellige landskabstyper

For at tydeliggøre forskellige sårbarheder og give eksempler på forskelligheden af landskaber er der nedenfor i korte træk beskrevet en række typiske landskabstyper, elementer og strukturer med anvisninger til, hvilke særlige hensyn der bør afvejes (Eide, 2012). For overskuelighedens skyld er typerne opdelt i 6 hovedtyper, og karakteristika og anvisninger er derfor af overordnet og principiel karakter. Se figur 3.4.4.



Kuperet - storbakket moræne



Fladt - lukket



Ådal - tunneldal
Fotograf, Mads Fjeldsø Christensen



Kuperet - småbakket



Fladt - åbent (Marsk)



Ådal - smeltevandsdal

Figur 3.4.4. Eksempler på landskabstyper.

3.4.10.1. Kuperet – storbakket morænelandskab

Det storbakkede morænelandskab er karakteriseret ved et meget varieret terræn, hvor dale og bakketoppe med vide udsigter er med til at give nogle storslåede landskabsoplevelser. I det storbakkede landskab er det vigtigt ikke at sløre det bakkede terræn med store massive markfelter med pil, som kan dominere oplevelsen. Her skal man også være opmærksom på ikke at blokere for særlige og karakterfyldte udsigter eller indsigter. Tilsvarende bør eksisterende elementer, som f.eks. enkeltstående træer eller remiser (opholdssted/skjulested for flora og fauna) holdes fri, da disse er med til at understrege det kontrastfyldte landskab. Denne landskabstype er således sårbar overfor store beplantninger, hvorimod mindre marker med energipil lettere integreres i dette landskab.

3.4.10.2. Kuperet – småbakked morænelandskab

Denne landskabstype består af svagt bakkede landskaber, der kan have flade karakter og med vide udsigter. Det småbakkede landskab opleves mere monotont og roligt. Landskabstypen kan karakteriseres som mere robust overfor større beplantninger med høje energiafgrøder. Det er dog vigtigt at være opmærksom på særlige karakterfulde udsigter og således vise særlige hensyn til indsigter til kulturhistoriske elementer som kirker, gravhøje m.m.

3.4.10.3. Fladt, lukket landskab – hedeslette og læhegn

Det opdyrkede hedeslettelandskab består typisk af flade, regulære markstrukturer, ofte omkranset af tætliggende parallelle læhegn. Landskabet er intensivt dyrket, og skalaen her er relativt lille. Oplevelsen er således mange lukkede landskabsrum med korte udsigter. Det dyrkede landbrugslandskab stemmer fint overens med indpasning af energiafgrøder, dog bør man holde en vis afstand til læhegnene, så den karakteristiske struktur ikke sløres. Derudover skal man være opmærksom på ikke at plante høje energiafgrøder mellem for mange læhegn i træk, da landskabet så vil lukke til.

3.4.10.4. Fladt, åbent landskab – marsk

Det åbne landskab er meget sårbart overfor mange mindre og "løsrevne" pilebeplantninger, og er mere robust overfor større felter, hvor pilens vægkarakter kan forstærke oplevelsen af det flade landskab. Placering og udformning af markfelter bør dog gøres med omhu, og man bør være opmærksom på ikke at lukke af for lange udsigter. Marsken er et græsdekke, fladt og lavtliggende landskab bag beskyttende diger. Drænsystemer – grøblinger – giver en række parallelt liggende render mellem let hvælvede græsagre. Denne landskabstype er ikke umiddelbart egnet til pilebeplantninger.

3.4.10.5. Ådale – tunneldale

Tunneldale er dybe strøg i landskabet. Dalsiderne er ofte stejle, og der kan derfor være markante overgange til de omkringliggende landskaber. Tunneldalene er særligt sårbare overfor høje beplantninger som energipil, da der er risiko for visuelt at lukke landskabet til og dermed sløre det karakteristiske terræn. Man skal desuden være opmærksom på ikke at blokere for udsigter. Der bør således ikke plantes for kompakt ned i ådalene, og i særligt karakteristiske og landskabeligt værdifulde ådale bør det måske helt undgås, med mindre andre faktorer taler for.

3.4.10.6. Ådale – smeltevandsdale

Landskabstype i stor skala, som ofte forekommer med brede dalstrøg og med lavtliggende engarealer. Overgang fra fladen til morænen er ikke så markant som ved tunneldale. Engfladen kan være præget af små bakkeøer. Det er en sårbar landskabstype, der er følsom overfor omfattende beplantning. Store kompakte beplantninger kan sløre terrænet, overgangen mellem lavtliggende engarealer og moræneflade samt de små karaktergivende bakkeøer.

3.4.11. Landskabselementer og strukturer

Udover den grundlæggende landskabstype, vil der være en række elementer der vil have indflydelse på lokalitetens sårbarhed overfor større ændringer. Man kan overordnet tale om landskabets indretning og anvendelse. Herunder beskrives nogle af de væsentlige.

3.4.11.1. Vigtige landskabselementer og strukturer

En væsentlig parameter er de landskabselementer og strukturer, der i forvejen findes i området – det kan være skove, skovbryn, læhegn, enkeltstående træer, remiser, vandløb, markfelter, bygninger mv. Her er det vigtigt at være opmærksom på, om der er særlige forhold, der skal tages hensyn til, eksempelvis skovbryn eller dalstrøg der ikke bør sløres eller lukkes til. Der kan også være større eksisterende og sammenhængende beplantningsgrupper, som kan være til inspiration til formgivning af den nye beplantning, som dermed ville kunne falde ind i den eksisterende struktur.

3.4.11.2. Terrænforhold – skrænter, dalsider, bakker m.v.

Der kan være særlige terrænforhold, der gør sig gældende. Det kan være skrænter ned mod åer eller bakker og små dale. Her kan det være vigtigt for oplevelsen, om pilen holder afstand til åen eller følger landskabets højdekurver. Det kan også have betydning, om pilen er placeret på toppen, i bunden eller på en skråning.

3.4.11.3. Særlige forhold – udsigt/indsigt, naboer, kulturhistorie, biodiversitet, jagt m.m.

Det kan i nogle områder være nødvendigt at tænke særligt på formgivningen, dvs. afgrænsningen og kanten af marken. Det kan være områder, hvor der kommer mange mennesker, hvor der er særlige udsigtsforhold, hvor der er risiko for at naboer bliver lukket inde, eller hvor der kan være særlige kulturhistoriske elementer, som eksempelvis gravhøje, kirker, bevaringsværdige kulturmiljøer eller kulturlandskaber og lignende, der bør tages hensyn til.

Der er altså mange forudsætninger og faktorer der siger noget om et landskabs funktion og sårbarhed overfor ændringer. Samlet kan man tale om et landskabs karakter, der siger noget om et landskabsområdes særlige identitet og indhold, sårbarhed/robusthed og udviklingspotentiale. Landskabskarakteren siger således noget om samspillet mellem et konkret områdes naturgeografiske grundlag, områdets arealanvendelse og de særlige karakteristika som rumlige og visuelle forhold (Stahlschmidt & Nellemann 2009).

3.4.12. Generelle udfordringer der omhandler den overordnede tilgang til landskab

Udover de grundlæggende, fysiske elementer som landskabstyper, skove, boliger mv., der kan foranledige et behov for at vise hensyn, kan der være andre udfordringer, der bør adresseres.

3.4.12.1. Prioritering – hvilke formål skal fremmes

Placering og formgivning af en mark med energipil kan have en effekt på andre temaer såsom produktionsforhold, miljøeffekter, biodiversitet, klimaforhold osv. Det kan medføre en positiv synergieffekt, men kan også have modsatrettede effekter. Derfor vil det i nogle tilfælde være en afvejning i forhold til, hvilke effekter eller formål man gerne vil fremme på den konkrete lokalitet og med de konkrete forudsætninger. I nogle tilfælde vil det være på bekostning af landskabelige kvaliteter.

3.4.12.2. Manglende viden om og interesse for landskab

Det kan være en udfordring, at der ikke er den samme interesse for eller viden om landskab, som andre temaer som jagt, natur og produktion. Der kan derfor være en risiko for, at de landskabelige hensyn ikke varetages i nødvendigt omfang ved etablering og drift af pilearealer.

3.4.12.3. Risiko for negativ oplevelse af energipil

Det er i dag muligt at plante indenfor sø- og åbeskyttelseslinjer. I tilfælde, hvor landskabet er særligt sårbart eller værdifuldt, kan beplantninger med energipil på sigt øge risikoen for en større andel af lukkede landskaber og dermed et negativt syn på dyrkning af energipil.

3.4.12.4. Modsætningsforhold mellem landskabelige hensyn og økonomi

Varetagelse af landskabelige hensyn kan stå i modsætningsforhold til at sikre en rentabel og effektiv produktion. Der kan derfor være behov for kompromisløsninger, der i størst muligt omfang tilgodeser både landskab og produktion.

3.4.13. Anbefalinger for tilgang og hensigtsmæssig placering og udformning

Der er som nævnt en lang række forhold og faktorer, der har betydning for muligheden for at tilpasse energipil til et lokalt landskab. Der er også en række tilgange og metoder, der kan understøtte, at der træffes kvalificerede valg og vises de nødvendige hensyn, når man i praksis skal arbejde med placering af energipil. Nedenfor skitseres en række anbefalinger.

3.4.13.1. Frihold værdifulde og sårbare landskaber

Det bør så vidt muligt undgås at plante i særligt sårbare landskaber, som skitseret tidligere, med mindre det lokalt vurderes, at landskabet er robust nok.

3.4.13.2. Brug eventuelt alternative arealer

Mulighederne for at inddrage alternative arealer bør også undersøges, hvis det kan bidrage til at friholde sårbare landskaber. Det kunne være bynære arealer (rekreative områder, afledning af vand), restarealer ved infrastruktur, erhvervsarealer eller lignende. Det kunne også give mulighed for at koble det til andre tiltag som vandopsamling, skærmende beplantning osv.

3.4.13.3. Viden om energipil i landskabet bør forøges hos relevante aktører

Det er vigtigt, at de lodsejere, rådgivere eller andre, der arbejder med pil i større skala har eller får en forståelse for de landskabelige implikationer, der kan være, så de er klædt på til at tage de rigtige beslutninger. Her findes eksisterende metoder (landskabskarakterkortlægning, landskabsanalyser), der kan bruges som grundlag for vurdering af landskabet og give anvisninger til varetagelse af landskabelige hensyn. En vejledning om landskab og natur, der kan supplere viden om produktionsforhold kan være et godt supplement. Dog bør man være opmærksom på, at en vejledning kun har effekt, hvis den er tilgængelig og ikke mindst bliver brugt. Derudover kan der tilbydes kurser, hvor der er fokus på drift, erfaringsudveksling, natur, jagt, landskabsplanlægning osv. Formidling om de landskabelige påvirkninger af energipil kan endvidere ske via pjecer, artikler eller lignende. Muligheden for at trække på landskabsfaglig rådgivning i forbindelse med planlægning af arealerne kunne også understøttes, eventuelt også økonomisk i form af tilskud.

3.4.13.4. Større sammenhængende arealer med energipil bør planlægges

Hvis der i et område vil være tale om samlet set meget store arealer med energipil (stordrift eller pilelaug), kunne det være en mulighed, at der udarbejdes en mere overordnet plan, der forholder sig til

landskab, mulige miljøeffekter, naturtiltag m.v. Det kunne f.eks. foregå i regi af et pilelaug. Det kunne være i samspil med kommunens eventuelle planer for området, og samtidig kan der opnås stordriftsfordele for de implicerede landmænd.

3.4.13.5. Manglende incitament for samlet indsats med fokus på landskab og planlægning

Det vil primært være den enkelte landmand, der træffer beslutning om, hvorvidt energipil skal være en del af deres produktion ud fra økonomiske betragtninger, muligheden for at finde egnede arealer, natur, jagt og/eller driftsforhold (se afsnit 4.1.3.9.). Mange piledyrkere er organiseret i piledyrkerforeninger/erfagrupper (se afsnit 4.1.3.7.), hvor der er fokus på driftsforhold og afsætning, mens det vurderes, at der er mindre fokus på fælles planlægning med udgangspunkt i placering og landskab.

3.4.13.6. Vær bevidst om de landskabelige konsekvenser ved valg af afgrødetype

Som nævnt i indledningen vil forskellige energiafgrøder påvirke et landskab forskelligt. Man bør derfor være opmærksom på muligheden for at vælge den type af afgrøder, der passer bedst til den konkrete lokalitets forudsætninger, herunder miljøforhold, landskab, jagt, biodiversitet, klima osv. Planter man energipil i landskabeligt sårbare områder, bør man være opmærksom på, hvordan området kan reetableres og dermed vende tilbage til det, der karakteriserer landskabet, når der ikke længere skal dyrkes pil.

3.4.13.7. Øg muligheden for lokal tilpasning

I flere af anbefalingerne er der fokus på at friholde dele af marken for pilebeplantning. Disse områder vil kunne anvendes til arbejdsarealer, lysåbne arealer for dyr eller lignende. Ifølge regler om grundbetaling (afsnit 3.4.3.) må dette areal højst udgøre 20 %. I særlige tilfælde kunne der være behov for mere for at sikre udsigter og skalatilpasning. Hvis der er tale om større arealer – og hvis produktionsforholdene tillader det – kunne et alternativ være at plante mellemliggende arealer med lavere afgrøder.

3.4.13.8. Udvis omhu ved konkret placering og udformning

Nedenfor henvises til en række generelle tiltag vedrørende den konkrete placering og udformning af marker med energipil, der kan imødekomme en uønsket landskabelig påvirkning eller understrege en særlig karakter. Den endelige placering og udformning af pilemarken bør dog altid tage udgangspunkt i forudsætningerne på den konkrete lokalitet, ligesom der kan være forhold, der taler for at tilside-sætte de landskabelige hensyn, måske i en tidsbegrænset periode. Det kan f.eks. være, hvis der er andre formål, der bør fremmes.

- Placer lavt i landskabet
Der bør så vidt muligt plantes lavt i landskabet, så det undgås, at afgrøden bryder horisonten. En undtagelse er dog landskabeligt værdifulde ådale.
- Hold afstand til vej, å og strand
Undgå så vidt muligt at plante tæt på vej, å eller strand, da dette mange steder kan sløre landskabet, skabe dårlige oversigtsforhold eller hindre ønsket adgang.
- Tag udgangspunkt i landskabets bevægelser - terræn, skovbryn, læghegn el. lign.
Landskabets former kan fremhæves ved at følge terrænets højdekoter eller ved at gå på tværs og derved skabe kontrast. Dette gælder særligt ved store og markante terrænspring. Ligeledes kan man følge skovbryn eller læghegn og på denne måde understøtte en eksisterende struktur.

Der kan dog være særlige tilfælde, hvor det bør anbefales at holde afstand til et særligt karakteristisk skovbryn el. lign. Se figur 3.4.5.



Figur 3.4.5. Eksempel fra pileproduktion ved Villerup ved Hjørring. Her følger markens afgræsning i høj grad terrænet og er dermed med til at understrege landskabet.

- Frihold indsigts- eller udsigtslinjer
Hvis der er udsigter eller indsigter, der bør bevares (særlige landskabelige udsigtspunkter, indsigte til kirker, gravhøje el. lign.) bør det overvejes, om det er muligt at tilpasse den konkrete mark. Der kan skabes kiler eller gennemskæringer i beplantningen, der sikrer muligheden for et ubrudt kig, eller marken kan afrundes i et hjørne for at sikre et særligt kig. Se figur. 3.4.6.
- Vis hensyn til naboer

Hold afstand til beboelse og skab variation i kanten. Er der særlige udsigter, bør disse så vidt muligt bevares ved at skabe åbne korridorer gennem marken eller skære kanten.

- Skalaen skal passe sammen

Afpas så vidt muligt markstørrelsen til landskabets skala. I nogle tilfælde vil det betyde, at man med fordel kan tilplante flere små arealer.

- Undgå monotone landskaber

Det bør undgås at tilplante meget store sammenhængende arealer uden at skabe variation i højde og/eller udformning.

- Forskudte høstintervaller

Dette kan skabe variation i oplevelsen og kan samtidig være med til at sikre, at eventuelle udsigter eller særlige karakterer ikke forsvinder permanent.



Figur 3.4.6. Åbninger i beplantningen kan sikre, at det karakteristiske terræn stadig kan opleves.

3.4.14. Konklusioner - landskab

Energipil kan have stor indflydelse på oplevelsen af landskabet, men der kan ikke siges noget definitivt om, hvorvidt særlige landskaber eller steder er uegnede eller for sårbare. Dette kræver en mere detaljeret og faglig vurdering af det konkrete landskab.

Overordnet kan man sige, at de negative landskabelige implikationer er størst i landskaber præget af store terrænspring, særlige udsigter eller værdifulde karakterer. Hertil kommer landskaber med et højt indhold af natur, kulturressourcer, karaktergivende elementer eller med stor menneskelig aktivitet. I disse områder bør man finde alternative placeringer eller have særligt fokus på at imødekomme en negativ påvirkning af landskabet, og der findes en række tiltag og hensyn, der kan afbøde negative

påvirkninger. Dog kan nogle af disse hensyn i større eller mindre grad medføre negative konsekvenser for produktionsforhold og udbytte.

Der bør sættes fokus på, at lodsejere, rådgivere og andre relevante aktører er bekendte med og forstår, hvordan energipil påvirker landskabet. Det kan være via vejledninger, kurser eller mulighed for at inddrage landskabskompetencer ved planlægning af arealerne.

I mere robuste landskaber, der ikke er så sårbare overfor nye elementer, kan plantninger med pil også i større omfang være med til at give et ellers anonymt landskab karakter.

3.4.15. Referencer

Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse, 951 (3. juli 2013).

Bekendtgørelse om direkte støtte til landbrugere efter grundbetalingsordningen, 1544 (16. december 2014).

Bell, S. & McIntosh, E. (2001). Short Rotation Coppice in the Landscape. UKFS Guideline Note, Forestry Commission, UK.

Campbell, S., Frair, J., Gibbs, J. & Volk, T. (2012). Use of short-rotation coppice willow crops by birds and small mammals in central New York. *Department of Environmental and Forest Biology, SUNY College of Environmental Science and Forestry*. New York, USA: Department of Environmental and Forest Biology.

De Økonomiske Råd (2012). Økonomi og Miljø 2012. Vismandsrapport, De økonomiske råd, 2012. <http://www.dors.dk/vismandsrapporter/okonomi-miljo-2012>

Eide, T. (2012). Pil i landskabet – Vejledning og anbefalinger om energipils indpasning i landskabet. SEGES. http://agrotech.dk/sites/agrotech.dk/files/public/uploads/Projects/BioM/vejledning_pil_i_landskabet_kompri_tre.pdf

Friis, K., Reddersen, J. & Petersen, I.K. (1999). Tilplantning af dyrkede marker med energipil, effekt på regnorme fauna. Danmarks Miljøundersøgelser. Flora og Fauna, 105, 71-78.

Jørgensen, U. (2011). Det jordbrugsvidenskabelige fakultet. *Spørgsmål vedrørende udvalgsbehandling af L 158 – Forslag til lov*. Aarhus: Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø. 4. april 2011.

Løbner, R. F. (2015). Vildtstriber langs pilemarker har en positiv effekt på biodiversiteten. Notat, Økologisk Landsforening. http://okologi.dk/media/238086/vildtstriber_langs_pilemarker-1.pdf

Miljøministeriet (2007). Vejledning om landskabet i kommuneplanlægningen. Naturstyrelsen. http://naturstyrelsen.dk/media/nst/Attachments/Vejledningenilandskab_050707b1.pdf

NaturErhvervstyrelsen. (2015). Vejledning om direkte arealstøtte 2015. *Vejledning om direkte arealstøtte 2015. Grundbetaling, grønne krav, ø-støtte og støtte til unge nyetablerede landbrugere*. København: NaturErhvervstyrelsen. http://naturerhverv.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tilskud/Arealtilskud/Direkte_stoette_-_grundbetaling_mm/2015/Vejledning_endelig_udgave_januar_2015.pdf

Primdahl, J. (2009). Flerårige energiafgrøder og landskabet. Flerårige energiafgrøder, offentligt debatmøde, Aarhus Universitet.

Reddersen, J. (2001). Bier og blomster i pileplantager. Dansk BioEnergi, 56, 1819.

Reddersen, J. & Petersen, I. (2004). Energipil som ynglehabitat for fugle i et dansk landbrugslandskab. Dansk Ornithologisk Forenings Tidsskrift, 98, 21-31.

Reddersen, J., Nordvig, K. & Jensen, T.S. (2005). Energipil som habitat for småpattedyr i et blandet dansk landbrugslandskab. Flora og Fauna, 111, 81-90.

Stahlschmidt, P. & Nellemann, V. (2009). Metoder til landskabsanalyse – Kortlægning af stedets karakter og potentiale. Forlaget Grønt Miljø.

Sørensen, P., Waagepetersen, J., Jørgensen, U. & Hasler, B. (2010). Dyrkning af flerårige energiafgrøder. I: Virkemidler til reduktion af N-udvaskningsrisiko, Vol. 1, No. B3. DMU, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet.

3.5. Udfordringer med indirekte arealændringer (iLUC)

Af Michele De Rosa, Marie Trydeman Knudsen og John E. Hermansen

I dette afsnit beskrives, hvordan en omlægning af dyrkningen fra traditionelle afgrøder til dyrkning af energipil potentielt kan medføre indirekte arealændringer andre steder.

Dyrkning af energiafgrøder på landbrugsarealer, der ellers ville have været brugt til fødevareproduktion, har skabt en del debat om klimaeffekterne ved indirekte arealændringer. Debatten blev primært foranlediget af en artikel i Science af Searchinger *et al.* (2008), der satte spørgsmålstegn ved, hvorvidt det var miljømæssigt fordelagtigt at producere ethanol fra majs i USA på landbrugsjord. Searchinger *et al.* (2008) argumenterede for og konkluderede at, i stedet for at reducere drivhusgasemissionerne ved at anvende ethanol fra majs i USA fremfor benzin, så blev emissionerne faktisk øget pga. ændringer i arealanvendelsen andre steder i verden pga. fortsat efterspørgsel på foder og fødevarer, og derved medførte ethanolproduktionen en større udledning af drivhusgasser, end der blev sparet ved den reducerede benzinanvendelse. Searchinger *et al.* (2008) inkluderede de afledte ændringer i arealanvendelsen i sin analyse, dvs. det man kender som indirect land use changes eller blot iLUC.

iLUC-effekten kan defineres som konsekvensen af en udvidelse af landbrugsarealet grundet en stigende global efterspørgsel efter biomasse f.eks. til bioenergi og en deraf følgende udledning af CO₂ pga. arealændringer rundt omkring i verden.

I det følgende beskrives mekanismerne og den politiske diskussion bag iLUC, hvorefter iLUC relateres til dyrkning af energipil.

3.5.1. Beskrivelse af iLUC princippet

Der skelnes mellem to typer af arealændringer: Effekter af direkte arealændringer (dLUC) og effekter af indirekte arealændringer (iLUC).

Direkte arealændringer (dLUC) foregår direkte på det beslaglagte areal forårsaget af ændringer i anvendelsen af arealet, f.eks. hvis en hektar skov ryddes og gentilplantes med en energiafgrøde. De direkte effekter er emissioner af drivhusgasser fra den mængde kulstof, der har været bundet i skovsystemet, som nu bliver frigivet, men kan også være en ændring i f.eks. biodiversitet.

Dyrkning af bioenergiafgrøder på landbrugsarealer, der allerede er dyrket, f.eks. dyrkning af energipil på eksisterende landbrugsjord, kan forårsage en ændring for den biomasse, der tidligere blev produceret på arealet (f.eks. hvede). Eftersom markedet stadig efterspørger den hvede, der tidligere blev dyrket på arealet, så vil beslaglæggelse af arealet typisk forårsage, at landmænd andre steder i verden producerer mere hvede eller andet korn for at dække efterspørgslen efter korn. Denne kornproduktion vil igen beslaglægge jord, der allerede er i brug og erstatte en anden afgrøde, der nu skal dyrkes på en anden jord og kan dermed udløse en domino-effekt. I sidste ende vil efterspørgslen på mere biomasse til energi kræve en biomasseproduktion, der enten kan fås ved at intensivere allerede eksisterende landbrugsjord eller beslaglægge produktionsegnete arealer, der hidtil ikke er blevet brugt hertil, f.eks. primær skov. Dette fænomen kaldes *indirekte arealændringer (iLUC)*. Indirekte arealændringer kan tolkes som en udvidelse af landbrugsproduktionen (fødevarer/foder) til tidligere udyrkede arealer, som f.eks. tørvejord, græsarealer eller skov, forårsaget af dyrkning af ny biomasse. Ligesom

dLUC, så er effekten af iLUC også primært emissioner af drivhusgasser fra den mængde kulstof, der har været bundet i systemet, men hvor effekterne finder sted andre steder i verden og ikke lokalt.

Bekymringen for iLUC-effekter er blevet initieret af en stigende biobrændstofproduktion siden 2000, hvor ethanol begyndte at blive produceret fra sukkerrør i Brasilien og efterfølgende fra majs i USA, primært grundet politiske støtteordninger. Det globale forbrug af biobrændstof blev mere end tredoblet mellem 2005 og 2012, hvilket svarer til 5 % af brændstofforbruget i EU og USA (IEA, 2014). Selvom biobrændstofproduktionen kun er en af flere bidragsydere til arealændringer, så konkluderede Europa-Parlamentet i 2011, at størstedelen af arealændringerne (både direkte og indirekte) i 2020 kunne være forårsaget af biomasseproduktion til biobrændstof (European Parliament, 2011). Brugen af fødevarebaseret biobrændstof fra f.eks. majs og sukkerrør har også givet anledning til bekymring omkring en potentiel stigning i fødevarepriserne (De Schutter, 2014). For at undgå konkurrence med fødevarer, kunne 1. generations biobrændstoffer, som f.eks. biodiesel fra olieafgrøder blive erstattet med 2./3. generations (eller avancerede) biobrændstoffer. Disse er typisk baseret på non-food såsom elefantgræs, pil eller træflis. Ud af EUs mål om 10 % vedvarende energi i transportsektoren, satte Europa-Parlamentet med iLUC-direktivet i april 2015 et loft på 7 % for mængden af fødevarebaserede biobrændstoffer eller andre afgrøder, der dyrkes på landbrugsjord primært med energiformål til transportsektoren (European Parliament, 2015). De resterende 3 % skal komme fra ikke-fødevare-baserede biobrændstoffer, og et ikke-bindende mål om 0,5 % er sat for avancerede biobrændstoffer med lav iLUC-risiko.

3.5.2. Vurdering af risikoen i relation til iLUC ved dyrkning af energipil

Energipil er blevet identificeret som en af de potentielle bæredygtige biomasseafgrøder til bioenergi grundet de høje udbytter, korte høstcyklus og lave tab af næringsstoffer. Energipil er kategoriseret som 2. generations biobrændstof, der ikke konkurrerer direkte med fødevarer, men den kan have en iLUC-effekt. I oktober 2012 foreslog EU-kommissionen at bruge en iLUC-faktor svarende til 0 for afgrøderester og affaldsbiomasse brugt som biobrændstof (European Commission, 2012). Hvis energipil dyrkes på jord, der ikke er egnet til landbrugsproduktion, vil det ikke fortrænge nogen anden produktion og vil teoretisk set ikke have nogen iLUC-effekt. Men da næsten al landbrugsjord i Danmark bliver dyrket, så er potentialet for at udnytte landbrugsarealer, der ikke udnyttes, meget lille. Dyrkning af energipil i Danmark vil derfor som udgangspunkt have en iLUC-effekt. Dog kan man argumentere for, at det ikke vil være relevant at indregne iLUC, hvis dyrkningen af energipil finder sted på arealer, der er underlagt andre restriktioner for at opnå miljømål som f.eks. reduceret nitratudvaskning i særligt nitratfølsomme områder, som ellers skulle braklægges.

Kvantificeringen af iLUC-effekten i form af CO₂-ækvivalenter afhænger af det beslaglagte areal, den tidligere dyrkning og dets evne til at producere en given mængde biomasse samt metoden, der er anvendt til estimeringen. Der er her brugt metoden, der er udviklet af Schmidt *et al.* (2015). Ved denne metode antages, at en øget efterspørgsel efter biomasse imødegås dels ved intensivering af landbrugsarealer i drift og dels fra udvidelse af landbrugsarealet (skovrydning). Produktiviteten af forskellige arealtyper og regioner er inddraget i metoden ved at vægte den årlige produktivitet pr. hektar baseret på Potential Net Primary Productivity (NPP) af arealet (Haberl *et al.*, 2007).

Ifølge denne metode af Schmidt *et al.* (2015) vil beslaglæggelse af 1 hektar gennemsnitlig dyrknings-egnet landbrugsjord i Danmark i et år have en arealændringseffekt, der svarer til 1,9 tons CO₂-

ækvivalenter pr. ha (Schmidt & Muñoz, 2014) eller svarende til 190 g CO₂ pr. beslaglagt m². Resultatet tager hensyn til det højere netto primærproduktivitetspotentiale (NPP) af den danske landbrugsjord (Haberl *et al.*, 2007) sammenlignet med produktionspotentialet af den dyrkningsjord, der skulle til for at dække samme produktion andre steder i verden.

Nguyen & Hermansen (2015) analyserede CO₂-emissionen ved produktion af elektricitet fra elefantgræs (*Miscanthus*) ved forgasning. De fandt, at 1 kWh kunne produceres med en udledning på 26 g CO₂, hvilket kan sammenlignes med 77 g ved forgasning af halm. Samtidig beslaglagde elefantgræs dog 0,46 m² dyrkningsjord pr. kWh produceret. Ved den ovennævnte metode af Schmidt *et al.* (2015) svarer det til en iLUC-effekt på 87 g CO₂ (0,46 m² x 190 g CO₂), og den samlede CO₂-udledning bliver derfor større end ved forgasning af halm. Ikke desto mindre er udledningen selv med inddragelse af iLUC mindre end ved forbrænding af naturgas, der har en udledning på ca. 500 g CO₂ pr. kWh.

Mens iLUC-effekten er generelt anerkendt i litteraturen og i politiske initiativer, er der stor uenighed om størrelsen af iLUC-effekten. Til sammenligning har Audsley *et al.* (2009) estimeret en iLUC-effekt på 1,43 t CO₂-ækvivalenter pr. hektar. I alle tilfælde er den dog af betydelig størrelse og vil påvirke vurderingen af den mulige fordel, der kunne opnås ved anvendelse af biomasse, der beslaglægger dyrkningsjord til bioenergi.

3.5.3. Konklusion

Indirekte arealændringer, iLUC, er et anerkendt men omdiskuteret fænomen indenfor forskningen i bioenergi samt i politiske initiativer. Under alle omstændigheder vil en øget produktion af biomasse til bioenergi globalt set forårsage arealændringer. Kvantificeringen af iLUC er kontroversiel, idet iLUC ikke kan måles direkte, men skal modelleres. iLUC-effekten ved dyrkning af energipil i Danmark er her estimeret til 1,9 tons CO₂-ækvivalenter pr. hektar dyrkningsjord. For at kunne forudsige de samlede miljømæssige effekter ved anvendelse af pil til energiproduktion i Danmark og sammenligne pil med den nuværende energiproduktion og andre former for bioenergi, skal der laves en samlet livscyklusvurdering, hvor iLUC er inddraget i beregningerne. Fordelen ved energiproduktion fra energipil vil da i høj grad afhænge af, at der kan opnås et højt udbytte pr. ha. I den udstrækning energipilen dyrkes på arealer, der af forskellige årsager ellers ikke kan udnyttes effektivt, vil iLUC-effekten være væsentlig mindre end nævnt ovenfor og måske 0 i nogle tilfælde, hvor energipil er den eneste alternative udnyttelse.

3.5.4. Referencer

Audsley, E., Brander, M., Chatterton, J., Murphy-Bokern, D., Webster, C. & Williams, A. (2009). How Low Can We Go? An Assessment of Greenhouse Gas Emissions from the UK Food System and the Scope for to Reduction Them by 2050. Food Climate Research Network (FCRN) and WWF-UK, p. 80.

De Schutter, O. (2014). The transformative potential of the right to food. Report of the Special Rapporteur on the right to food, United Nations General assembly.
http://www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20140310_finalreport_en.pdf

European Commission (2012). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive

2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources.
http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/fuel/docs/com_2012_595_en.pdf

European Parliament (2015). Fuel quality directive and renewable energy directive ***II. P8_TA-PROV(2015)0100. http://www.biofuelstp.eu/downloads/iluc-directive/201504_final_version_iluc_directive_en.pdf

European Parliament (2011). Indirect land use change and biofuels.
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/etudes/join/2011/451495/IPOL-JOIN_ET\(2011\)451495_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/etudes/join/2011/451495/IPOL-JOIN_ET(2011)451495_EN.pdf)

Haberl, H., K. H. Erb, F. Krausmann, V. Gaube, A. Bondeau, C. Plutzer, S. Gingrich, W. Lucht & M. Fischer-Kowalski (2007). "Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (31):12942-12947.

IEA (2014). World Energy Outlook 2014. http://www.oecd-ilibrary.org/energy/world-energy-outlook_20725302

Nguyen, T.L.T. & Hermansen, J.E. (2015). Life cycle environmental performance of miscanthus gasification versus other technologies for electricity production. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 9: 81-94.

Schmidt, J. H. & Muñoz, I. (2014). The carbon footprint of Danish production and consumption: Literature review and model calculations. *Energistytelsen*.
http://vbn.aau.dk/files/196725552/_dk_carbon_footprint_20140305final.pdf

Schmidt, J.H., B. Weidema & M. Brandão (2015). A Framework for Modelling Indirect Land Use Changes in Life Cycle Assessment. *Journal of Cleaner Production*. doi:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.013>.

Schmidt, J. H. & Muñoz, I. (2014). The carbon footprint of Danish production and consumption: Literature review and model calculations. *Energistytelsen*.
http://vbn.aau.dk/files/196725552/_dk_carbon_footprint_20140305final.pdf

Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D. & Yu, T.-H. (2008). Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. *Science* 319 (5867): 1238–1240.

4. KORTLÆGNING AF ERFARINGER MED DYRKNING AF ENERGIPIL, SAMT ANALYSE AF LANDMANDENS INVESTERINGSBESLUTNING, NÅR DER OMLÆGGES FRA TRADITIONELLE AFGRØDER TIL ENERGIPIL

Af Henrik Kruse Rasmussen og Jørgen Pedersen

4.1. Interviews med pileydyrkere

I dette afsnit beskrives resultaterne af en interviewundersøgelse blandt 12 pileydyrkere. Undersøgelsen omfatter en række aspekter såsom motiver for pileydyrking, den anvendte dyrkningspraksis, organisering og afsætning samt opnåede udbytter og økonomisk resultat.

4.1.1. Spørgeskema

Energipil dyrkes kun i et begrænset omfang i Danmark til trods for, at der i en periode har været mulighed for tilskud til etablering og dyrkning. Med henblik på at afdække baggrunden for energipilens begrænsede udbredelse er der i nærværende projekt gennemført interviews med en række udvalgte landmænd om deres erfaringer med dyrkning og afsætning af energipil.

Interviewene er gennemført pr. telefon med udgangspunkt i en spørgeguide. Spørgsmålene i guiden er opdelt i to grupper om henholdsvis dyrkningstiltag og personlige overvejelser vedrørende dyrkning og afsætning af energipil. Spørgsmålene omkring dyrkningstiltag spænder fra forholdene omkring etablering af kulturen, over renholdelse og gødskning til høst, lagring og afsætning. Herunder er der blandt andet spurgt om nøgletal for udbytte, dyrknings- og høstomkostninger samt transport- og salgspriser. I den anden gruppe af spørgsmål omkring personlige overvejelser er der blandt andet spurgt om, hvad der i sin tid var landmandens motivation for at etablere energipil, samt hvilke særlige udfordringer der er ved energipil sammenlignet med andre afgrøder.

Ved interviewene er der i alt stillet 67 spørgsmål om erfaringer med dyrkning af energipil samt baggrunden for landmandens beslutning om at omlægge et areal fra traditionelle afgrøder til energipil. Spørgsmålene og landmændenes besvarelser fremgår af Bilag C.

4.1.2. Udvalgelse af pileydyrkere

De interviewede pileydyrkere er udvalgt således, at de repræsenterer forskellige arealstørrelser med pil, forskellige jordtyper og forskellige geografiske områder af landet. Der er således interviewet pileydyrkere fra henholdsvis Sjælland, Fyn, Sydjylland, Midt- og Vestjylland samt Nordjylland.

Da der er tale om relativt få interviews (12 pileydyrkere), blev det besluttet at gå efter landmænd, der har en professionel tilgang til pileydyrkingen, og som har grebet dyrkingen så hensigtsmæssigt an som muligt. Formålet med interviewene har blandt andet været at afdække potentialet ved dyrkning af energipil i Danmark, og vurderingen var derfor, at det ville være mest interessant at interviewe pileydyrkere, der er bevidste om kravene for at opnå optimalt udbytte (både mht. biomasse og økonomi), og som handler i overensstemmelse hermed.

Rent praktisk blev pileydyrkerne udvalgt med hjælp fra tovholdere for lokale netværk af pileydyrkere hos Agrobi (Sjælland), Patriotisk selskab (Fyn), Sydjysk Pileydyrkerforening, Vestjysk Pileydyrkerforening og Ny Vraa Bioenergy (Nordjylland). De blev bedt om kontaktoplysninger til fem landmænd med erfaring

i piledyrkning, og de blev bedt om at udvælge landmænd, der har en professionel tilgang til piledyrkningen. Desuden blev de bedt om at udvælge dyrkerne, således at der blev opnået en bred repræsentation i forhold til arealstørrelser og jordtyper.

Med baggrund i disse kontaktoplysninger blev der gennemført interview med 12 piledyrkere. De 12 piledyrkere fordeler sig geografisk med 3 piledyrkere på Sjælland, 3 på Fyn, 2 i Sydjylland, 3 i Midt- og Vestjylland og 1 i Nordjylland. Med hensyn til jordtyper er pilearealerne placeret fra JB 2 til JB 7 + husjord, og arealstørrelserne varierer fra 7 til 73 hektar pr. piledyrker. Der er således opnået en god geografisk spredning såvel som en god bredde i jordbundstyper og arealstørrelser.

4.1.3. Resultater af spørgeundersøgelse

4.1.3.1. Valg af areal

2/3 af de interviewede piledyrkere har plantet pil på arealer, der tidligere har givet ringe udbytte og/eller har været vanskelige at køre på. For de resterende piledyrkere har halvdelen plantet hele ejendommen til (god jord), mens resten har foretaget arrondering, dvs. hvor der bl.a. er taget hensyn til at optimere størrelse og form på de øvrige marker på bedriften.

4.1.3.2. Renholdelse

Alle de interviewede har gjort noget for at renholde pilen for ukrudt, men der var ret stor variation i indsatsen. Med hensyn til valg af renholdelsesmetode så fordeler det sig nogenlunde jævnt mellem rent kemisk, rent mekanisk og kombineret mekanisk/kemisk renholdelse.

Effekten af renholdelse har ligesom indsatsen været meget varieret. Lidt over halvdelen havde en god effekt af renholdelse med 25 % ukrudtsdække eller derunder, og kun 1/4 havde en dårlig effekt. Når man ser nærmere på effekterne, så er metoden ikke afgørende, men det er derimod rettidighed og vedholdenhed.

4.1.3.3. Gødskning

Piledyrkerne har valgt forskellige typer af gødning og kombinationer af gødning (slam, husdyrgødning, handelsgødning). Næsten alle har gødsket i et eller andet omfang, men kun en enkelt har gødsket hvert år, mens 1/4 har gødsket 2 gange, og halvdelen har kun gødsket 1 gang pr. høstrotation.

Der kan ikke ses nogen klar effekt af gødskningen, da øvrige forhold som jordbund og renholdelse overskygger en eventuel gødningseffekt.

4.1.3.4. Høstudbytte

Udbytt niveauet i første høst svinger fra 3 til 7 tons tørstof pr. ha pr. år (uvægtet gns. 5,4) mellem avlerne men med udbytter ned til 1,5 tons tørstof pr. ha pr. år på markniveau. Halvdelen af dyrkerne har haft et udbytte på 5 til 7 tons tørstof pr. ha pr. år. 1/3 af piledyrkerne har ikke umiddelbart kunnet svare på, hvilket udbytte de har haft i første høst.

Der er en klar sammenhæng mellem lavt udbytte og dårlig kulturetablering og/eller dårlig effekt af renholdelse, og omvendt er der også en klar tendens til, at en god renholdelse giver et godt udbytte.

I anden eller senere høst har udbyttet svinget fra 4 til 10 tons tørstof pr. ha pr. år (uvægtet gns. 7,3). 1/4 af piledyrkerne har haft et udbytte på ca. 4-6 tons tørstof pr. ha pr. år, og næsten halvdelen har haft et udbytte på ca. 7-10 tons tørstof pr. ha pr. år. 1/3 af piledyrkerne har kun høstet én gang eller har ikke umiddelbart kunnet oplyse udbytt niveauet.

Flere af de interviewede har haft mere end en fordobling af udbyttet fra første til anden høst (de pågældende piledyrkere har dog også slået pilen af i år 1). Arealer med stor udbyttefremgang fra første til anden høst har haft problemer med renholdelse i forbindelse med etablering, men har senere fået styr på ukrudtet. Se også afsnit 4.2.2.1. vedr. tidligere udbytteopgørelser i energipil

4.1.3.5. Lagring

Næsten halvdelen af piledyrkerne har ikke haft problemer med kvaliteten overhovedet. Fælles for disse piledyrkere er, at de enten har leveret flisen direkte til varmeværket efter høst eller har høstet helskud. Alle piledyrkere, som har lagret flisen i markstak over længere tid, har oplevet kvalitetsproblemer i større eller mindre omfang.

Af årsager til problemer nævnes stakkens udformning og højde samt lagerpladsens beskaffenhed. En enkelt piledyrker nævner, at han har oplevet, at pileskuddenes dimension har en betydning for lagringen. Han mener, at pileskud med en lav diameter medfører dårlig lagring af flisen på grund af en høj barkandel.

4.1.3.6. Afsætning

10 ud af de 12 piledyrkere afsætter til varmeværker enten direkte eller gennem en dyrkerforening. 1 afsætter til entreprenør, og 1 afsætter nu til private efter at have prøvet at levere til forskellige værker. Alle de interviewede piledyrkere afsætter flisen til brændsel, og 11 ud af 12 piledyrkere afregnes pr. GJ.

4.1.3.7. Organisering

Der er gennem de sidste 5-10 år blevet etableret en række netværk og sammenslutninger af piledyrkere landet over. Disse netværk er ofte opstået i regi af, eller med udgangspunkt i den lokale landboforening. 3/4 af de interviewede piledyrkere er med i en piledyrkerforening/-klub eller en erfagruppe, mens 1/4 af piledyrkerne står enten helt udenfor eller kun har deltaget lidt. Piledyrkerne har i deres netværk i varierende grad kunnet få rådgivning, videndeling og hjælp til koordinering af plantning, høst og afsætning. Flere nævner, at der fra starten har manglet viden om dyrkning. Det gælder særligt de piledyrkere, der har plantet tidligt (før 2010).

Det nævnes også, at der har manglet viden om afsætning af flisen, og en enkelt piledyrker nævner, at han ikke som forventet har fået hjælp til at indhente tilbud og lave aftaler om afsætning.

4.1.3.8. Nøgletal

Halvdelen af piledyrkerne har ikke kunnet oplyse omkostningerne til høst eller har ikke selv afholdt omkostningerne. Af de resterende piledyrkere har halvdelen haft udgifter på 15-20 kr. pr. rm. til selve høstmaskinen, mens den anden halvdel af dyrkerne har haft udgifter på 30-40 kr. pr. rm.

Høstomkostninger omfatter udover udgifter til selve høstmaskinen ofte også udgifter til frakørsel/intern transport fra høstmaskinen til lagerpladsen samt udgifter til en maskine, der kan skubbe flisen op i en høj og spids stak. Hos godt halvdelen af piledyrkerne kan prisen på frakørsel og opstakning ikke beregnes på grund af manglende eller sammenblandede oplysninger. Hos de resterende piledyrkere svinger prisen fra 6 til 16 kr. pr. rm. Hvor prisen ikke er oplyst direkte, er den beregnet på baggrund af oplysninger om antallet af mandetimer og maskintimer. Timeprisen for en traktor og vogn med fører er sat til 500 kr. Det samme gælder for teleskoplæsser eller lignende til at skubbe stakken op. Hvor både høst og intern transport er blevet oplyst eller har kunnet beregnes, har omkostningerne samlet varieret fra 29 til 56 kr. pr. rm. Det er en difference på 27 kr. pr. rm. Hvis der høstes 100 rm. pr. ha, så svarer det til en forskel i udgifter til høst og intern transport på 2.700 kr. pr. ha eller 900 kr. pr. ha pr. år, hvis høsten fordeles på 3 vækstsæsoner.

Priserne på landevejstransport er vanskelige at sammenligne, da oplysninger herom er opgivet på forskellig vis. Der er dog opgivet 4 sammenlignelige tal, som ligger på 15-35 kr. pr. rm. Prisen for landevejstransport afhænger meget af afstanden til varmegæret, som ikke er oplyst. Det kan derfor ikke ses, om forskel i pris for landevejstransport udelukkende hænger sammen med transportafstand, eller om priserne også varierer i kroner pr. km. pr. kilometer. Variationen i fragtpriis på 20 kr. pr. rm. svarer til en forskel i udgifter til landevejstransport 2.000 kr. pr. ha ved et høstudbytte 100 rm. pr. ha, eller 666 kr. pr. ha pr. år, hvis høsten er fordelt på 3 vækstsæsoner.

Med hensyn til salgsprisen for pileflis, så var der 1/4 af piledyrkerne, som enten ikke husker prisen eller afregnes med en nettopris pr. rm., hvilket ikke er sammenligneligt. De resterende afregnes med en pris, der varierer fra 42 til 48,5 kr. pr. GJ. Forskellen i afregningspris er altså på 6,50 kr. pr. GJ, hvilket svarer til ca. 52 kr. pr. ton frisk flis (50 % vandindhold). Ved et udbytte på 100 rm. pr. ha (svarende til ca. 25 ton frisk flis) vil det svare til en forskel i indtægt ved salg af flis på 1.300 kr. pr. ha eller 433 kr. pr. ha pr. år.

På spørgsmålet om, hvorvidt piledyrkerne har tjent eller tabt på piledyrkning, svarede 1 ved ikke, 5 siger, at de har tjent, 3 svarer, at de har haft større udgifter end indtægter, og 3 siger, at det cirka går i nul. Flere har bemærket, at de forventer at tjene mere i de kommende høstrotationer.

De potentielle gevinster, der er redegjort for i ovenstående (reducerede omkostninger til høst, intern transport, landevejstransport og højere salgspriser), udgør samlet et beløb på 2.000 kr. pr. ha pr. år. Der er dog ikke sammenfald mellem de højeste omkostninger og laveste afregningspriser, så den enkelte piledyrker vil ikke kunne hæve sit resultat med det fulde beløb, men det siger noget om potentialet. Udfordringen er, at transportprisen i høj grad afhænger af afstanden til kunden (varmegæret), som det kan være vanskeligt for piledyrkeren at gøre noget ved. En anden væsentlig faktor er afregningsprisen, som det også kan være vanskeligt for piledyrkeren at ændre på. Tilbage har står så prisen på høst og prisen på intern transport. Det er faktorer, som der kan optimeres på, men dyr høst og høje omkostninger til intern transport hænger ofte sammen med pilekulturens indbyggede logistik, forstået på den måde at en stor og rationelt anlagt pilekultur med gode kørselsforhold og kort afstand til læssepladsen vil være et godt udgangspunkt for at holde høstomkostningerne nede, mens det omvendte gør sig gældende for små ukurante arealer, hvor det er vanskeligt at køre om vinteren, og hvor der er langt til læssepladsen. Det er altså i høj grad i forbindelse med etableringen af pilekulturen, at piledyrkeren har mulighed for at påvirke de fremtidige omkostninger til høst og intern transport. Bortset fra det er der også mulighed for at optimere på høstomkostninger pr. rm. ved at høste på det rigtige tidspunkt og med det rigtige grej, og det vil være interessant at få lavet nogle forsøg, der viser, hvordan man får planlagt høsten, så omkostningerne pr. rm. reduceres mest muligt.

4.1.3.9. Personlige overvejelser om dyrkning af energipil

Motivet for plantning af pil varierer meget, men flere nævner, at det af forskellige årsager var vanskeligt og/eller urentabelt at dyrke andet på arealerne. En del piledyrkere nævner et ønske om at have en let/arbejdseksensiv afgrøde på arealerne som motivation for at plante pil, mens de resterende motiver spænder fra økonomiske overvejelser over natur- og miljøhensyn til et ønske om at prøve noget nyt og arbejdsbyrdens tidsmæssige placering.

Ingen af de adspurgte piledyrkere har fortrudt etablering af pil, men næsten halvdelen ville dog ikke have gjort det samme i dag. 2 af de interviewede nævner, at de ville have ventet, så de kunne have brugt pilen som efterafgrøde, og 2 nævner, at de ville have valgt poppel i stedet for pil, hvis de skulle træffe beslutningen i dag. Næsten halvdelen nævner, at økonomien er for ringe og ringere end forventet, men ingen af de adspurgte overvejer at rydde deres pileareal.

På spørgsmålet om hvorvidt der er gode ting ved energipil sammenlignet med andre afgrøder, nævner over halvdelen jagt og natur, mens 1/3 nævner arbejdsmængden/arbejdsbyrdens tidsmæssige placering. På spørgsmålet om hvorvidt der er dårlige ting ved energipil sammenlignet med andre afgrøder, nævner over halvdelen dårlig økonomi/usikkerhed omkring afsætning, mens 1/3 nævner pilerødder i dræn. 2/3 nævner ukrudtsbekæmpelse som en særlig udfordring, og halvdelen nævner vanskelige kørselsforhold i forbindelse med høst om vinteren.

4.1.4. Konklusioner

Interviewene viser, at økonomien i piledyrkning hos de fleste af de adspurgte piledyrkere er dårlig og ringere, end piledyrkerne havde forventet. Samtidig ses det dog også, at der er store variationer i udbytniveauer, omkostninger og indtægter. Der er altså potentielle gevinster at hente, som kan være med til at forbedre økonomien for piledyrkerne.

Der er relativt store udsving i salgspriser og omkostninger til landevejstransport blandt de adspurgte piledyrkere. Disse udsving hænger dog i høj grad sammen med efterspørgslen på pileflis i lokalområdet, og det er derfor potentielle gevinster, som det vil være vanskeligt for piledyrkeren selv at realisere.

I forhold til høstomkostninger og udgifter til intern transport er der også potentielle gevinster at hente, og disse faktorer har piledyrkeren i højere grad selv indflydelse på. Det er dog hovedsageligt i forbindelse med etableringen af pilekulturen, at piledyrkeren har mulighed for at påvirke de fremtidige omkostninger til høst og intern transport. En stor og rationelt anlagt pilekultur med gode kørselsforhold og kort afstand til læssepladsen vil være et godt udgangspunkt for at holde høstomkostningerne nede. Der er imidlertid også en række andre forhold, som er afgørende for valg af areal, og som kan være i strid med valg af det optimale areal set i forhold til driftsomkostninger.

Ikke overraskende viser piledyrkernes svar, at jordbundsforholdene har betydning for høstudbyttet, således at der høstes bedre udbytter på de gode jorde. Effekten af renholdelse er endnu mere entydig, da et højt ukrudtsdække giver ringere udbytte. Der kan ikke ses nogen klar effekt af gødskningen, da øvrige forhold som jordbund og renholdelse overskygger en eventuel effekt.

Alle piledyrkere, som har lagret flisen i markstak over længere tid, har oplevet kvalitetsproblemer i større eller mindre omfang. Det ser ud til, at de interviewede piledyrkere selv har gjort sig nogle erfaringer, som kan være med til at løse kvalitetsproblemerne, men det er et område, hvor der generelt kunne være behov for mere viden.

Motivet for plantning af pil varierer meget, men flere nævner, at det af forskellige årsager var vanskeligt og/eller urentabelt at dyrke andet på arealerne. Det slår også igennem i forhold til spørgsmål om arealernes udbytniveau og arrondering i forhold til ejendommen generelt, hvor hovedparten svarer, at det er arealer under gennemsnit, der er plantet til.

De fleste af de adspurgte piledyrkere har haft et flersidigt motiv til at etablere energipil, hvor de udover et ønske om en rentabel produktion på arealerne også har kunnet se nogle andre fordele ved at plante energipil. Det nævnes blandt andet, at det er en arbejdsintensiv afgrøde, arbejdsbyrdens tidsmæssige placering, samt natur- og miljøhensyn. Ingen af de adspurgte har fortrudt etablering af pil og ingen overvejer at rydde deres pileareal.

4.2. Økonomien i pileydyrkning – budgetkalkuler

Af Søren Ugilt Larsen & Karen Jørgensen

I dette afsnit beskrives analyser af driftsøkonomien ved pileydyrkning, og det beskrives, hvilke faktorer der er af særlig stor betydning for driftsøkonomien. Driftsøkonomien for pileydyrkning sammenholdes med økonomien for alternative afgrøder, og behovet for økonomisk støtte for at sidestille pileydyrkning med dyrkning af andre afgrøder belyses.

4.2.1. Budgetkalkuler for dyrkning af energipil

Driftsøkonomien ved dyrkning af flerårige energiafgrøder som energipil adskiller sig fra dyrkning af etårige afgrøder bl.a. ved den længere tidshorisont, og at der er en betydelig tidsmæssig forskydning af udgifter og indtægter. For at tage højde for dette tidsaspekt er der udviklet en budgetkalkule for energipil, som omregner de enkelte års indtægter og omkostninger til nutidsværdi og gennemsnitlige årlige dækningsbidrag. Principperne i budgetkalkulen er beskrevet i Larsen (2014) og Larsen & Mægaard (2010). Der er udviklet to separate budgetkalkuler for pileydyrkning hhv. med høst med finsnit-ter (direkte høst med flisning i samme arbejdsgang) og høst med helskudshøster (med efterfølgende senere flisning) (se afsnit 2.2.2.6. om høstmetode og lagring). Dyrkning med direkte høst med flisning er det mest udbredte dyrkningssystem, og derfor vil de efterfølgende analyser blive baseret på denne kalkule. Bortset fra høstmetoden er der i øvrigt store ligheder mellem de to systemer.

4.2.1.1. Forudsætninger i basiskalkule for pileydyrkning

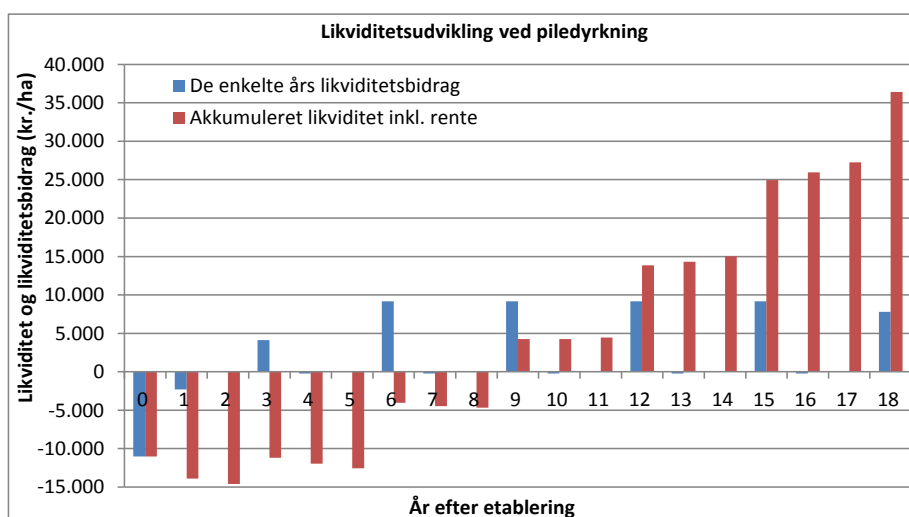
I forbindelse med nærværende projekt er budgetkalkulen opdateret i august-september 2015 via indsamling af gældende priser for pileflis samt diverse omkostningsposter. Priser er indsamlet fra bl.a. pile-edyrkere (bl.a. via interviews der er beskrevet i afsnit 4.1.), entreprenører, vognmænd m.fl. samt fra portalen www.FarmtalOnline.dk. Ud fra de indsamlede oplysninger er der lavet en 'basiskalkule' med formodede værdier for pileydyrkning ved god dyrkningspraksis på en jord med relativt god vandforsyning. Forudsætningerne er vist i tabel 4.2.1.

Tabel 4.2.1. Forudsætninger for basiskalkulen for pileydyrkning med direkte høst med flisning, opdateret september 2015.

Faktor	Forudsætning
Høstudbytte, første høst (ekskl. første vækstsæson, hvor udbyttet er sat til 0)	8 tons tørstof pr. ha pr. år
Høstudbytte, anden og senere høst	10 tons tørstof pr. ha pr. år
Kulturens levetid	18 år
Salgspris	44 kr. pr. GJ
Energiindhold ved 50 % vandindhold	8,03 GJ pr. ton råvare
Høstomkostninger	30 kr. pr. rm.
Transportafstand	30 km
Udgifter til transport	20,31 kr. pr. rm.

Endvidere er det antaget, at der gøres de nødvendige dyrkningsmæssige tiltag for at sikre et fornuftigt udbytte, herunder gentagen ukrudtsbekæmpelse samt gødskning med handelsgødning i 2. vækstsæson samt i år efter høst (hhv. 120, 15 og 50 kg N, P og K pr. ha pr. høstrotation).

I figur 4.2.1 er der vist de enkelte års likviditetsbidrag samt den akkumulerede likviditet ved pileydyrkning under de nævnte forudsætninger i basiskalkulen. På grund af den betydelige etableringsomkostning i starten samt de 'forsinkede' indtægter fra høst opnås der først en positiv likviditet i 9. år. Det gennemsnitlige årlige dækningsbidrag (DB2) i nutidsværdi kan sammenlignes direkte med dækningsbidraget for alternative etårige afgrøder, og for basiskalkulen er dette dækningsbidrag på 906 kr. pr. ha pr. år.



Figur 4.2.1. Likviditetsudvikling ved pileydyrkning med direkte høst med flisning. Baseret på basiskalkulen, opdateret september 2015.

4.2.2. Væsentlige faktorer for økonomien ved dyrkning af energipil

Fra praksis er det velkendt, at der er betydelige variation fra pilemark til pilemark både mht. frugtbarhed og dyrkningspraksis og dermed også mht. udbytte og driftsøkonomi (se afsnit 4.1. med interviews af piledyrkere). Basiskalkulen for dyrkning af pil skal derfor primært opfattes som et redskab, der skal tilpasses de specifikke forudsætninger, men som også kan bruges til at illustrere, hvilke faktorer der er af særlig betydning for driftsøkonomien. I Larsen & Mægaard (2010) er der lavet omfattende analyser af, hvordan en række faktorer principielt påvirker driftsøkonomien, og i Larsen *et al.* (2012) er det desuden drøftet, hvilke faktorer der især har betydning for landmandens beslutning om evt. at dyrke pil. Selvom der er sket mindre justeringer af prisforhold m.m. siden udarbejdelsen af de nævnte rapporter, så vurderes de grundlæggende forhold og konklusioner i vid udstrækning fortsat at være gældende. Nedenfor fokuseres der derfor på de særligt vigtige faktorer, som belyses ud fra opdaterede prisforudsætninger.

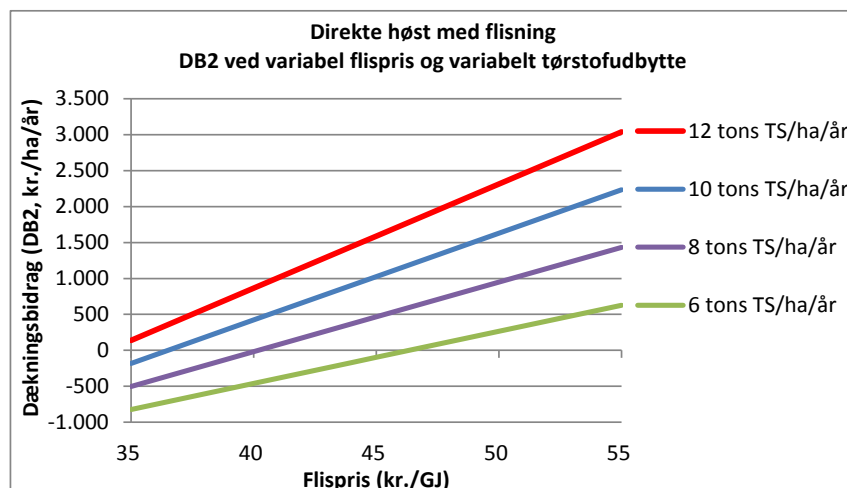
4.2.2.1. Væsentligste faktorer for indtægter ved dyrkning af energipil

På indtægtssiden er udbytte og afregningspris de to helt afgørende faktorer ved piledyrkning. Figur 4.2.2 illustrerer, hvordan dækningsbidraget øges, når afregningsprisen pr. GJ stiger, og når udbyttet pr. ha stiger. Høj afregningspris kan i nogen grad kompensere for lavt udbytte og vice versa, men for at få et konkurrencedygtigt dækningsbidrag pr. ha er det nødvendigt med fornuftige niveauer af både udbytte og afregningspris. En gennemgang af 37 studier af økonomien ved dyrkning af 'short rotation coppice' (SRC, generelt udtryk for dyrkning af træarter med kort høstinterval og genvækst, ofte pil og poppel) konkluderer også, at rentabiliteten af dyrkningen er mest følsom overfor prisen og udbyttet (Hauk *et al.*, 2014). Flere andre undersøgelser påpeger ligeledes, at biomasseudbyttet er en afgørende faktor for rentabilitet ved piledyrkning (f.eks. Heaton *et al.*, 1999; Rosenqvist & Dawson, 2005; Buchholz & Volk, 2011; McKenney *et al.*, 2011).

Der er i årene 2010-2014 indsamlet udbytter fra danske pilemarker, som er høstet i den foregående vinter (Oversigt over Landsforsøgene, 2010-2014). Gennemsnitsudbytterne har været i størrelsesordenen 4-5 tons tørstof pr. ha pr. år i de første års dataindsamlinger (Oversigt over Landsforsøgene, 2010-2013) men på ca. 8 tons tørstof pr. ha pr. år i den seneste indsamling (Oversigt over Landsforsøgene, 2014). I alle dataindsamlingerne har der dog været meget stor variation i udbytterne med laveste udbytter på 1-3 tons og højeste udbytter på 10-17 tons tørstof pr. ha pr. år. Spændvidden i disse udbyttelniveauer svarer godt til de udbytter, der indsamlet ved interviewundersøgelsen i nærværende projekt (se afsnit 4.1.4.4).

I Sverige er der indsamlet udbyttedata fra et stort antal pilemarker, og der er generelt opnået lave udbytter (data for årene 1986-2005) med gennemsnitsudbytter på 2,6, 4,2 og 4,5 tons tørstof pr. ha pr. år i hhv. 1., 2. og 3. høstrotation, men også med en del marker med højere udbytter, som ikke fremgår af gennemsnitstallene (Mola-Yudego & Aronsson, 2008). En analyse af årsager til de generelt lave udbytter i Sverige påpeger 3 hovedårsager (Dimitriou *et al.*, 2011): 1) Lille dyrkningsmæssig indsats (begrænset ukrudtsbekæmpelse og gødskning, manglende erfaring og dermed fejltagelser), 2) valg af areal (generelt marginaljord, små marker), 3) landmandens personlige involvering (stort etableringstilskud men begrænset engagement for at opnå højt udbytte).

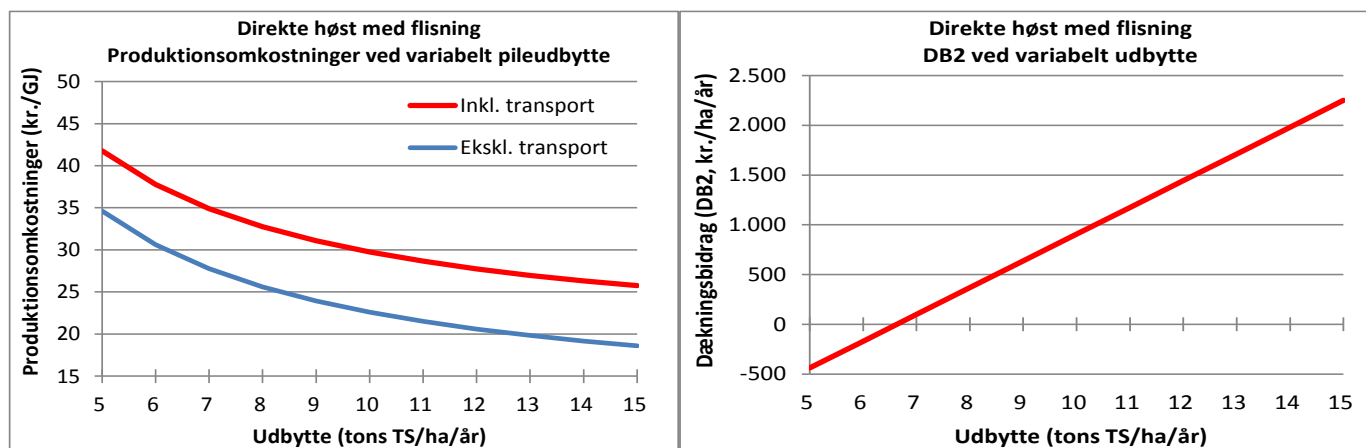
Med disse hidtidige pileudbytter opnået i Danmark og Sverige er det tydeligt, at dyrkningen for en del markers vedkommende formodentlig ikke vil være rentabel, hvis der ikke indregnes tilskud til etablering og drift – også selvom omkostningsniveauet måtte være meget lavt (f.eks. ingen gødskning og minimal ukrudtsbekæmpelse). For pilemarkerne med de højeste udbytter vil dyrkningen formodentlig være rentabel, men som en gennemsnitsbetragtning er der generelt behov for et højere udbyttelniveau for at give en rentabel pileproduktion.



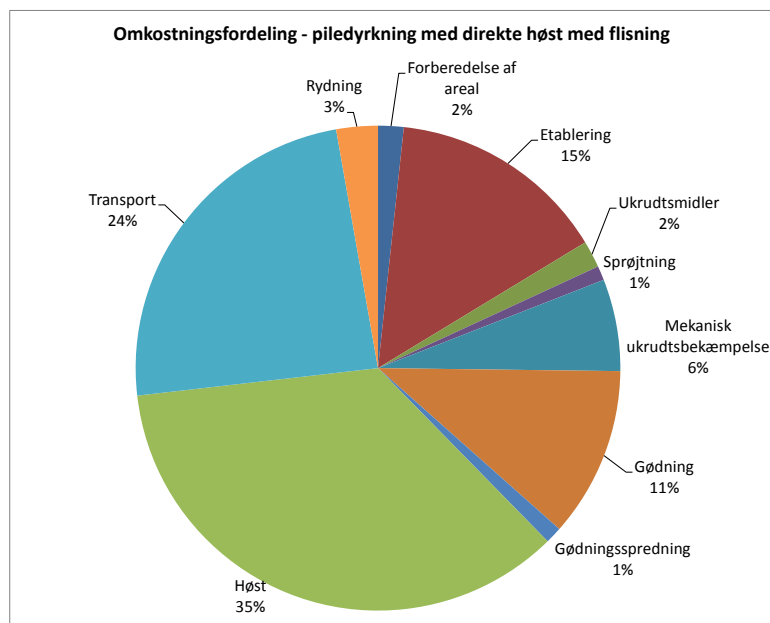
Figur 4.2.2. Sammenhæng mellem flispris og dækningsbidrag ved piledyrkning med forskellige niveauer af årligt tørstofudbytte. Baseret på basiskalkulen, opdateret september 2015.

4.2.2.2. Grundomkostninger og omkostningsfordeling ved dyrkning af energipil

Ved piledyrkning er der forskellige grundomkostninger som f.eks. etablering, og da grundomkostningerne skal fordeles på det samlede udbytte, er det naturligvis fordelagtig med et stort udbytte. Figur 4.2.3 viser, hvordan produktionsomkostningerne pr. GJ er særligt store ved lave tørstofudbytter, og et højt udbytte giver derfor større chance for at kunne levere prismæssigt konkurrencedygtig pileflis og for at kunne opnå et godt dækningsbidrag. Både ud fra et energimæssigt og et økonomisk synspunkt er det derfor vigtigt at tilstræbe et højt pileudbytte pr. ha – dog stadig under forudsætning af, at det høje udbytte kan opnås uden for store meromkostninger.



Figur 4.2.3. Sammenhæng mellem årligt tørstofudbytte og produktionsomkostninger pr. GJ (t.v.) og dækningsbidrag pr. ha (t.h.) ved piledyrkning med høst med direkte flisning. Baseret på basiskalkulen, opdateret september 2015.



Figur 4.2.4. Omkostningsfordeling ved piledyrkning med direkte høst med flisning. Baseret på basis-kalkulen, opdateret september 2015.

Omkostningsfordelingen ved dyrkning af pil er illustreret i figur 4.2.4. Nedenfor gennemgås de væsentligste omkostningsposter.

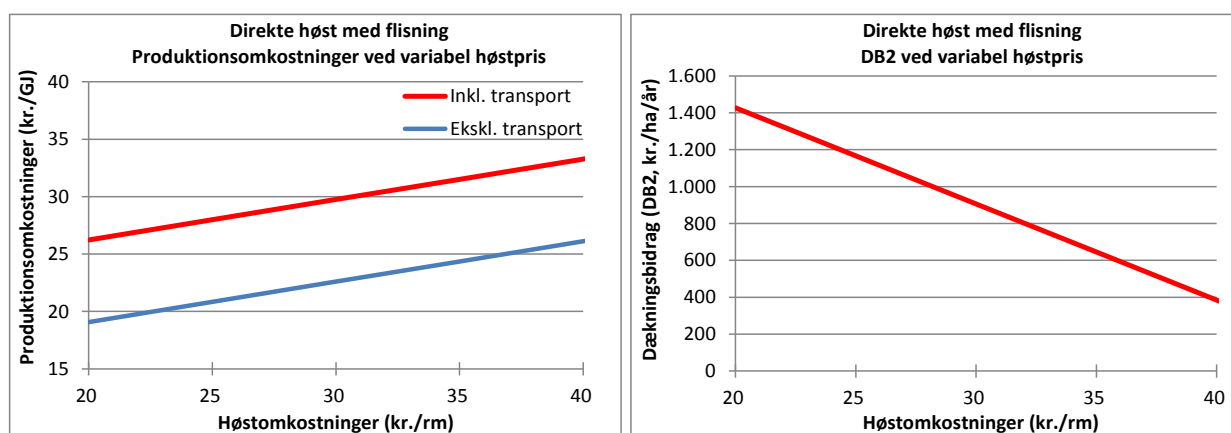
4.2.2.3. Omkostninger til høst og marktransport

Omkostningerne til høst og marktransport er den største post og udgør i størrelsesordenen en tredjedel af de samlede omkostninger (figur 4.2.4). I udenlandske undersøgelser er omkostningen til høst og marktransport tilsvarende opgjort til at udgøre 34 % (Rosenqvist & Dawson, 2005) og 32 % (Buchholz & Volk, 2011) af de samlede omkostninger. I et review af en række undersøgelser udgjorde høst og marktransport i gennemsnit 27 og 34 % af de samlede omkostninger hhv. med og uden indregning af jordleje, men med meget store variationer i prisen (Hauk *et al.*, 2014). Omkostningen for høst med direkte flisning varierer meget betragteligt også under danske forhold med priser fra omtrent 20 kr. til over 40 kr. pr. rm. og endda over 50 kr. pr. rm. (se også afsnit 4.1.4.8. om nøgletal for piledyrkning), og dette spænd har meget stor indflydelse både på produktionsprisen pr. GJ og på dækningsbidraget (figur 4.2.5).

En belgisk sammenligning af direkte høst med flisning og helskudshøst af pil og poppel viste, at helskudshøst tager længere tid og er dyrere pr. ha, men til gengæld er der væsentligt mindre tab af biomasse ved høsten (Berhongaray *et al.*, 2013). For helskudshøst kommer der desuden en ekstra omkostning til flisning af helskuddene efter tørring. Derved bliver de samlede omkostninger ved helskudshøst og flisning noget større, hvilket iflg. de danske budgetkalkuler medfører et lavere dækningsbidrag for piledyrkning med helskudshøst (en difference på ca. 900 kr. pr. ha pr. år ved samme flispris). Til gengæld synes det i nogle tilfælde muligt at opnå en lidt højere pris pr. GJ for pileflis fra helskudshøst selv efter korrektion for vandindhold, formodentlig pga. det lavere vandindhold og muligheden for at lave en mere grov flis, hvilket kan gøre flisen egnet til brug i andre typer af kedler. En højere afregningspris kan derfor i nogen udstrækning modsvare de højere omkostninger ved helskudshøst, men prisen skal være 6-7 kr. højere pr. GJ, hvis der skal opnås samme dækningsbidrag som ved direkte høst og flisning.

Variationen i høstomkostningerne kan bl.a. hænge sammen med, om marken har en tilstrækkelig størrelse og hensigtsmæssig form, hvor meget marktransport der er fra høstmaskinen til fast vej, og

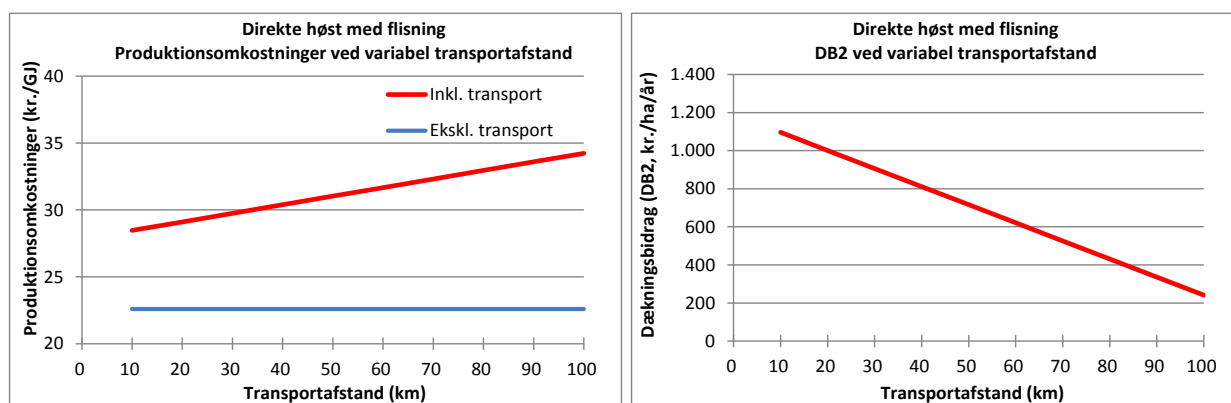
om frakørselskapaciteten er tilpasset i forhold til høstmaskinens kapacitet, så høstmaskinen kan køre så stor en del af tiden som muligt. Desuden kan det være fordyrende for høsten, hvis pilen enten er for kraftig eller for svag i forhold til høstmaskinens optimum. Derudover kan høstintervallet i sig selv have en effekt på udbyttet i pil; høst hvert år har i flere forsøg givet lavere udbytte end høst med 2-4 års mellemrum, mens det er mindre klart, om det er optimalt at høste hvert 2., 3. eller 4. år (Larsen *et al.*, 2014c). Så længe pileskuddene ikke er for kraftige til den anvendte type høstmaskine, så vurderes det i en udenlandsk undersøgelse at være mere profitabelt med længere høstrotationer (Buchholz & Volk, 2011). Der vurderes at være muligheder for at reducere høstomkostningerne pr. rm. ved at have tilstrækkeligt store og regulære marker, som høstes, når udbyttet passer til den anvendte høstmaskine, og der sikres en effektiv logistik bl.a. ved frakørsel fra høstmaskinen (se også afsnit 4.1.4.).



Figur 4.2.5. Sammenhæng mellem høstomkostninger og produktionsomkostninger pr. GJ (t.v.) og dækningsbidrag (t.h.) ved pileydrkning med høst med direkte flisning. Baseret på basiskalkulen, opdateret september 2015.

4.2.2.4. Omkostninger til transport

Transportomkostningen er selvsagt afhængig af transportafstanden, men ofte vil transport være en stor post, som kan udgøre en fjerdedel eller mere af de samlede omkostninger, hvis transportafstanden er 30 km eller større (figur 4.2.4). Produktionsomkostningerne stiger direkte med øget transportafstand, mens dækningsbidraget falder tilsvarende (figur 4.2.6). Afsætning af pileflis til en nærvæd beliggende aftager vil derfor kunne forbedre driftsøkonomien ved pileydrkning betragteligt.



Figur 4.2.6. Sammenhæng mellem transportafstand og produktionsomkostninger pr. GJ (t.v.) og dækningsbidrag pr. ha (t.h.) ved pileydrkning med høst med direkte flisning. Baseret på basiskalkulen, opdateret september 2015.

4.2.2.5. Omkostninger til etablering

Etablering udgør omtrent 15 % af de samlede omkostninger (figur 4.2.4), og det vurderes ikke umiddelbart muligt at reducere denne post i væsentlig grad. Det er vigtigt, at etableringen foregår omhyggeligt og med kvalitetsmateriale, således at der opnås en god etablering. Det er også væsentligt, at der plantes velafprøvede, højtydende pilekloner, da der kan være betydelig forskel i udbyttet mellem kloner. Danske klonforsøg har vist op til 36 % lavere udbytte af den dårligste klon sammenlignet med den bedste klon i forsøgene (Larsen *et al.*, 2014a), og da det koster det samme at plante og dyrke de forskellige kloner, kan valg af gode kloner derfor have betydelig positiv effekt på driftsøkonomien (Larsen *et al.*, 2014b).

4.2.2.6. Omkostninger til gødskning

Gødskning kan også være blandt de større omkostningsposter, og i basiskalkulen udgør gødskning 11 % af de samlede omkostninger (figur 4.2.4). Omkostningerne til gødskning vil dog afhænge meget af, om der anvendes handelsgødning, eller der anvendes husdyrgødning eller slam, som under nogle forhold kan reducere udgiften meget. Udover gødningsprisen så er rentabiliteten ved gødskning også påvirket af udbytteeffekten (dvs. ekstra udbytte pr. kg tilført gødning) og af flisprisen. Nyere svenske forsøg med gødskning af pil har vist store merudbytter ved gødskning (Aronsson *et al.*, 2014). I undersøgelsen vurderedes det, at det i en hel del tilfælde vil være rentabelt med gødskning af pil af højtydende pilekloner, men det var ikke altid økonomisk optimalt med den mest intensive gødskning. En anden svensk undersøgelse viser, at det økonomiske udbytte ved pileydrkning er for lavt ved anvendelse af handelsgødning, hvorimod der ved udvanding af spildevand i pilen kan nås rentabel dyrkning, hvis pileydrkeren kompenseres for den sparede omkostning til spildevandsrensning (Corato *et al.*, 2013). Anvendelse af spildevand i pil kan derfor have nogle særlige fordele men vil også ofte kræve en større investering i forbindelse med etablering af udvandingssystemer (se også afsnit 3.1.1.6. om pil i forbindelse med fyto remediering).

En væsentlig udfordring ved at give generelle anbefalinger for gødskning af pil er, at udbytteeffekten af gødskning varierer meget mellem forskellige undersøgelser. Det er derfor stærkt ønskeligt med større viden om udbytteeffekt af gødskning af pil under forskellige forhold, bl.a. på forskellige jordtyper.

4.2.2.7. Øvrige omkostninger og rationaliseringsmuligheder

Endelig er der en række mindre omkostningsposter, som formodentlig kun kan minimeres i begrænset omfang. Specielt for ukrudtsbekæmpelse er det nødvendigt med en grundig indsats, især i etableringsfasen. Svenske forsøg har vist, at manglende ukrudtsbekæmpelse i etableringsfasen kan betyde op til 57 % plantedød og op til 94 % udbyttetab i løbet af de første tre år (Albertsson *et al.*, 2014). Der mangler desværre viden om, hvor stort et behov for ukrudtsbekæmpelse der er senere i en pilekulturs levetid, og hvor stor effekt forskellige former for ukrudtsbekæmpelse har (Larsen *et al.*, 2015). Denne viden er afgørende for at kunne give anbefalinger om økonomisk optimal ukrudtsbekæmpelse.

Det er i en polsk undersøgelse påpeget, at et øget areal med pil vil medføre en større udbredelse af f.eks. høstmaskiner, og at stordriftsfordele og videreudvikling af teknologi vil kunne reducere produktionsomkostningerne for pileflis (Krasuska & Rosenqvist, 2012). F.eks. vurderes det muligt at reducere omkostningerne med 9 %, hvis der opnås et pileareal på over 100.000 ha i Polen, og med 29 % hvis der indregnes den kombinerede effekt af stordrift og teknologiudvikling. I Danmark og Sverige er der allerede opnået nogle stordriftsfordele i forbindelse med plantning og høst af pil, hvorved omkostningerne til plantning og høst udgør en lavere andel af de samlede omkostninger sammenlignet med en række andre lande (Kasmioui & Ceulemans, 2012). For danske forhold vurderes det i nærværende projekt, at der fortsat vil kunne forventes en gevinst i form af lavere omkostningsniveauer ved større udbredelse af pil og teknologiudvikling. Vigtigst er dog nok, at pilen plantes hensigtsmæssigt (jf. afsnit

4.1.4.), og at piledyrkerne får så stor erfaring med afgrøden, at udbytterne kan optimeres til det niveau, som forsøg viser er muligt.

4.2.3. Scenarier for dyrkning af pil vs. andre afgrøder

4.2.3.1. Dækningsbidrag for pil kontra andre afgrøder på forskellige jordtyper

Udbredelsen af pil som en "landbrugsafgrøde" vil bl.a. afhænge af, i hvilket omfang pilen kan konkurrere med andre landbrugsafgrøder. For de landmænd, der er interesserede i at dyrke pil på større arealer, vil beslutningen om et skift i afgrødetype være baseret på, om det er en god forretning. Det vil sige, at dyrkning af pil på den givne mark skal give et bedre økonomisk resultat for den enkelte landmand end en alternativ anvendelse af marken. Alternativet til at dyrke pil vil bl.a. afhænge af, hvor egnet marken er til dyrkning af andre afgrøder såsom korn eller andre etårige afgrøder, og hvor stor indtjeningen kan være ved dyrkning af disse afgrøder.

Ved dyrkning af pil kan der opnås grundbetaling svarende til ca. 1.900 kr. pr. ha, ligesom pil (lavskov) kan medregnes som miljøfokusområde med en vægtning på 0,3. Det betyder, at 1 ha lavskov kan medregnes som 0,3 ha miljøfokusområde. For at kunne modtage grundbetaling er der visse krav til plantearter og antal planter pr. ha, jf. Vejledning om direkte arealstøtte 2015 (NaturErhvervsstyrelsen, 2015). (se også afsnit 3.4.4. om regler for grundbetaling m.m.)

Interviews af piledyrkere (afsnit 4.1.) viser, at der er meget stor forskel i udbytterne ved piledyrkingen. Arealer med et højt pileudbytte giver i de fleste tilfælde også et højt udbytte ved f.eks. korn- eller majsdyrking. Visse jordtyper som lavbundsjord med en god vandforsyning eller sandjord med høj grundvandstand kan imidlertid være relativt bedre egnede til pil end til etårige afgrøder. Disse jordtyper, der ofte betragtes som marginaljord, kan dermed opnå en bedre udnyttelse ved dyrkning af energipil.

For at kunne sammenligne indtjeningen fra dyrkning af f.eks. hvede, byg eller frøgræsafgrøder og en pilekultur er der udarbejdet en basiskalkule for energipil ud fra de tilgængelige erfaringer, bl.a. interviews med piledyrkere. De forudsætninger, der ligger til grund for beregningerne, er vist i tabel 4.2.1.

Dækningsbidraget efter maskinomkostninger (DB2) er ud fra oplysningerne i tabel 4.2.1. beregnet til en gennemsnitlig nutidsværdi på 906 kr. pr. ha pr. år. Sammenlignes der med det forventede dækningsbidrag for 2016 for andre konventionelle landbrugsafgrøder, viser det sig, at piledyrkingen har det svært i forhold til bl.a. hvede og græsfrø ved dyrkning på de bedste jordbundstyper, i dette tilfælde lerjord (JB 5-6), jf. tabel 4.2.2.

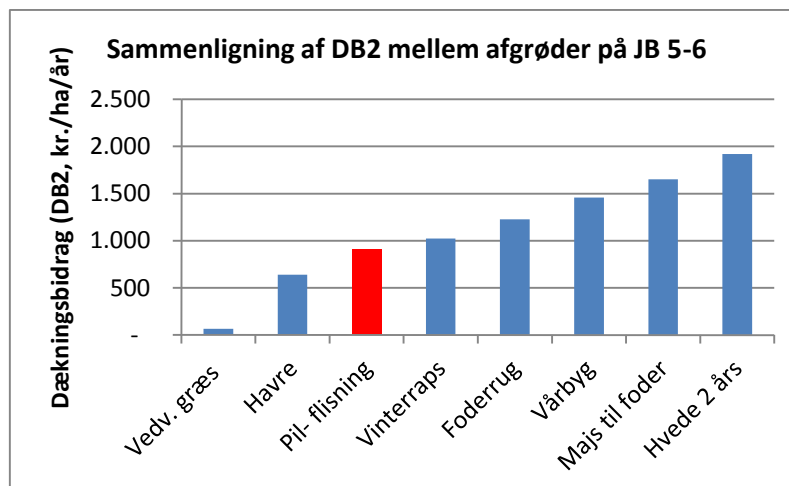
Tabel 4.2.2. Oversigt og dækningsbidrag (DB2) 2016, kr. pr. ha, for landbrugsafgrøder ved dyrkning på forskellige jordtyper. Baseret på Budgetkalkuler, SEGES, september 2015, dvs. med aktuelle kornpriser. www.farmtal.dk. For pil er høstudbyttet ved første og efterfølgende høst sat til hhv. 4 og 7 tons tørstof pr. ha pr. år på JB 1-3 og hhv. 8 og 10 tons tørstof pr. ha på JB 5-6.

Afgrøde	Afregningspris	Jordtype		
		JB 1-3	JB 1-4 vanding	JB 5-6
		Sandjord	Sandjord	Lerjord
Pil, direkte flisning	44 kr. pr. GJ	27	- ¹⁾	906
Vårbyg	110 kr. pr. hkg	-286	-1.036	1.459
Hvede 2-års	110 kr. pr. hkg	-854	-1.294	1.921
Havre ²⁾	100 kr. pr. hkg	-475	-1.350	639
Foderrug	100 kr. pr. hkg	-825	-1.937	1.228
Vinterraps	250 kr. pr. hkg	-1.213	-1.692	1.023
Rødsvingel til frø	900 kr. pr. hkg	-	4.747	8.944
Majs til foder	1,01 kr. pr. FEN	903	-149	1.652
Vedvarende græs til foder	1,17 kr. pr. FEN	-41	-2.081	67

¹⁾ På nuværende tidspunkt vurderes der ikke at være tilstrækkelige oplysninger om, hvilket udbytte der kan forventes i pil ved vanding på sandjord. Derfor er det ikke foretaget en beregning for denne jordbundstype.

²⁾ Høstudbytte på 5.700 kg pr. ha ved JB 5-6.

I figur 4.2.7 ses afgrøderne rangordnet efter DB2 ved dyrkning på lerjord. Ved en prioritering mellem afgrøderne er frøgræsafgrøde alt andet lige den afgrøde, der har det højeste DB2. Det skal dog i denne sammenhæng bemærkes, at frøgræsafgrøder dyrkes som en kontraktafgrøde, hvilket betyder, at landmanden ikke umiddelbart kan påbegynde dyrkning af afgrøden, da han ikke kan sælge frøet uden først at have indgået aftale med et af salgsselskaberne. Derfor er denne afgrøde ikke med i den sorterede oversigt.



Figur 4.2.7. Sammenligning af DB2 mellem afgrøder ved dyrkning på JB 5-6. Baseret på budgetkalkule, SEGES, opdateret september 2015 samt basiskalkulen for pile dyrkning med høst med direkte flisning, opdateret september 2015.

På såkaldt mager jord, dvs. sandjord med JB 1-3, giver alle kornafgrøderne et negativt DB2, dog undtaget majs til foder. Alt andet lige betyder det, at pil er økonomisk konkurrencedygtig i forhold til de mest traditionelle kornafgrøder ved forholdsvis lave kornpriser på 100-110 kr. pr. hkg. Dette forudsætter dog, at der ved pile dyrkning opnås de antagne udbytter, og i praksis er dette langt fra tilfældet (jf. afsnit 4.1 og 4.2.2.1.). Forudsætningen for de viste afgrøderelationer er således, at der er tale om en god dyrkningspraksis, som udnytter pilens udbyttepotentiale på den givne jordtype. Interviews med pile dyrkere har vist, at avlerne typisk havde plantet pil på de dårligere jorde, og derved kan deres resultater ikke direkte sammenlignes med de gennemsnitlige budgettal (se afsnit 4.1.).

Følsomheden overfor afregningsprisen på pileflis er ganske stor. En reduktion i prisen på 10 % fra 44 til 40 kr. pr. GJ reducerer DB2 fra 906 kr. pr. ha pr. år til 423 kr. pr. ha pr. år, svarende til en reduktion på 53 %. I de tilfælde, hvor høstudbyttet falder med f.eks. 10 %, betyder det, at dækningsbidraget bliver reduceret med 30 % fra 906 til 637 kr. pr. ha pr. år. Så vil det være økonomisk mere fordelagtigt at have græs eller majs til foder i stedet for pil.

4.2.3.2. Lige vægtspriser for korn og flis ved forskellige kornpriser

En pilekultur har en lang levetid på 18 år eller længere, hvilket er væsentligt mere end for de typiske landbrugsafgrøder. Det betyder, at forventningerne til prisrelationer mellem pil og alternative afgrøder på lang sigt vil være vigtige i vurderingen af, om pileafgrøden skal etableres, også selvom det aktuelle prisniveau alt andet lige vil have uforholdsmæssig stor indflydelse på landmandens beslutning om afgrødevalg lige her og nu. Den lange arealbindingstid ved dyrkning af pil og dermed mindre fleksibilitet på bedriften kan være en afgørende barriere for at vælge pil som afgrøde, idet landmanden vil kræve en vis sikkerhedsmargin, før pil kan betragtes som en attraktiv alternativ afgrøde.

I tabel 4.2.3 og 4.2.4 er der for 4 forskellige jordtyper angivet lige vægtspris for pileflis, når kornprisen er hhv. gennemsnitlig, lav eller høj. Lige vægtsprisen for pileflis angiver, hvor høj prisen på pileflis mindst skal være, for at dyrkning af pil kan betragtes som et økonomisk attraktivt alternativ til kornproduktion. Der er ikke indregnet nogen form for tilskud hverken til kornafgrøderne eller i pile dyrkningen. For fugtig marginaljord er det antaget, at det ikke er rentabelt at dyrke alternative afgrøder. Derfor er det valgt at anvende flisprisen, som giver et DB2 på 0 kr. pr. ha pr. år. Den gennemsnitlige kornpris for byg i perioden 2010 til 2015 har været 130 kr. pr. hkg og for hvede 134 kr. pr. hkg. For

alle beregningerne i tabel 4.2.3 og 4.4.4 er basiskalkulen for pil med direkte høst med flisning, september 2015, anvendt som grundlag. Ud fra de viste eksempler ses det, at ligevægtspriserne varierer fra -20 til 117 kr. pr. GJ for pileflisen.

Tabel 4.2.3. Ligevægtspris for pileflis i forhold til vårbyg. Beregningerne er foretaget ud fra JB 5-6, jf. budgetkalkuler 2016, SEGES. For pil er anvendt basiskalkulen for pileyndyrkning med høst med direkte flisning, opdateret september 2015.

Kornpris	DB2 for korn, kr. pr. ha	Jordtype og udbyttelniveau for pil			
		JB 1-3	JB 1-4 m. vanding	Lavbundsjord	Lerjord
		Udbytte i pil ved første høst / senere høst, ton tørstof pr. ha pr. år			
		4/7	8/9	8/10	10/12
		Ligevægtspris for energipil, kr. pr. GJ			
Gns. kornpris, (2010-2015) 130 kr. pr. hkg	2.314	72,2	59	36,5	49,8
Lav kornpris (2010-2015) 70 kr. pr. hkg	-1.226	28,6	26,7	36,5	25,5
Høj kornpris (2010-2015) 170 kr. pr. hkg	4.674	101,0	80,3	36,5	66

Tabel 4.2.4. Ligevægtspris for pileflis i forhold til vinterhvede. Beregningerne er foretaget ud fra JB 5-6, jf. budgetkalkuler 2016, SEGES. For pil er anvendt basiskalkulen for pileyndyrkning med høst med direkte flisning, opdateret september 2015.

Kornpris	DB2 for korn, kr. pr. ha	Jordtype og udbyttensniveau for pil			
		JB 1-3	JB 1-4 m. vanding	Lav-bunds-jord	Lerjord
		Udbytte i pil ved første høst / senere høst, ton tørstof pr. ha pr. år			
		4/7	8/9	8/10	10/12
		Ligevægtspris for energipil, kr. pr. GJ			
Gns. kornpris, (2010-2015) 134 kr. pr. hkg	3.865	91,3	72,9	36,5	60,5
Lav kornpris (2010-2015) 79 kr. pr. hkg	-5.792	-27,7	-14,5	36,5	-5,5
Høj kornpris (2010-2015) 177 kr. pr. hkg	7.348	134,0	104,5	36,5	84,4

Prisen på pileflis er i skrivende stund ca. 44 kr. pr. GJ, hvilket svarer til en bygpris på 106 kr. pr. hkg og en hvedepris på 97,50 kr. pr. hkg på god jord i modsætning til sandjord, hvor prisen skal være 138 kr. pr. hkg for byg og 146 kr. pr. hkg for hvede for at give det samme økonomiske resultat som en højt ydende pilekultur. Dagsprisen i oktober 2015 for byg og hvede er henholdsvis 117 og 114 kr. pr. hkg, hvilket gør, at pileflisen har svært ved at konkurrere med de almindelige kornpriser på de gode jorde, selvom der også er et højt udbytte i pileflis.

4.2.4. Vurdering af støttebehov for at sidestille pil med andre afgrøder

Hvis man politisk ønsker at fremme produktionen af energipil som en del af udbygningen af vedvarende energi, er der nogle få ting, der nøje skal overvejes. Bl.a. hvor vil det være mest optimalt have produktion af pil? Skal pilen generelt gå ind og erstatte en del af kornproduktionen, uafhængig af hvor i landet det er, eller skal pileproduktionen foregå på arealer, der udover energiproduktionen får en øget biodiversitet og en mindre miljømæssig belastning?

For at fremme energiproduktion kan en af mulighederne være at indføre en form for økonomisk tilskud, enten i form af et etableringstilskud eller et produktionstilskud. Tidligere har der været henholdsvis et etableringstilskud på 4.200 kr. pr. ha samt et driftstilskud på 500 kr. pr. ha pr. år, og de landmænd, der ønskede at dyrke pil ekstensivt, dvs. uden pesticider og med reduceret gødningstilførsel, kunne modtage yderligere 800 kr. pr. ha pr. år. I tabel 4.2.5 ses det, hvordan dækningsbidraget for pileyndyrkning påvirkes af disse støtteordninger.

Tabel 4.2.5. Økonomisk betydning af forskellige tilskud for dækningsbidraget for energipil. Baseret på basiskalkulen for pil med høst med direkte flisning, opdateret september 2015.

Støtteordning	Dækningsbidrag, kr. pr. ha pr. år (Nutidsværdi)
Ingen tilskud	906
Etableringstilskud, 4.200 kr. pr. ha ¹⁾	1.224
Driftstilskud, 500 kr. pr. ha pr. år ²⁾	1.406
Ekstensivt tilskud, 800 kr. pr. ha pr. år ²⁾	1.706
Etableringstilskud + driftstilskud	1.724
Etableringstilskud + driftstilskud+ ekstensivt tilskud	2.524
Ingen tilskud	2.206

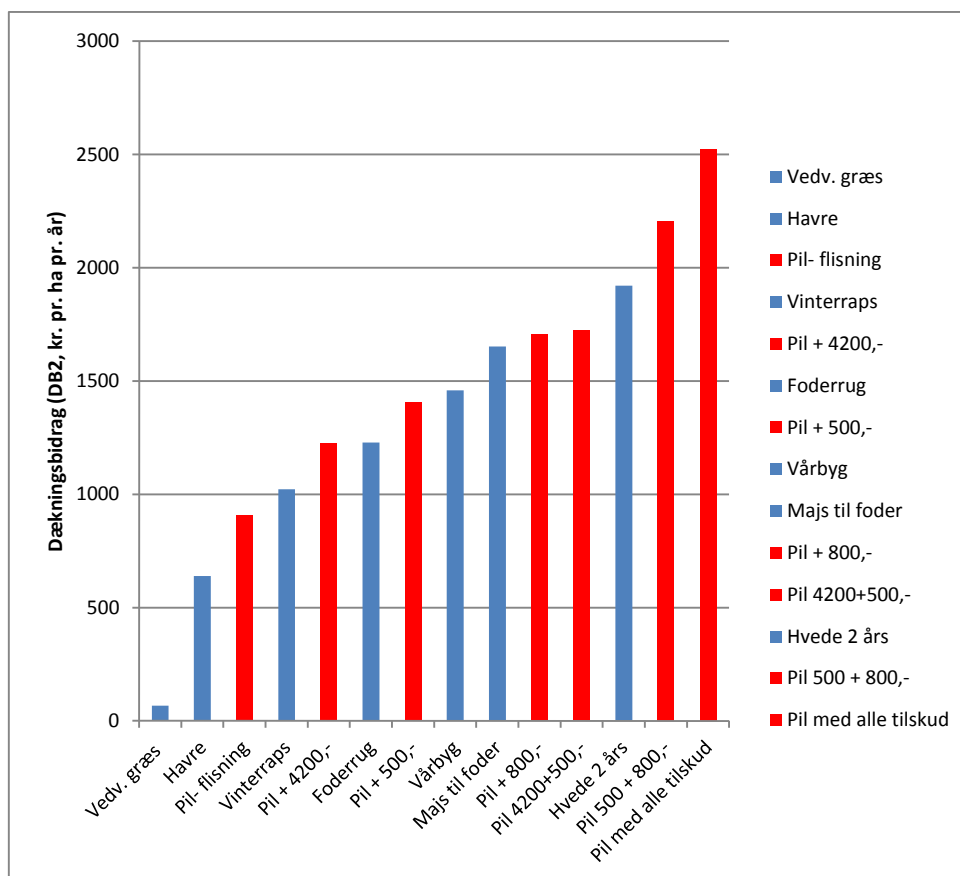
¹⁾ Bekendtgørelse nr. 78 af 29/01/2013.

²⁾ Vejledning om særlig miljøstøtte under artikel 68, NaturErhvervstyrelsen.

Beregninger i basiskalkulen for pil med de overfor nævnte støttemuligheder viser, at dækningsbidraget med tilskuddene kan stige fra de 906 kr. op til 2.524 kr. pr. ha pr. år. Det betyder, at både udbytte- og prisfølsomheden reduceres væsentligt. Figur 4.2.8 viser DB2 for de mest almindelige landbrugsafgrøder sammenlignet med dækningsbidrag for pil uden tilskud og med de tre forskellige tilskudsformer, der er nævnt ovenfor. Det ses, at et årligt driftstilskud på 500 kr. pr. ha vil ligestille pil med vårbyg ud fra den dagsaktuelle pris for vårbyg på 117 kr. pr. hkg, der giver et DB2 i vårbyg på 1.547 kr. pr. ha. Hvis der ses på den gennemsnitlige bygpris for perioden 2010-2015 på 130 kr. pr. hkg giver det et DB2 for vårbyg på 2.314 kr. pr. ha jf. tabel 4.2.3. Det betyder, at hvis pil skal være økonomisk ligestillet med de mest almindelige landbrugsafgrøder, er der behov for, at der tilføres både et etableringstilskud og et driftstilskud.

Et etableringstilskud på 4.200 kr. hæver dækningsbidraget for pil op på samme niveau som dyrkning af rug. Et årligt tilskud på 500 kr. til piledyrkning sidestiller dyrkning af pil med vårbyg. En kombination af årligt drifts- og ekstensiveringstilskud betyder på nuværende tidspunkt, at dækningsbidraget for pil er større end for hvede.

Ved et samlet tilskud, hvor der både gives et etableringstilskud på 4.200 kr. pr. ha og et årligt tilskud på 500+800 kr. pr. ha, vil prisen på flis kunne falde til 23 kr. pr. GJ, før dækningsbidraget går i nul, eller høstudbyttet kan være yderst begrænset i de 18 år, som kulturen ligger.



Figur 4.2.8. Sammenligning af DB2 mellem afgrøder på JB 5-6. Baseret på budgetkalkule, SEGES, opdateret september 2015, og basiskalkulen for pil med høst med direkte flisning, opdateret september 2015. Dækningsbidrag for pil er beregnet med forskellige kombinationer af etableringstilskud på 4.200 kr., driftstilskud på 500 kr. pr. ha pr. år og ekstensiveringstilskud på 800 kr. pr. ha pr. år.

I stedet for at give et tilskud til selve produktionen kunne man vælge at give en mindstepris pr. GJ, der bliver solgt. Inden for andre VE-produktioner som f.eks. vindmøller og biogas er investor garanteret en merpris oven i markedsprisen i en given periode. Denne model kunne også overføres til pileproduktionen.

4.2.5. Konklusioner

Driftsøkonomien ved dyrkning af energipil afviger væsentlig fra økonomien ved dyrkning af etårige afgrøder, da indtægterne fra høst af pilen er tidsmæssigt forsinket i forhold til etableringsomkostningerne. Derfor er der udviklet budgetkalkuler for energipil, som tager højde for dette tidsaspekt, og hvorved dækningsbidraget for pil kan sammenlignes med dækningsbidraget for andre afgrøder. Da flere økonomiske faktorer ved pileyndyrkning kan variere meget, er betydningen af denne variation illustreret ved følsomhedsanalyser for udvalgte faktorer.

Udbytte og afregningspris er de to afgørende faktorer for indtægterne ved pileyndyrkning, og det er nødvendigt med fornuftige niveauer af både udbytte og pris for at sikre et fornuftigt dækningsbidrag. Dette taler for at tilstræbe et højt udbyttelniveau, forudsat at et højt udbytte ikke er forbundet med meget store meromkostninger. Særligt ukrudtsbekæmpelse i etableringsfasen er en sådan meget vigtig indsats.

Høst udgør den største omkostningspost ved piledyrkning på typisk ca. en tredjedel af de samlede omkostninger. Høstomkostningen pr. rm. pileflis varierer dog særdeles meget, bl.a. afhængig af logistikken omkring høst og frakørsel af flis. Det er derfor meget vigtigt med en effektiv organisering af høsten for at minimere omkostningerne og dermed forbedre dækningsbidraget. Transport af flis fra mark til aftager kan også udgøre en stor omkostningspost, og jo kortere transportafstand des lavere omkostning og des højere dækningsbidrag. Lokal afsætning af pileflis vil derfor kunne forbedre driftsøkonomien. Etablering, gødsning og ukrudtsbekæmpelse udgør desuden væsentlige omkostningsposter ved piledyrkning, og der er bl.a. behov for mere viden om, hvor økonomisk effektive forskellige gødsnings- og ukrudtsstrategier er.

Sammenligning med andre af afgrøder viser, at ved lave kornpriser vil pil være konkurrencedygtig med korn på alle jordtyper. Ved middelhøje kornpriser (130-134 kr. pr. hkg, gns. årene 2010-2015) og højere priser vil pil kun være konkurrencedygtig med korn på lavbundsjord, der er dårligt egnet til korn. Med en flispris på 44 kr. pr. GJ forventes der på sandjord at opnås samme dækningsbidrag ved piledyrkning som ved korndyrkning (ligevægtsprisen) ved en kornpris på 98-106 kr. pr. hkg og på lerjord ved en kornpris på 138-146 kr. pr. hkg. Det generelt lavere dækningsbidrag ved piledyrkning end ved korndyrkning kombineret med den længere tidshorizont og større risiko ved piledyrkning bevirker, at der på de fleste jordtyper er behov for at støtte pileproduktionen, hvis pil skal sidestilles økonomisk med andre afgrøder, og pilearealet skal udvides.

Beregningerne viser, at af de tidligere anvendte tilskudsordninger er det etableringstilskud, som giver den mindste økonomiske gevinst for landmanden på kun 318 kr. pr. ha pr. år, hvorimod et årligt driftstilskud på 500 kr. pr. ha vil øge dækningsbidraget med dette beløb.

4.2.6. Referencer

Albertsson, J., Verwijst, T., Hansson, D., Bertholdsson, N-O. & Åhman, I. (2014). Effects of competition between short-rotation willow and weeds on performance of different clones and associated weed flora during the first harvest cycle. *Biomass & Bioenergy*, 70, 364-372.

Aronsson, P., Rosenqvist, H. & Dimitriou, I. (2014). Impact of Nitrogen Fertilization to Short-Rotation Willow Coppice Plantations Grown in Sweden on Yield and Economy. *Bioenergy Research*, 7, 993-1001.

Berhongeray, G., Kasmioui, O.E. & Ceulemans, R. (2013). Comparative analysis of harvesting machines on an operational high-density short rotation woody crop (SRWC) culture: One-process versus two-process harvest operation. *Biomass & Bioenergy*, 58, 333-342.

Buchholz, T. & Volk, T.A. (2011). Improving the profitability of willow crops – identifying opportunities with a crop budget model. *Bioenergy Research*, 4, 85-95.

Corato, L.D., Gazheli, A. & Lagerkvist, C-J. (2013). Investing in energy forestry under certainty. *Forest Policy and Economics*, 34, 56-64.

Dimitriou, I., Rosenqvist, H. & Berndes, G. (2011). Slow expansion and low yields of willow short rotation coppice in Sweden; implications for future strategies. *Biomass & Bioenergy*, 35, 4613-4618.

Hauk, S., Knoke, T. & Wittkopf, S. (2014). Economic evaluation of short rotation coppice systems for energy from biomass – a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 435-448.

Heaton, R.J., Randerson, P.F. & Slater, F.M. (1999). The economics of growing short rotation coppice in the uplands of mid-Wales and an economic comparison with sheep production. *Biomass & Bioenergy*, 17, 59-71.

Kasmioui, O.E. & Ceulemans, R. (2012). Financial analysis of the cultivation of poplar and willow for bioenergy. *Biomass & Bioenergy*, 43, 52-64.

Krasuska, E. & Rosenqvist, H. (2012). Economics of energy crops in Poland today and in the future. *Biomass & Bioenergy*, 38, 23-33.

Larsen, S.U. (2014). Kalkuler for energipil. Landbrugsinfo, artikel 734, Oprettet 16/12 2011, senest opdateret 8/10 2014. https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Afgroeder/Energiafgroeder/pil-energi-skov/Sider/pl_11_734.aspx

Larsen, S.U. & Maegaard, E. (2010). Følsomhedsanalyser for driftsøkonomi ved dyrkning af energipil. Rapport, AgroTech og Videntcentret for Landbrug, december 2012. 22 s. http://agrotech.dk/sites/agrotech.dk/files/public/uploads/Projects/BioM/folsomhedsanalyseforpiledyrkning_pil.pdf

Larsen, S.U., Gregersen, K.H. & Jacobsen, B. (2012). Driftsøkonomi ved dyrkning af energipil. I: Evalueringsrapport Pil. s.67-75. Rapport fra BioM-projektet, 2010-2012. http://agrotech.dk/sites/agrotech.dk/files/public/uploads/Projects/BioM/evalueringsrapport_pil_light_new.pdf

Larsen, S.U., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2014a). Willow yield is highly dependent on clone and site. *Bioenergy Research*, 7, 1280-1292.

Larsen, S.U., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2014b). Pil kan give pænt udbytte ved intensiv dyrkning – og miljøfordele. *Magasinet Mark*, Marts 2014, 44-45.

Larsen, S.U., Pedersen, P.H. & Poulsen, R.T. (2015). Danske ukrudtsforsøg i pil. Landbrugsinfo, artikel 2090. 3. marts 2015. https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Afgroeder/Energiafgroeder/pil-energi-skov/Sider/danske-ukrudtsforsoeg-i-pil_pl_15_2090.aspx

Larsen, S.U., Pedersen, J., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2014c). Høstinterval i energipil – overblik over forsøgsresultater. Rapport, AgroTech, januar 2014. 10 s.

McKenney, D.W., Yemshanov, D., Fraleigh, S., Allen, D. & Preto, F. (2011). An economic assessment of the short-rotation coppice woody biomass to heat greenhouses in southern Canada. *Biomass & Bioenergy*, 35, 374-384.

Mola-Yudego, B. & Aronsson, P. (2008). Yield models for commercial willow biomass plantations in Sweden. *Biomass & Bioenergy*, 32, 829-837.

Oversigt over Landsforsøgene (2010, 2011, 2012, 2013, 2014). Oversigt over Landsforsøgene – Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Udgivet af Videntcentret for Landbrug. Hhv. s.185, 190, 203-204, 178-180 og 174-176.

Rosenqvist, H. & Dawson, M. (2005). Economics of willow growing in Northern Ireland. *Biomass & Bioenergy*, 28, 7-14.

4.3. Mulige støtterejimer for energipil

Af Camilla Damgaard

I dette afsnit beskrives, hvordan man kan belønne landmanden for de samfundsmæssige tjenester, der skabes ved dyrkning af energipil. Først beskrives to overordnede betalingsmodeller. Dernæst er der lavet en opsummering af de samfundsmæssige ydelser, som dyrkning af energipil kan generere. Der redegøres for, hvordan de samfundsmæssige tjenester kan prissættes. Endelig beregnes værdien af de samfundsmæssige tjenester, så størrelsesordenen af de forskellige samfundsmæssige ydelser kan sammenholdes med dækningsbidraget for energipil sammenlignet med traditionelle kornafgrøder.

4.3.1. Mulige betalingsmodeller

I det følgende beskrives to forskellige betalingsmodeller. En model hvor landmænd/energiagrødeproducenter søger støtte til projekter, som staten herefter kan vælge enten at afvise eller acceptere og en mere traditionel model, hvor der gives et fast tilskud til produktion af energiagrøder f.eks. som et etableringstilskud eller et driftstilskud.

Den første model kaldes auktionsmodellen, og den har bred anvendelse både indenfor f.eks. offentlige indkøbsaftaler, gennemførelse af offentlige anlægsprojekter samt udvikling og salg af varer (Martin *et al.*, 1999). Overordnet set er en auktion en struktureret markedsform, som forløber efter stringente principper og regler. I de tidligere vandmiljøplaner indgik en form for auktionsmodel, hvor landmænd havde mulighed for at byde ind med forskellige projekter. Derefter blev der valgt projekter ud, hvor omkostningseffektivitet indgik som kriterium, dvs. der hvor man fik reduceret udvaskningen mest i forhold til tilskuddet.

I forhold til dyrkning af energiagrøder kan en mulig betalingsmodel opstilles i tråd med en traditionel auktionsmodel. Ved at lade landmænd/energiagrødeproducenter byde ind med projekter, de ønsker tilskud til, vil staten på den baggrund kunne vælge de projekter, som er mest omkostningseffektive.

Auktionsmodellen er særlig velegnet til situationer, hvor der er mange forskellige måder at reducere f.eks. kvælstofudvaskningen på. Her er det så muligt at vurdere forskellige typer af projekter ud fra den reducerede mængde og omkostningen. Auktionsmodellen er dog også relativ tung at administrere, da sammenligningen af projekter kræver en form for dokumentation for reduktionen.

Den mere traditionelle tilskudsmodel har været brugt til at øge incitamentet til at dyrke energipil. Fra 2010 til 2014 har det været muligt at søge om tilskud til etablering af flerårige energiagrøder (se afsnit 4.2.4.). I perioden steg etableringstilskuddet fra 3.200 kr. pr. ha i 2010 til 4.200 kr. pr. ha, som var gældende indtil udgangen af 2014. I tillæg til etableringstilskuddet blev der givet et driftstilskud på 500 kr. pr. ha pr. år, men denne ordning frafaldt ligeledes ved udgangen af 2014. Ved ekstensiv drift, dvs. uden brug af pesticider samt med en begrænset brug af kvælstof, kunne der i tillæg til etableringstilskuddet og driftstilskuddet gives et tilskud på 800 kr. pr. ha pr. år. Det fremgår ikke, om ordningen baserede sig på en konkret prissætning af de samfundsmæssige ydelser.

Dyrkning af energipil er et rimeligt ensartet tiltag, hvilket vil sige, at der drifts- og etableringsmæssigt ikke er store forskelle på tværs af projekter. På den baggrund vurderes det derfor at være mest relevant at bruge et tilskud pr. ha. Størrelsen af tilskuddet bør afhænge af de konkrete samfundsmæssige tjenester, der skabes og evt. differentieres efter jordtype eller andre parametre, hvor der er afgørende forskel på størrelsen af de samfundsmæssige tjenester.

4.3.2. Hvilke samfundsmæssige tjenester skal belønnes?

Energipil har en række direkte entydige miljø- og klimamæssige fordele jf. afsnit 3.1.1. Det drejer sig om:

- Reduktion i udledning af lattergas (klimaeffekt)
- Kulstoflagring i jorden (klimaeffekt)
- Reduceret kvælstofudvaskning (miljøeffekt)
- Reduceret pesticidforbrug (miljøeffekt)
- Øget biodiversitet (natureffekt)

Derudover kan dyrkning af energipil medføre en reduktion i ammoniakudledningen. Det vil dog afhænge af de antagelser, der gøres omkring gødsning. Antages den samme gødsning som for traditionelle kornafgrøder er der dog ingen effekt (se afsnit 3.1.1.4.).

I forhold til klimaeffekten er der udover de ovenfor nævnte også mulighed for en substitutionseffekt, altså en effekt af at energipil erstatter andre (fossile) brændsler. Indregning af en sådan effekt bygger dog på en antagelse om, at et øget areal med energipil vil medføre, at den anvendte mængde biomasse i energisektoren samtidig øges og substituerer andre (fossile) brændsler. En sådan effekt vurderes at være tvivlsom, i hvert fald på kort sigt, da valg af brændsler i energisektoren i højere grad er styret af afgiftsforhold end af udbuddet af biomasse. Et øget udbud af energipil vil dermed formentlig nærmere substituere anden biomasse, f.eks. importeret træflis, hvilket også er antagelsen i Energistyrelsens Virkemiddelkatalog (Regeringen, 2013; Dubgaard *et al.*, 2013). På længere sigt kan der dog blive så stor efterspørgsel efter biomasse, at det kan blive en begrænsende faktor for anvendelse af biomasse i energisektoren. Derved kan der opstå en substitutionseffekt. Størrelsen af denne effekt vil afhænge af det brændselsmik, som biomassen substituerer. I det følgende ses der bort fra denne effekt.

Endelig kan dyrkning af energipil have landskabelige effekter (se afsnit 3.4.7.-3.4.14.), der adskiller sig fra dyrkning af mere traditionelle afgrøder. Hvorvidt disse effekter er positive eller negative vil afhænge af, hvor og hvordan energipilen indpasses i det eksisterende landskab. Denne effekt vurderes derfor ikke at være velegnet at belønne som en samfundsmæssig tjeneste.

4.3.3. Prissætning af klima- og miljøeffekter

Når der skal sættes pris på værdien af de samfundsmæssige tjenester, kan der bl.a. tages udgangspunkt i, om der er en målsætning på det pågældende område og dermed prissætte den samfundsmæssige tjeneste som omkostningen pr. enhed ved at nå denne målsætning. Dette kaldes også for en alternativ-omkostningsbetragtning.

4.3.3.1. Klimaeffekter

Der er forskellige målsætninger i forhold til at reducere den danske CO₂-udledning, herunder et mål om at begrænse CO₂-udledningen udenfor den kvotebelagte sektor, som omfatter landbrug, med 40 % inden 2020 i forhold til 1990.

Ser man på CO₂-udledningen under ét, er den billigste måde at reducere udslippet at købe kvoter på det europæiske kvotemarked. Prisen på kvoterne kan anskues som værdien af at reducere et ton CO₂ givet den målsætning, der er sat. Energistyrelsen har udarbejdet en fremskrivning af kvoteprisen, hvor der er angivet et lavt, middel og højt skøn for kvoteprisen. Middelskønnet svarer til et gennemsnit på ca. 150 kr. pr. ton CO₂ over de næste 20 år.

Da der som nævnt er en særskilt målsætning for CO₂-udledningen udenfor den kvotebelagte sektor, som landbruget er en del af, kan man også se på omkostningen ved at reducere CO₂-udledningen her. I Virkemiddelkataloget for klimatiltag (Regeringen, 2013) er CO₂-reduktionsomkostningen for en række tiltag udenfor den kvotebelagte sektor beregnet. Reduktionsomkostningerne varierer meget for de forskellige tiltag men ligger generelt set markant højere end kvoteprisen, hvilket indikerer, at det bliver dyrere at nå et særskilt mål udenfor de kvotebelagte sektorer end at købe kvoter for at nå målet. I nedenstående beregninger af de samfundsmæssige tjenester er effekten beregnet både med udgangspunkt i kvoteprisen og med en indikativ reduktionsomkostning på 500 kr. pr. ton ved at reducere CO₂-udledningen udenfor den kvotebelagte sektor. Herved illustreres usikkerheden af prisen på CO₂ på resultatet.

4.3.3.2. Miljøeffekter

Ved prissætning af effekten af den reducerede udvaskning af kvælstof kan der som for CO₂-udledningen anvendes en alternativ-omkostningsbetragtning. I den Økonomiske Midtvejsevalueringen af Vandmiljøplan III (Jacobsen *et al.*, 2009) er reduktionsomkostningen for kvælstof beregnet til 41 kr. pr. kg kvælstof. I det følgende prissættes den reducerede N-udvaskning med denne pris opskrevet til 2015-priser.

Prissætning af biodiversitet er behæftet med stor usikkerhed, og det kan være vanskeligt at finde valide estimater for værdien af den forbedrede biodiversitet, også fordi den er svær at kvantificere. Det er derfor valgt ikke at medtage denne effekt i de videre beregninger.

Det reducerede pesticidforbrug er heller ikke indregnet som en samfundsmæssig tjeneste, da det også er svært at afdække den direkte værdi. Værdien kan f.eks. optræde i form af lavere risiko for at forurene grundvandet og vil afhænge meget af, hvor reduktionen sker.

4.3.4. Beregning af de samfundsmæssige tjenester

I nedenstående afsnit er anvendt estimater for hhv. den reducerede udledning af CO₂ og kvælstof ved dyrkning af energipil. Reduktioner i hhv. CO₂ og kvælstof er behæftet med usikkerhed, og effekten på tværs af studier er langt fra entydig. Samtidig er det afgørende for effekten, hvad referenceafgrøden antages at være, altså hvad effekten holdes op mod.

4.3.4.1. Klimaeffekter

Værdien af de positive klimamæssige effekter ses i nedenstående tabel 4.3.1. Effekten er mereffekter i forhold til traditionelle kornafgrøder. Forskellen i den prissatte klimaeffekt ved anvendelse af hhv. kvoteprisen og prisen fra virkemiddelkataloget er for både sandjord og lerjord omtrent 500 kr. pr. ha.

Tabel 4.3.1. Størrelse og værdi af klimaeffekter ved at skifte fra dyrkning af kornafgrøder til dyrkning af energipil. (Baseret på Dubgaard et al., 2013; Energistyrelsen, 2014; Regeringen, 2013).

Klimaeffekt	Sandjord			Lerjord		
	Tons CO ₂ -ækv. pr. ha pr. år	Kvotepris, kr. pr. ha pr. år	Pris fra Virkemiddelkatalog, kr. pr. ha pr. år	Tons CO ₂ -ækv. pr. ha pr. år	Kvotepris, kr. pr. ha pr. år	Pris fra virkemiddelkatalog, kr. pr. ha pr. år
Reduceret lattergasemission	0,25	38	124	0,19	28	93
Øget kulstofbinding	1,2	183	600	1,2	183	600
I alt		221	724		211	693

4.3.4.2. Miljøeffekter

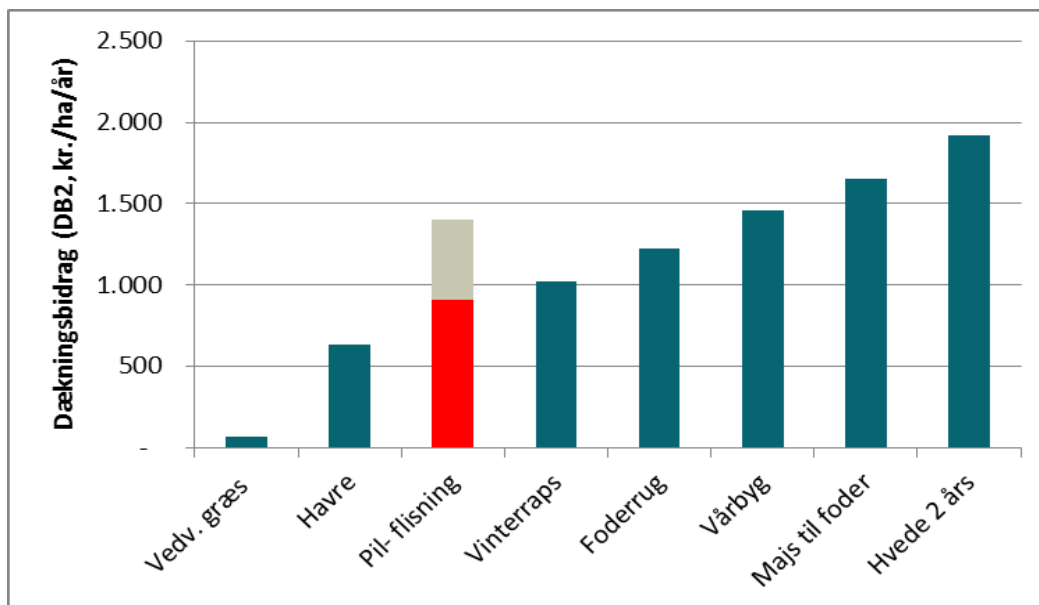
Værdien af de positive miljøeffekter ses i tabel 4.3.2. Udvaskningseffekten er opgjort i forhold til traditionelle kornafgrøder med efterafgrøder.

Tabel 4.3.2. Størrelse og værdi af positive miljøeffekter ved dyrkning af energipil i form af reduceret kvælstofudvaskning. (Baseret på Dubgaard, 2013).

Miljøeffekt	Sandjord		Lerjord	
	kg pr. ha pr. år	Kr. pr. ha pr. år	kg pr. ha pr. år	Kr. pr. ha pr. år
Reduceret kvælstofudvaskning	25	577	12,5	288

Den samlede værdi af de prissatte samfundsmæssige tjeneste for både klima- og miljøeffekter udgør således omtrent 800 kr. pr. ha pr. år for sandjord og 500 kr. pr. ha pr. år for lerjord, hvis klimaeffekten prissættes med kvoteprisen. Prissættes den i stedet med marginalomkostningen fra Virkemiddelkataloget ligger værdien i stedet omkring 1.300 kr. pr. ha pr. år for sandjord og 950 kr. pr. ha pr. år for lerjord. Et tilskud, der vil skulle belønne landmanden for de samfundsmæssige ydelser, han skaber gennem dyrkning af energipil, vil således skulle ligge i den størrelsesorden.

Lægges et tilskud på ca. 500 kr. til dækningsbidraget for dyrkning af pil (her lerjord), ses det af figur 4.3.1., at piledyrkning økonomisk set bliver en relativt attraktiv afgrøde.



Figur 4.3.1. Dækningsbidrag for energipil sammenlignet med alternative afgrøder. For piledyrkning er der vist dækningsbidrag både uden og med tilskud for de samfundsmæssige tjenester af klima- og miljøeffekter.

4.3.5. Perspektivering: Skaber et tilskud et tilstrækkeligt incitament?

Jf. budgetkalkulerne burde energipil allerede i dag (uden yderligere tilskud) være konkurrencedygtigt for nogle jordtyper (især lavbundsjord), hvis de forudsatte udbytter og prisforhold vel at mærke vil være gældende. I tilfælde af at der gives tilskud, vil dyrkning af energipil være endnu mere fordelagtig. Der er endnu forholdsvis få landmænd, der formår at opnå det udbytte, der er forudsat i budgetkalkulen (se også afsnit 4.1. om piledyrkeres erfaringer). Over tid har der dog heller ikke været nogen kraftig stigning i udbredelsen af energipil, hvilket kan give anledning til spørgsmålet om, hvorfor landmænd ikke i højere grad substituerer etårige traditionelle afgrøder med flerårige energiafgrøder, idet det umiddelbart kan synes at være en god forretning at dyrke energipil, specielt på lavbundsjord. Dette er et vigtigt spørgsmål at stille for at sikre, at der skabes det rette incitament til at øge udbredelsen.

Dyrkning af flerårige energiafgrøder er behæftet med en anden risiko end dyrkning af traditionelle etårige afgrøder. Dette skyldes den længere arealbindingsperiode, og de dermed mere usikre estimater for udvikling i prisen på pileflis og priser på alternative afgrøder. Ved dyrkning af flerårige afgrøder går der længere tid mellem investeringen i kapital og afkastet af den investerede kapital. For etårige afgrøder vil risikoen være mindre i den forstand, at arealbindingsperioden er kortere, og samtidig er der større forudsigelighed omkring prisudviklingen. Ved dyrkning af traditionelle etårige afgrøder er der dog en højere risiko forbundet med afvigende klimatiske forhold, som vil reduceres ved dyrkning over en længere periode.

Kalkulationsrenten ved udregning af dækningsbidrag er af stor betydning for et projekts rentabilitet, når der er tale om en afgrøde med lang tidshorisont. Som udgangspunkt er der i budgetkalkulerne anvendt en kalkulationsrente på 5 %. Der kan imidlertid stilles spørgsmål ved, om denne kalkulationsrente i virkeligheden matcher den kalkulationsrente, som landmændene i praksis står overfor, givet den øgede risiko og de restriktive/begrænsede lånemuligheder.

For at illustrere kalkulationsrentens betydning for dækningsbidragenes størrelse er der foretaget beregninger, hvor kalkulationsrenten hæves fra 5 til 10 %. Som det fremgår af tabel 4.3.3, vil dækningsbidraget falde betydeligt for begge høstmodeller og blive negativt for helskudshøst.

Tabel 4.3.3. Kalkulationsrentens betydning for dækningsbidraget ved pileydrkning med forskellige høstmetoder.

Høstmetode	Kalkulationsrente (%)	Dækningsbidrag (kr. pr. ha pr. år)
Direkte flisning	5	906
	10	303
Helskudshøst	5	434
	10	-142

I forhold til at styrke incitamentet for pileydrkning er det afgørende, at der sættes ind i forhold til de afdækkede barrierer. Hvis barriererne f.eks. i højere grad er manglende viden om pileydrkning eller risikoopfattelse hos landmændene i forhold til f.eks. arealbinding og prisrelationer, er det vigtigt, at incitamenterne imødekommer dette. Det kan f.eks. være gennem kurser, vejledning eller forsikringsordninger.

4.3.6. Konklusioner

Dyrkning af energipil giver anledning til positive klima- og miljøeffekter, og det er afdækket, hvordan landmanden kan belønnes for disse positive effekter, og hvad størrelsen af et muligt tilskud bør være.

Den positive klimaeffekt stammer fra reduceret lattergasemission og øget kulstoflagring. Der er ikke medtaget en effekt af, at energipil erstatter (fossile) brændsler, da det ikke antages at være udbuddet af energipil, der bestemmer brændselssammensætningen i den danske energiforsyning. Belønningen af miljøeffekterne er afgrænset til at omfatte reduktion i kvælstofudvaskningen. Det skal pointeres, at der er en vis usikkerhed omkring de fysiske reduktioner, og at det i høj grad afhænger af, hvilke afgrøder effekten holdes op imod af.

De samfundsmæssige tjenester kan prissættes til hhv. 800-1.300 kr. pr. ha. pr. år. på sandjord og 500-950 kr. pr. ha. pr. år på lerjord ved dyrkning af energipil, afhængig af de forudsætninger der lægges til grund for prissætningen.

Dyrkning af energipil er behæftet med en anden risiko end dyrkning af traditionelle afgrøder. Dette skyldes den længere arealbindingsperiode og de som følge deraf mere usikre estimater for udviklingen i prisen på hhv. pileflis og afgrødepris. Det kan derfor være andre barrierer end det forventede dækningsbidrag, der har betydning for, hvorvidt en landmand vælger at dyrke energipil. Og det er afgørende at imødekomme disse barrierer med de rette instrumenter. Det er derfor ikke nødvendigvis tilstrækkeligt at yde et tilskud til pileydrkning, og der bør også overvejes andre instrumenter.

På baggrund af ovenstående anbefales det således, at:

- pileydrkning gives økonomisk støtte for at udnytte de positive sideeffekter på bl.a. klima og miljø.
- det undersøges nærmere, om det i støtteordningerne er muligt at tage højde for de potentielle samfundsmæssige effekter på et givent areal og dermed få den størst mulige effekt for tilskuds- midlerne.
- økonomisk støtte til pileyrkeren suppleres med mulighed for rådgivning vedr. dyrkning, logistik og afsætning.
- der gives tilskud til koordinering af høst og afsætning for at få stordriftsfordele etc.

4.3.7. Referencer

Dubgaard, A., Laugesen, F.M., Ståhl, E.E., Bang, J.R., Schou, E., Jacobsen, B.H., Ørum, J.E. & Jensen, J.D. (2013). Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til land- bruget. Institut For Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet.

Energistyrelsen (2014). Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger.

<http://www.ens.dk/info/tal-kort/fremskrivninger-analyser-modeller/samfundsokonomiske-beregnings- forudsætninger>

Jacobsen, B.H. & Dubgaard, A. (2012). Samfundsøkonomisk vurdering af energiafgrøder som virke- middel for et bedre miljø. Delrapport fra projektet 'BioM – Bæredygtig bioenergi'. Fødevarerøkonomisk Institut, KU. http://agrotech.dk/sites/agrotech.dk/files/public/uploads/Projects/BioM/10_samfundso- konomisk_vurdering_ny.pdf

Jacobsen, B.H., Hasler, B. & Hansen, L.B. (2009). Økonomisk Midtvejsevaluering af Vandmiljøplan III. Fødevarerøkonomisk Institut (afd. for miljø og regional udvikling) og Danmarks Miljøundersøgelse (Afd. for systemanalyse).

Martin, S., Møllgaard, P., Baltzer, P., Schultz, C. (1999). Industriøkonomi. Publiceret som kapitel 9 i Chr. Hjort-Andersen (red.), Udviklingslinier i økonomisk teori. Jurist- og Økonomforbundets Forlag, Kbh., 2000. [mit.econ.au.dk/vip_hm/povergaard/pbohome/.../not280199\(withfig\).pd..](http://mit.econ.au.dk/vip_hm/povergaard/pbohome/.../not280199(withfig).pd..)

Regeringen (2013). Virkemiddelkatalog. Potentialer og omkostninger for klimatiltag. Tværministeriel arbejdsgruppe. http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/climate-co2/Klimaplan/virkemiddelkatalog_til- web.pdf

5. KOMPARATIV ANALYSE AF FORSKELLIGE ENERGIAFGRØDER TIL BIOENERGI OG BIORAFFINERING

5.1. Poppel og andre træarter – potentiale, økonomi og sideeffekter

I dette afsnit beskrives først, hvordan dyrkning af energipil og andre hurtigt voksende træarter befinder sig et sted imellem landbrug og skovbrug. Dernæst beskrives en række andre hurtigt voksende træarter, som kan være mulige alternativer til dyrkning af energipil, og der fokuseres især på poppel. Desuden sammenlignes pil med især poppel mht. brændselsegenskaber, driftsøkonomi, klima-, natur- og miljøeffekter samt samfundsøkonomiske effekter.

5.1.1. Potentiale for dyrkning af andre træarter som energiafgrøder

Af Søren Ugilt Larsen

5.1.1.1. Landbrug kontra skovbrug

Traditionelt har der været skelnet mellem landbrug og skovbrug som to principielt meget forskellige driftsformer, hvor landbrug omfatter dyrkning af etårige afgrøder eller flerårige afgrøder såsom græs, som høstes mindst én gang om året, og hvor skovbrug omfatter dyrkning af mangeårige træskulturer, som kun høstes eller tyndes med års mellemrum. Dyrkning af træarter med relativt kort høstinterval placerer sig et sted mellem de traditionelle kategorier landbrug og skovdrift. Med introduktionen af flerårige energiafgrøder som f.eks. pil og poppel på landbrugsjord sker der derfor en udviskning af grænsen mellem landbrug og skovbrug. Denne udviskning forstærkes bl.a. af, at landmænd med traditionel landbrugsproduktion ved dyrkning af pil og poppel bevæger sig ind på træflismarkedet, som ellers har været et skovbrugsmæssigt anliggende.

Lovgivningsmæssigt befinder dyrkningen af flerårige energiafgrøder som pil og poppel sig dog nærmere landbrug end skovbrug så længe, at høstintervallet er maks. 10 år. Med de nuværende regler for landbrug er det muligt at dyrke en række træarter som 'permanente afgrøder' under kategorien lavskov med muligheder for direkte arealstøtte i form af grundbetaling og grøn støtte (NaturErhvervsstyrelsen, 2015) (se også afsnit 3.4.4. vedr. regler for grundbetaling). Lavskov kan være tilplantet med følgende træarter eller træslægter: Hassel, løn, ask, avnbøg, birk, el, eg, elm, pil og poppel, enten i blandinger eller i renbestand. Betingelserne for at få grundbetaling til lavskov er bl.a., at lavskoven skal ligge på et landbrugsareal (dvs. f.eks. ikke i en skov med fredsskovspligt), og at arealet er minimum 0,3 ha stort og minimum 7,5 m i bredden. Der skal minimum være 8.000 planter pr. ha, men for poppel i renbestand er kravet dog kun mindst 2.000 planter pr. ha. Op til 20 % af lavskovarealet må udgøres af arbejdsarealer i form af kørespor og gange, men kravet om plantetal skal været opfyldt som gennemsnit for det samlede areal. Endvidere skal lavskov stævnes minimum hvert 10. år samt anmeldes hvert år på Fællesskemaet til NaturErhvervsstyrelsen. Hvis disse forudsætninger ikke er opfyldt, betragtes arealet som almindelig skov, og støttebetingelserne er ikke opfyldt for alle årene siden plantning eller seneste stævning. Man kan træde ud af ordningen i forbindelse med høst eller stævning indenfor den tiårige periode.

Udover at landbrugsbedrifter kan få arealstøtte i form af 'grundbetalingen', så kan der også opnås 'grøn støtte' til lavskov, hvis en række 'grønne krav' er opfyldt. For ejendomme på over 15 ha er et af kravene, at der skal være minimum 5 % miljøfokusområder (MFO) på bedriftens omdriftsareal, og her kan arealer med lavskov tælle med som MFO, men arealet med lavskov vægtes dog kun med en faktor 0,3, dvs. 1 ha med lavskov tæller som 0,3 ha MFO. MFO-lavskov må gerne gødskes, men der må ikke anvendes plantebeskyttelsesmidler.

Med de gældende regler er der således et lovgivningsmæssigt skel ved 10 års høstinterval; ved et høstinterval på maks. 10 år sidestilles træarterne på mange måder med andre landbrugsafgrøder, mens et høstinterval på over 10 år kan betragtes som egentlig skovdrift. Hvis man anlægger skov og får tilskud til skovrejsning, så pålægges arealet fredskovspligt efter skovloven, dvs. at arealet fremover skal anvendes til skovbrugsformål og i øvrigt opfylde skovlovens bestemmelser (Naturstyrelsen, 2015a). Fredskovspligten er bindende, og det er således ikke muligt at komme ud af fredskovspligten, selv om tilskud eventuelt opgives eller tilbagebetales (Naturstyrelsen, 2015a). For fredsskovspligtige arealer gælder bl.a., at de skal holdes bevokset med træer, der danner eller indenfor et rimeligt tidsrum vil danne sluttet skov af højstammede træer, og hugst bortset fra tynding må ikke finde sted før bevoksningen eller det enkelte træ har opnået en alder eller dimension, hvor den er hugstmoden (Naturstyrelsen, 2015b).

Udover lovgivningsmæssige forskelle mellem på den ene side landbrug og lavskov/energiskov og på den anden side egentlig skovdrift, så er der også produktionsmæssige forskelle. I rapporten + 10 mio. tons planen (Gylling *et al.*, 2012) er der lavet analyser af mulighederne for øget biomasseproduktion fra både landbrug og skovbrug, og rapporten redegør derfor også for nogle af de grundlæggende forhold omkring landbrug og skovbrug, som opridses i det følgende. I Danmark er landbrugsarealet næsten 5 gange større end skovarealet, men landbrugsarealet producerer 11 gange så meget biomasse. Denne forskel skyldes dels, at landbrugsproduktionen er mere intensiv end skovproduktionen mht. gødsning og pesticider og dels, at der i landbruget høstes en større del af produktionen. Med den nuværende skovdrift i Danmark høstes der årligt omkring 1,5 mio. tons tørstof ud af en overjordisk produktion på ca. 2,4 mio. tons tørstof i skovene, dvs. ca. 60 % af den overjordiske biomasse udtages, mens de 40 % dels går til at øge lageret af træbiomasse i skovene og dels til uudnyttet biomasse, der omsættes løbende og med tiden delvis indgår i mere permanente kulstofpuljer (Gylling *et al.*, 2012). Skovene fungerer derfor som et betydeligt kulstoflager, hvor der alene i den overjordiske vedmasse anslås at være 40 mio. tons kulstof (Graudal *et al.*, 2014). Fra landbrugsafgrøder efterlades også en vis mængde biomasse i form af stubbe, blade og halm m.m., som bidrager til jordens kulstofpulje, men der lagres sjældent biomasse i stående afgrøder (Gylling *et al.*, 2012). Også i denne sammenhæng ligger energiskov som pil og poppel et sted midt imellem landbrug og skovbrug, hvor der vil være tale om nogen lagring af kulstof, og kortere perioder med lagring af stående biomasse.

En stor del af det danske skovareal er pålagt at gennemføre bæredygtig skovdrift, og anvendelse af gødning er begrænset til ganske få unge bevoksninger (Gylling *et al.*, 2012). Derfor er det kun i begrænset omfang muligt at øge biomasseproduktionen fra skove ved øget anvendelse af gødning og pesticider. Til gengæld vurderes der at være betydelige muligheder for over tid at øge udbyttet ved forædling af en del træarter, f.eks. med 25-35 % for de almindeligste nåletræarter, mens der for poppel allerede er foretaget en del forædling (Gylling *et al.*, 2012). Det vurderes også, at biomasseproduktionen fra skove på en bæredygtig måde kan øges markant, bl.a. ved at satse på relativt højproducerende skove med brug af hurtigt voksende træarter som ammetræer og indblanding i skovkulturer og ved øget mobilisering af skovbiomasse (Gylling *et al.*, 2012; Graudal *et al.*, 2014). Både høsten af træ og lagringen af kulstof i skovene vurderes således at kunne øges med mere end 30 % frem mod 2050 (Graudal *et al.*, 2014). I skovdrift udtyndes bevoksningerne af hensyn til de træer, der senere skal bruges til tømmer, men ofte har salget af udtyndingstræ kun i bedste fald kunnet dække omkostningerne til hugst (Leer & Bretner, 2011). Af denne grund har der i skovbruget gennem mange år været fokus på at nedbringe omkostningerne til etablering af nye skovplantninger ved at reducere plantetallet. Resultatet er, at produktionspotentialet ofte ikke udnyttes fuldt ud i de første 20 år af bevoksningernes levetid, og en større anvendelse af hurtigt voksende hjælpetræer og begyndende udtynding efter 10-20 år er foreslået som et middel til at øge biomasseproduktionen i skovene (Leer & Bretner, 2011). Poppel og lærk ser ud til at være de mest relevante arter (Madsen *et al.*, 2013).

Længden på en trægeneration defineres i nogle sammenhænge som 100 år (Graudal *et al.*, 2014), og det er kendetegnende for omstillingen af skovdrift til nye produktionsmål, at det er en langsom proces

(Gylling *et al.*, 2012). Hvis en jordejer vælger at anlægge skov, vil der derfor være tale om en væsentlig længere tidshorisont, hvad enten der sammenlignes med en levealder på omtrent 20 år for en pilekultur eller f.eks. 30 år for en poppelkultur. Produktionen af træbiomasse til energiformål vil kunne øges både via øget areal med energiskov og via øget skovareal og intensiveret skovdrift. Selvom biomasseproduktionen i skove vil kunne øges allerede i løbet af 10-20 år ved anvendelse af hurtigt voksende hjælpetræer i nye skove, så vil biomasseproduktionen relativt hurtigere kunne tilpasses gennem dyrkning af energiskov, især ved dyrkning af pil og til dels ved dyrkning af poppel.

5.1.1.2. Energipil og andre træarter med kort omdriftstid

En række løvtræarter har evnen til at kunne skyde igen fra stødet efter hugst/stævning pga. 'sovende' knopper i barken eller sårranden på stødet (Frederiksen *et al.*, 2013). Evnen til genvækst er størst, så længe stødets diameter ikke overstiger 10-20 cm (Frederiksen *et al.*, 2013). Evnen til genvækst har været grundlaget for såkaldt stævningsskov, som med mellemrum er blevet skovet til forskellige formål og derefter er vokset op igen. Mens stævningsskov i dag mest har naturhistorisk interesse, så lever princippet videre i form af 'energiskov', hvor det typisk er hurtigt voksende træarter som pil, der dyrkes og høstes med få års mellemrum med henblik på anvendelse af biomassen til energiformål (Frederiksen *et al.*, 2013).

Interessen for energiskov har især fokuseret på træarter med hurtig ungdomsvækst, og derfor er der i litteraturen og i praksis størst viden om og erfaring med dyrkning af arter af pil og poppel. Andre træarter som rødelt, ask og hassel har også evnen til at skyde fra stødet og er ligeledes omfattet af ovennævnte regler om dyrkning af lavskov, men der er væsentligt mindre viden om disse arters egnethed til dyrkning med så kort omdriftstid som 10 år. I det følgende vil hovedfokus derfor være på en sammenligning af pil med poppel, mens arterne rødelt, ask og hassel kun vil blive omtalt perifert.

For alle arterne gælder generelt, at der er et samspil mellem plantetæthed og optimal omdriftstid, dvs. optimalt høstinterval vil være relativt kortere, når plantetallet øges. Der vil derfor generelt være et spørgsmål om den økonomiske afvejning af øgede etableringsomkostninger ved højere plantetal, forbedret likviditet i kraft af tidligere høst og indtægt samt evt. ændrede høstomkostninger ved ændrede trædimensioner og høstinterval. Men den optimale balance vil givetvis variere mellem træarterne pga. forskellige etableringspris og forskellig tilvækst.

5.1.1.3. Poppel

Poppelslægten (*Populus* spp.) tilhører samme plantefamilie som pil, og ligesom pil formeres poppel oftest vegetativt ud fra træagtige stiklinger (Brander, 2010). Indenfor poppelslægten anvendes flere forskellige arter og arts krydsninger til energiskov, bl.a. baseret på arter af balsampoppel (f.eks. *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii*) og sortpoppel (f.eks. *P. nigra*, *P. deltoides*).

Jordbundsmæssigt er popler middel krævende, da de næsten alle har behov for jord, som er vandholdende, men ikke en decideret våd jord (Brander, 2010). Poppelarterne opdeles i forskellige sektioner, og der er forskel på, hvordan arter fra de forskellige sektioner trives under forskellige jordbunds- og klimaforhold (Nielsen, 1988). Nielsen (1988) har angivet følgende rangorden for aftagende vækstkraft:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| • Fed/god jord og varmt klima: | Sortpopler > aspe/gråpopler > balsampopler |
| • Mellem jord og mellem klima: | Balsampopler > aspe/gråpopler > sortpopler |
| • Mellem-dårlig jord og koldt klima: | Aspe/gråpopler > balsampopler > sortpopler |

Der er dog store klonforskelle, som gør det vanskeligt at opstille generelle karakterer for poppelkloners vækst (Nielsen, 1988). For alle popler gælder det, at en rigelig forsyning med vand er helt afgørende for væksten (Bergstedt, 1981). Et fællestræk for pil og poppel er derfor, at god vandforsyning er afgørende for at give et godt udbytte, men på meget våde jorde vurderes pil at være bedre egnet

end poppel. Der mangler dog viden om de relative udbyttene for pil og poppel på forskellige jordtyper.

Poppelarter er generelt tolerante overfor frost og vind, dog varierer vindfølsomheden mellem arter (Brander, 2010). Tilvæksten for poppel er generelt stor både i ungdoms- og voksenalderen (Brander, 2010). Nogle poppelarter kan sætte en del rodsud især efter stævning, og i en rækkekultur kan rodsud uden for planterækken være en udfordring, hvis poppelmarken høstes med rækkebestemt udstyr. Poppel skyder generelt godt efter stævning. Se billede 5.1.1. Poppel frø kan spredes vidt omkring men spiring i naturen er sjælden (Brander, 2010). Der kan forekomme en række sygdomme og skadedyr i poppel, bl.a. forskellige svampesygdomme såsom poppelrust (*Melampsora* spp.) og poppelkræft (*Septoria* spp.), men der er stor forskel på arters og kloners modtagelighed (Brander, 2010). I forsøg med poppelkloner til energiskov er der f.eks. fundet klonforskelle i modtagelighed overfor rust og poppelbarkbrand (*Cryptodiaporthe populea*) (Larsen *et al.*, 2014a). Derfor foregår der ligesom for energipil også selektion og forædling af poppel med henblik på at udvikle mere robuste sorter (Rytter *et al.*, 2011).



Billede 5.1.1. Poppel kan ligesom pil og en række andre træarter skyde fra stødet efter høst. Her ses genvækst ca. 2 år efter høst af poppel, hvor ét af skuddene er blevet dominerende og vil danne ny stamme, mens de øvrige skud dør. Foto fra læplantning ved Videbæk. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Agro-Tech).

Poppel har lavere gennemsnitlig årlig produktion end f.eks. granarterne sitka, grandis og douglas, som ubesværet producerer 12-14 tons tørstof pr. ha pr. år, men poppel er alligevel interessant pga. den hurtige kulturstart og omdriftstid (Madsen *et al.*, 2011). Et væsentligt spørgsmål ved poppeldyrkning er, hvad der er den optimale omdriftstid. Svaret afhænger bl.a. af, om der er tale om økonomisk optimal omdriftstid eller produktionsmæssigt optimal omdriftstid, og den økonomisk optimale omdriftstid vil typisk være kortere end den produktionsmæssigt optimale omdriftstid (Madsen, 2015). Der er forskellige bud på produktionsmæssigt optimal omdriftstid for poppel. Ældre undersøgelser har anført, at tilvæksten kulminerer i 20-års alderen (Bergstedt, 1981), mens nyere forskning tyder på, at optimal omdriftstid nærmere ligger omkring 25 år (Madsen *et al.*, 2013) eller op mod 30 år (Nielsen *et al.*, 2014).

Den produktionsmæssigt optimale omdriftstid afhænger imidlertid af det anvendte plantetal, samt hvilket formål biomassen skal anvendes til. Se eksempler på poppel med forskellige plantetal på bilde 5.1.2. og 5.1.3. For svenske forhold har Rytter *et al.* (2011) foreslået forskellige dyrkningsmodeller for poppel med henblik på forskellige produktionsmål:

Dyrkningsmodel for produktion af biomasse til energi:

- 1) 10.000 planter pr. ha (1×1 m), 5-10 års omdriftstid
- 2) 5.000 planter pr. ha (1,4×1,4 m) med forskudt plantning, 3-10 års omdriftstid
- 3) 2.500 planter pr. ha (2×2 m), 10-15 års omdriftstid

Dyrkningsmodel for produktion af vedmasse og biomasse til energi:

- 4) 2.500 planter pr. ha (2×2 m), 10-20 års omdriftstid
- 5) 1.600 planter pr. ha (2,5×2,5), 10-20 års omdriftstid
- 6) 1.600 planter pr. ha (3×3 m), 10-15 års omdriftstid

Dyrkningsmodel for produktion af tømmer med udtag af biomasse til energi:

- 7) 2.500 planter pr. ha (2×2 m), 25 års omdriftstid, 2 udtyndinger
- 8) 1.600 planter pr. ha (2,5×2,5), 25 års omdriftstid, 1 udtynding
- 9) 500 planter pr. ha (4,5×4,5 m), 25 års omdriftstid, ingen udtynding

Den principielle forskel mellem modellerne er, at omdriftstiden forlænges, når plantetallet reduceres og vice versa. Når der plantes tættere, vil der relativt hurtigere opnås en høj produktion, men der vil også gå kortere tid, før planterne begynder at 'klemme' hinanden. Plantekonkurrencen vil resultere i selvudtynding og produktionsnedgang, og der vil derfor være behov for enten en udtynding eller at høste alle træer. Selvom et højt plantetal giver højere udbytte, så vil det dog også være forbundet med højere etableringsomkostninger (Madsen *et al.*, 2013), og for nogle dyrkningsmodeller med lang omdriftstid er det nødvendigt med udtynding undervejs, hvilket som nævnt både medfører en ekstra omkostning og en mulighed for at opnå en større biomasseproduktion i de første år efter etableringen (Leer & Bretner, 2011). Det ses desuden af dyrkningsmodellerne, at lang omdriftstid er en forudsætning for at opnå produkter af højere værdi end biomasse til energiformål.



Billede 5.1.2. og 5.1.3. Poppel dyrkes efter flere modeller med forskelligt plantetal og høstinterval. Øverst ses 3 år gamle popler af klonen Max 3, plantet med 12.000 planter pr. ha og klar til første høst. Nederst ses 8 år gamle popler af klonen OP42, plantet med ca. 2.200 planter pr. ha. Fotos fra træartsforsøg ved Skejby og poppelmark ved True. (Foto: Søren Ugilt Larsen, AgroTech).

Så vidt det vides, er der ikke gennemført systematiske sammenligninger af poppeldyrkning med kort rotationstid på 1-4 år og mellemlang rotationstid på 5-15 år (Nielsen *et al.*, 2014), men det vurderes, at produktionen ved gentagne kortere rotationer vil være lavere end ved længere rotationer (Madsen *et al.*, 2013). Hvis målet er at opnå størst mulig biomasseproduktion pr. ha, så tyder flere undersøgelser som nævnt på, at omdriftstiden for poppel bør være over 20 år (f.eks. Madsen *et al.*, 2013; Niel-

sen *et al.*, 2014), dvs. væsentligt mere end de 10 år, som det med den nuværende lovgivning er muligt at praktisere, hvis man samtidig ønsker arealstøtte. Endvidere kan det for nogle dyrkningsmodeller med lang omdriftstid være vanskeligt at opfylde kravet om minimum 2.000 planter pr. ha (f.eks. model 5 og 6 ovenfor). Til sammenligning er det under svenske forhold muligt at få arealstøtte under landbrugsordningerne til poppel og hybridasp med en rotationstid på op til 20 år og uden noget krav til minimum plantetal, og derfor planter man typisk 1.100-1.500 planter pr. ha (Rytter, 2015). Erfaringerne i Sverige er, at poppel kan dyrkes uden udtynding ved plantetal på 1.000-1.500 planter pr. ha og en omdriftstid på 15 år (Rytter, 2015).

De mest intensive dyrkningsmodeller for poppel med højt plantetal og kort omdriftstid på ned til ca. 3 år minder i princippet meget om dyrkning af energipil mht. drift, høstteknologi og biomasseproduktion over tid. De mere ekstensive modeller med 10 års omdriftstid eller længere har derimod mere 'skovpræg' med sjældnere høst med skovmaskiner og en lidt større forsinkelse på høst af biomassen.

I sammenligning med pil synes poppel ud fra et udbyttmæssigt synspunkt knap så egnet til meget korte omdriftstider. I tyske forsøg med et plantetal på 13.300 planter pr. ha år steg det årlige udbytte i poppel ved at øge høstintervallet fra 3 til 6 år, mens udbyttet for pil derimod faldt (Boelcke & Kahle, 2008). I engelske forsøg var det årlige udbytte generelt højere ved 4 års høstinterval end ved 2 års høstinterval ved både 2.500 og 10.000 popler pr. ha, og det konkluderedes, at længere høstintervaller vil øge udbyttet og reducere høstomkostningerne (Armstrong *et al.*, 1999). I engelske forsøg med kloner af pil og poppel med 10.000 planter pr. ha og høst hvert 3. år steg udbyttet generelt i pileklonerne fra 1. til 2. høstrotation, mens udbyttet generelt faldt for poppelklonerne (Aylott *et al.*, 2008). Et italiensk studie tyder endvidere på, at pil har lidt lavere dødelighed over tid end poppel, når der høstes hyppigt (hvert 2. til 3. år) (Bergante & Facciotto, 2011).

Der er dog meget betragtelige forskelle mellem kloner, både indenfor pil (Larsen *et al.*, 2014b) og indenfor poppel (Nielsen *et al.*, 2014; Larsen *et al.*, 2014a), og sammenligning mellem pil og poppel vil derfor afhænge af, hvilke kloner der indgår i sammenligningen. I danske forsøg med 3 års høstinterval og 12.000 planter pr. ha havde de bedste poppelkloner omtrent samme eller lidt højere udbytte end den anvendte pileklon i 1. høstrotation (Larsen *et al.*, 2014a). I engelske forsøg med 3 års høstinterval og 10.000 planter pr. ha havde de bedste pilekloner lidt højere udbytte end de bedste poppelkloner (Aylott *et al.*, 2008). I tyske forsøg med 3 års høstinterval og 13.300 planter pr. ha havde poppelklonerne højere udbytte end pileklonerne (Boelcke & Kahle, 2008). I nyere tyske forsøg med 3 års høstinterval og 11.000 planter pr. ha havde de bedste kloner af pil og poppel samme udbytt niveau (Hofmann *et al.*, 2011).

En del af disse studier omfatter dog kun en eller to høstrotationer, og det er meget væsentligt at kende udbyttet over en længere årrække. I et dansk forsøg med pil med 2-3 års høstinterval er der opnået et relativt højt udbytte over 16 år (i gns. 12,4 tons tørstof pr. ha pr. år) (Larsen *et al.*, 2014c), og det er relevant at vide, om poppel også kan opretholde et højt udbytt niveau over mange år med så kort høstinterval.

Vurderet ud fra disse sammenlignende forsøg med pil og poppel med 3-årig omdriftstid er der ikke én af arterne, der generelt klarer sig markant bedre. Det relative udbytteforhold mellem pil og poppel med kort omdriftstid vil givetvis både afhænge af jordbundsforhold og klon m.m., og uanset om der plantes pil eller poppel, så er anvendelse af gode kloner samt god dyrkningspraksis en afgørende forudsætning for et højt udbytte. Dette er også tilfældet ved dyrkning af poppel med længere omdriftstider, og her synes poppelklonen OP 42 generelt at have klaret sig bedst i en række danske forsøg (Nielsen, 1988; Nielsen *et al.*, 2014). I forsøg med 1.600 planter pr. ha og en enkelt udtynding efter 8-9 år gav klonen OP 42 (og den samme klon med synonymet Hybrid 275) således i gennemsnit 7,8-9,5 tons tørstof pr. ha pr. år over 13 år (Nielsen *et al.*, 2014). Der er dog brug for flere afprøvede poppelkloner, for at man kan sprede risikoen (Madsen, 2015).

For landmanden, der ønsker at dyrke energiskov, vil der være et afgørende valg mht. omdriftstid for kulturen. Hvis der ønskes en kort omdriftstid (2-4 år) og hurtig biomasseproduktion, så vil der kunne vælges mellem pil og poppel, og det kan muligvis være mest oplagt med pil pga. en bedre genvækst efter hyppig høst samt ikke mindst, hvis der er tale om meget våd jord, hvor pil gror godt, men poppel er usikker. Hvis der ønskes en længere omdriftstid (5 år og længere) vil det være mere oplagt med poppel eller evt. andre hurtigt voksende træarter. Landmandens valg af træart og dyrkningsmodel vil derfor være afhængig af, hvilke ønsker man har til arbejdsindsats (høst ofte eller sjældent), evt. hvilket høstudstyr der kan anvendes (pilehøstudstyr eller skovudstyr), hvor hurtigt man ønsker at kunne høste biomasse, hvilket landskabsmæssigt udtryk man ønsker (højde og dimensioner på træerne) etc. Dertil kommer spørgsmålet om driftsøkonomi, og her spiller den nævnte mulighed for arealstøtte også ind.

Set i lyset af den betydelige variation i udbyttet af både pil og poppel under forskellige forhold og med forskellige kloner, så synes der ikke at være grundlag for at fremhæve en af de to arter som generelt mere produktiv end den anden; pil kan have dyrkningsmæssige fordele under visse forhold, mens poppel kan være mere fordelagtig under andre forhold. For landmanden kan valget mellem pil eller poppel derfor i højere grad afhænge af andre faktorer såsom de nævnte forhold vedr. jordtype, arbejdsindsats, tilgængelig høstteknologi, tidshorisont for biomasseproduktion, landskabsmæssigt udtryk, tilskudsmuligheder etc. Det er dog stærkt ønskeligt med større viden om arternes produktivitet på forskellige jordtyper, og for poppel er det relevant med mere viden om udbytte ved hhv. kortere og længere omdriftstider. I tabel 5.1.1. er opsummeret nogle generelle karakteristika for dyrkning af hhv. pil og poppel – velvidende at der kan være stor variation indenfor både pil og poppel.

Tabel 5.1.1. Generelle karakteristika for dyrkning af hhv. pil og poppel.

Karakteristika	Pil	Poppel
Egnede jordtyper	De fleste, især med god vandforsyning	De fleste men ikke for fugtige
Omdriftstid	2-5 år	Fra 3 til 30 år
Høstudstyr	Generelt traditionelle landbrugsmaskiner	Generelt skovmaskiner
Behov for arbejdsindsats	Moderat	Moderat til lille
Tidshorisont for biomasseproduktion	Kort	Kort til lang
Tidshorisont for opbygning af likviditet	Kort	Kort til lang
Landskabsudtryk	Mellem landbrug og skovbrug	Nærmest skovbrug

Set fra et samfundsmæssigt synspunkt kan det dog være relevant at overveje, hvilke forskelle i drivhusgaseffekter og i samfundsøkonomisk effektivitet de forskellige produktionsmodeller indebærer. Lang rotationstid kan give en vanskelig driftsøkonomi for avleren, fordi indkomsten forskydes ud i fremtiden. Til gengæld opnås en meget effektiv lagring af kulstof i en lang periode, hvorunder teknologier til omsætning af biomasse kan optimeres, således at biomassen ved endelig høst kan omsættes så effektivt som muligt. Da samfundsmæssige tilskud til og økonomisk omsætning i landbrug og skovbrug er meget forskellige, kan det også være relevant at sammenligne den samfundsøkonomiske nettoeffekt af forskellige produktionskoncepter.

5.1.1.4. Rødel

Rødel (*Alnus glutinosa*) kan anvendes på næsten alle jordtyper men trives bedst på fugtig jord, kan tåle stillestående vand og kan tåle at stå på tørvejord (Jøker *et al.*, 2009). Rødel er generelt meget robust overfor vind, frost og ikke optimale jorde med ringe luftindhold (Brander, 2010). På tørre jorde

bliver rødel ikke så høj og gammel (Jøker *et al.*, 2009). I modsætning til f.eks. pil og poppel optager rødel kvælstof fra luften. Rødel skyder villigt fra stubben efter beskæring (Jøker *et al.*, 2009), og hvis der skæres tæt på roden, dannes der vanris, og der vil stort set ikke opstå skader af indtrængende svampe (Brander, 2010). Hvis rødel anvendes som ammetræ, vil træet efter tilbageskæring ofte skygges ihjel (Brander, 2010). Rødel er oftest enstammet men kan blive flerstammet, hvis det er stynet (Brander, 2010). Se billede 5.1.4. med enstammede rødeltræer, der ikke har været stævnet. Ellefrø kan spredes over store afstande, og rødelfrø kan danne tætte bevoksninger (Brander, 2010).



Billede 5.1.4. Rødel i Landskabsarboretet ved SLU i Alnarp, Sverige. Træerne er 17 år gamle og er udtyndet én gang siden etablering. (Foto: Søren Ugilt Larsen, AgroTech).

Udvalget af rødel egnet til dyrkning i Danmark er baseret på et ret snævert genetisk materiale med mindre sundhed end ønskeligt (Madsen, 2015). Der er netop bevilliget et mindre projekt til afprøvning af forskellige provenienser af rødel. I Sverige arbejdes der nu med udvikling af dyrkning af grå-el (*A. incana*), som har en hurtigere ungdomsvækst end rødel, og som sætter rodsrud efter stævning, og som menes at kunne dyrkes med en omdriftstid på 20 år (Rytter, 2015).

Der er i 2011 etableret 3 forsøg i Danmark med sammenligning af pil, poppel og rødel med højt plantetal (12.000 planter pr. ha) og kort høstinterval (3 år). Efter første høstrotation gav rødel stort set samme udbyttelniveau på alle tre jordtyper (13-15 tons tørstof pr. ha). Men rødel gav væsentligt lavere udbytte end pil og poppel i de to forsøg på god jord (lerjord hhv. lerblandet sandjord), mens udbyttet var på omtrent samme niveau som pil og poppel i forsøget på grovsandet jord (Larsen *et al.*, 2014). Det formodes, at rødellens evne til at fikse kvælstof kan have været en fordel på denne mindre frugtbare jordtype. Det skal dog også nævnes, at rødellen i disse forsøg blev etableret med barrodsplanter (planter med rod), mens pil og poppel blev etableret med stiklinger (stængelstykker uden rod), dvs. der er tale om en væsentligt dyrere etablering af rødellen. Det er næppe rentabelt at dyrke rødel med så høje plantetal (Madsen, 2015). Derfor synes det mere oplagt at anvende rødel med lavere plantetal og længere omdriftstid, hvilket dog kan kræve udtynding. Det er dog ønskeligt med

bedre sammenligning af produktiviteten for hhv. poppel og rødels og andre arter af el på forskellige jordtyper og med f.eks. 10-20 års omdriftstid.

5.1.1.5. Ask

Skov med alm. ask (*Fraxinus excelsior*) findes hovedsagelig i nedbørsrige områder med høj grundvandsstand, på næringsrig, fugtig og kalkholdig jord, men ask trives ikke på permanent sumpede jorde og tørvejorde (Schmidt et al., 2009). Ask vokser generelt dårligt på sandede, tørre jorde, og den kan mistrives på vindudsatte lokaliteter (Schmidt et al., 2009). Andre oplyser dog, at ask er tolerant overfor vind og kystnærhed (Brander, 2010). Alm. ask kan producere mange frø, som kan spredes kraftigt og kan fungere som ukrudt (Brander, 2010). Ungdomsformen er middel til lang med 15-30 år, og tilvæksten kan være middel til stor i både ungdomsfasen og voksenalderen (Brander, 2010). Se billede 5.1.5. med 23 år gammel askeskov.



Billede 5.1.5. En 23 år gammel beplantning af alm. ask ved Hinnerup. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Agro-Tech).

I de seneste år er der observeret tiltagende angreb af svampesygdommen asketoptørre, som medfører bladtab, døde grenpartier og i værste fald kan få træer og stødskud til at gå ud (Thomsen et al., 2015). Almindelig ask er særligt modtagelig for asketoptørre, mens andre askearter er mindre modtagelige. Grundet denne sygdom frarådes det generelt at plante alm. ask, da der ikke findes resistente

kloner, og da de modtagelige kloner ikke når igennem den sårbare fase (1-10 år) (Thomsen, 2015). Se billede 5.1.6. Interessen for at plante ask er derfor mindsket meget.



Billede 5.1.6. Alm. ask har de seneste år været angrebet af svampesygdommen asketoptørre, som kan være dødelig især for unge træer. Her ses en askeplantning ved True, hvor træerne er meget plagede af sygdommen. (Foto: Søren Ugilt Larsen, AgroTech).

Ask opnår den maksimale produktion væsentligt tidligere end f.eks. bøg, men tiden til maksimal produktion er stadig i størrelsesordenen 20-35 år og med stor variation mellem lokaliteter og undersøgelser (Dobrowolska *et al.*, 2011). I et review fandt Dobrowolska *et al.* (2011), at plantetallet varierede betydelig mellem forskellige steder i Europa fra 500 til 10.000 træer pr. ha. Stor plantetæthed vil fremme højdetilvækst, mens lavere plantetæthed vil fremme diameter-tilvækst, men plantetallet skal bl.a. tilpasses efter omkostningerne og forventet dyrkningspraksis (Dobrowolska *et al.*, 2011). Generelt synes der at findes meget lidt viden om produktionsmulighederne for ask ved omdriftstider i størrelsesordenen 10-20 år, men det vurderes at være urealistisk med dyrkning af ask til energiformål med 8.000 planter pr. ha og høst minimum hvert 10. år (Madsen, 2015).

Den sparsomme viden om udbytter ved korte omdriftstider og det udbredte problem med sygdommen asketoptørre gør, at potentialet for dyrkning af ask med kort omdriftstid på nuværende tidspunkt synes at være begrænset sammenlignet med f.eks. pil og poppel.

5.1.1.6. Hassel

Alm. hassel (*Corylus avellana*) er en stor flerstammet busk, som trives på fugtig og mineralrig bund (Hansen *et al.*, 2009). Hassel trives ikke på meget tørre eller meget våde jorde og surbunds-lokaliteter (Hansen *et al.*, 2009). Hassel er frostdålsom, ligesom vindførheden er god, dog trives hassel mindre godt nær Vesterhavet (Brander, 2010). Hassel tåler fint beskæring og stævning (Hansen *et al.*, 2009). Ungdomsfasen for hassel varer 8-15 år og sjældent op til 15-20 år, og planterne har normalt nået fuld højde efter 10-15 år. Se billede 5.1.7. med 17 år gammel hasselkultur.

Der synes kun at være begrænset viden om biomasseproduktionen i hassel sammenlignet med f.eks. pil og poppel. Det vurderes dog, at hassel vil have en væsentligt lavere produktion end f.eks. poppel

(Rytter, 2015). Forsøg ved Aarhus Universitet med dyrkning af poppel og hassel med 3 års høstinterval og 12.000 planter pr. ha tyder også foreløbig på en betydeligt lavere biomasseproduktion i hassel end i poppel.



Billede 5.1.7. Hassel i Landskabsarboretet ved SLU i Alnarp, Sverige. Træerne er 17 år gamle. (Foto: Søren Ugilt Larsen, AgroTech).

5.1.1.7. Konklusioner

Traditionelt har der været skelnet mellem landbrug og skovbrug, men dyrkning af hurtigt voksende træarter som pil og poppel ligger et sted midt imellem. Lovgivningsmæssigt er der med de nuværende regler et skel ved 10 år, idet landmanden kan nå direkte arealstøtte (grundbetaling og grøn støtte) til dyrkning af pil, poppel og en række andre træarter, hvis der stævnes minimum hvert 10. år, og plantetallet er minimum 8.000 planter pr. ha, dog minimum 2.000 planter pr. ha for poppel. Den landbrugsmæssige drift af lavskov eller energiskov er karakteriseret ved en mere intensiv dyrkning med større input og et tidligere udtag af biomasse end ved egentlig skovbrug.

Træarter, der egner sig til energiskov, er karakteriseret ved en hurtig etablering, stor ungdomsvækst og evnen til at kunne skyde igen efter stævning. Udover pil vurderes poppel at være blandt de træarter, der har størst potentiale for dyrkning til energiskov. Poppel kan dyrkes på de fleste jordtyper og kræver ligesom pil en god vandforsyning, men på meget våd jord vurderes pil at være mere egnet. Det er dog stærkt ønskeligt med større viden om arternes produktivitet på forskellige jordtyper. Der findes forskellige dyrkningsmodeller for poppeldyrkning. Den mest intensive dyrkningsmodel omfatter et højt plantetal på op til ca. 10.000 planter pr. ha kombineret med kort høstinterval på ned til 3 år, og denne form for poppeldyrkning minder principielt meget om dyrkning af pil. Der er ikke noget klart billede af, om pil eller poppel giver højest udbytte ved så kort høstinterval, og om udbytteneiveauet kan opretholdes for poppel over gentagne høstrotationer. Forsøg tyder dog på, at pil trives bedst med korte høstintervaller, mens poppel generelt trives bedre med længere høstintervaller. Derfor findes der også mere ekstensive modeller for poppeldyrkning med lavere plantetal på ned til mellem 1.000

og 2.500 planter pr. ha kombineret med et høstinterval på 10-30 år. Udbyttmæssigt vurderes det at være optimalt med mellem 20 og 30 års høstinterval i poppel, hvilket dog kan kræve en udtynding undervejs. Svenske erfaringer tyder på, at poppel kan dyrkes med 1.100-1.500 planter pr. ha og et høstinterval på 15 år uden behov for udtynding. Uanset dyrkningsmodel vil udbyttet være meget afhængig af klonvalget, og der er ønske om et bredere udvalg af poppelkloner.

Af andre hurtigt voksende træarter vurderes rødæl at være en mulighed på meget våde arealer, men der er kun begrænset genetisk udvalg. Desuden vides der kun lidt om udbyttet ved korte høstintervaller på f.eks. 10 år. Det frarådes for tiden at plante alm. ask i Danmark pga. sygdommen asketoptørre. Hassel vurderes at have væsentligt lavere udbytte end pil og poppel.

For landmanden vil valget mellem træart bl.a. afhænge af jordtype, men det vil også være et valg mellem kort og lang omdriftstid. Derfor vil valget også afhænge af f.eks. arbejdsindsats, tilgængelig høstteknologi, tidshorisont for biomasseproduktion, landskabsmæssigt udtryk, tilskudsmuligheder etc.

5.1.1.8. Referencer

Armstrong, A., Johns, C. & Tubby, I. (1999). Effects of spacing and cutting cycle on the yield of poplar grown as an energy crop. *Biomass & Bioenergy*, 17, 305-314.

Aylott, M.J., Casella, E., Tubby, I., Street, N.R., Smith, P. & Taylor, G. (2008). Yield and spatial supply of bioenergy poplar and willow short-rotation coppice in the UK. *New Phytologist*, 178, 358-370.

Bergante, S. & Facciotto, G. (2011). Nine years of measurements in Italian SRC trial with 14 poplar and 6 willow clones. Præsentation i Session OC4.2 på 19th European Biomass Conference, 8. juli 2011, Berlin, Tyskland. *Proceedings*, s.178-182.

Bergstedt, A.E. (1981). Dyrkning af poppel. Statens forstlige Forsøgsvæsen. 106 s.

Boelcke, B. & Kahle, P. (2008). Energieholzproduktion mit Weiden und Pappeln - Ertragsbildung und Grundnährstoffbedarf. *Pflanzenbauwissenschaften*, 12(2), 78-85.

Brander, P.E. (2010). Træer og buske i by og land. Økologi, fysiologi, morfologi, klima og dyrkning. Med væsentlige bidrag af E.N. Eriksen, I.A. Olsen og J. Thejsen. Forlaget Grønt Miljø. 495 s.

Dobrowolska, D., Hein, S., Oosterbaan, A., Wagner, S., Clark, J. & Skovsgaard, J.P. (2011). A review of European ash (*Fraxinus excelsior* L.): implications for silviculture. *Forestry*. Forestry Advance Access published March 2 2011. doi:10.1093/forestry/cpr001. <http://forestry.oxfordjournals.org/content/early/2011/03/02/forestry.cpr001.full.pdf+html>

Frederiksen, P., Staun, H. & Buttenschøn, R. M. (2013). Skove med andre driftsformer. Stævnings-skove. Den Store Danske, artikel oprettet 1/5 2013, senest redigeret 14/8 2013. Tilgået 6/10 2015. http://www.denstoredanske.dk/Naturen_i_Danmark/Skovene/Skovtyper_i_Danmark/Driftsbetingede_skovtyper/Skove_med_andre_driftsformer

Graudal, L., Nielsen, U.B., Schou, E., Thorsen, B.J., Hansen, J.K., Bentsen, N.S., og Johannsen, V.K. (2013): Muligheder for bæredygtig udvidelse af dansk produceret vedmasse 2010-2100. Perspektiver for skovenes bidrag til grøn omstilling mod en biobaseret økonomi, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, 86 s. ill. <http://ign.ku.dk/formidling/publikationer/rapporter/filer-2013/Final-Skovenes-bidrag-biobaseret-oekonomi-17jan.pdf>

Gylling, M., Jørgensen, U., Bentsen, N.S., Kristensen, I.T., Dalgaard, T., Felby, C. & Johannsen, V.K. (2012). +10 mio. tons planen: Muligheder for en øget dansk produktion af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier. Fødevareøkonomisk Institut, Københavns Universitet.

Hansen, L.N., Jensen, J.S. & Olrik, D.C. (2009). Plant for vildtet – Hassel. Faktablad udgivet af Skov- og Naturstyrelsen og Skov & Landskab. Udgivet november 2007, redigeret januar 2009. http://naturstyrelsen.dk/media/nst/Attachments/09Hassel_jan09.pdf

Hofmann, M., Amthauer Gallardo, D. & Siebert, C. (2011). Klon-Standort-Wechselwirkung bei Pappel und Weide. Indlæg 21/9 2011. Züchtung und Ertragsleistung schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb – Erkenntnisse aus drei Jahren FastWOOD, ProLoc und Weidenzüchtung. 21. und 22. September 2011, Hann. Münden, Tyskland.

Jøker, D., Hansen, L.N., Jensen, J.S. & Olrik, D.C. (2009). Plant for Vildtet - Rødel. Faktablad udgivet af Skov- og Naturstyrelsen og Skov & Landskab. Udgivet november 2007, redigeret januar 2009. http://naturstyrelsen.dk/media/nst/Attachments/05Roedel_jan09.pdf

Larsen, S.U., Pedersen, J., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2014a). Pil og andre træarter. Store udbytteforskelle i træartsforsøg med poppelsorter, pil og rødel. Oversigt over Landsforsøgene 2014. s.179-182.

Larsen, S.U., Jørgensen, U. and Lærke, P.E. (2014b). Willow yield is highly dependent on clone and site. Bioenergy Research, 7, 1280-1292.

Larsen, S.U., Jørgensen, U., Kjeldsen, J.B. and Lærke, P.E. (2014c). Long-term yield effects of establishment method and weed control in willow for short rotation coppice. Biomass & Bioenergy, 71, 266-274.

Leer, E. & Bretner, M.-L. (2011). Danske skove kan fordoble produktionen af træ til energi. Baggrundsnotat, udgivet af HedeDanmark, Skovdyrkerne og Dansk Skovforening. November 2011. 13 s. <http://www.skovforeningen.dk/media/Baggrundsnotatet.pdf>

Madsen, P. (2015). Personlig meddelelse 7/10 og 12/10 2016, professor Palle Madsen, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.

Madsen, E.M., Madsen, P. & Nielsen, U.B. (2011). Poppelstatus – hvad vi ved og *ikke* ved om poppel! Skoven, 10:2011, 414-418.

Madsen, P., Nielsen, A.T., Madsen, E.M. & Nielsen, U.B. (2013). Poppel – hjælpe- og produktionsart. Skoven, 8:2013, 316-318.

NaturErhvervsstyrelsen (2015). Vejledning om direkte arealstøtte 2015. Grundbetaling, grønne krav, ø-støtte og støtte til unge nyetablerede landbrugere. NaturErhvervsstyrelsen, september 2015. 191 s. http://naturerhverv.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tilskud/Arealtilskud/Direkte_stoette_-_grundbetaling_mm/2015/Vejledning_endelig_udgave_januar_2015.pdf

Naturstyrelsen (2015a). Privat skovrejsning. Vejledning om tilskud til privat skovdrift. Naturstyrelsen, Miljøministeriet. Version 2, udgivet 2015. http://naturstyrelsen.dk/media/139750/vejledning_skovrejsning_2015.pdf

Naturstyrelsen (2015b). Vejledning om Skovloven §8 – Arealanvendelse. Vejledning udgivet af Naturstyrelsen, Miljø- og Fødevareministeriet. Senest ændret 11. august 2015. 10 s. <http://naturstyrelsen.dk/media/164307/vejledningen-om-skovlovens-8-senest-aendret-d-11-august-2015.pdf>

Nielsen, U.B. (1988). Foreløbig vurdering af poppelkloner til skovrejsning på landbrugsmæssig marginaljord. Udvalgelse af materiale til etablering af dyrkningsforsøg. Rapport nr. 1, Statens forstlige Forsøgsvæsen, 1988. 75 s.

Nielsen, U.B., Madsen, P., Hansen, J.H., Nord-Larsen, T. & Nielsen, A.T. (2014). Production potential of 36 poplar clones grown at medium length rotation in Denmark. Biomass & Bioenergy, 64, 99-109.

Rytter, L. (2015). Personlig meddelelse, 12/10 2015. Lars Rytter, Forsker, Skogforsk, Sverige.

Rytter, L., Johansson, T., Karacic, A. & Weih, M. (2011). Orienterande studie om et svenskt forskningsprogram för poppel. Arbetsrapport, Skogforsk, Nr. 733 2011. Skogforsk, SLU, Energimyndigheten. 148 s.

Schmidt, L., Jensen, J.S. & Olrik, D.C. (2009). Plant for vildtet – Ask. Faktablad udgivet af Skov- og Naturstyrelsen og Skov & Landskab. Udgivet november 2007, redigeret januar 2009. http://naturstyrelsen.dk/media/nst/Attachments/24ask_jan09.pdf

Thomsen, I.M. (2015). Personlig meddelelse 6/10 2016 fra seniorrådgiver Iben Margrethe Thomsen, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.

Thomsen, I.M., Kjær, E.D., Nielsen, L.R. & McKinney, L.V. (2015). Asketoptørre. Internetartikel fra Københavns Universitet, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning. Artiklen er downloaded 6/10 2015. <http://ign.ku.dk/samarbejde-raadgivning/myndighedsbetjening/skovsundhed/asketoptoerre/>

5.1.2. Brændelsesegenskaber for pil vs. poppel

Af Poul Erik Lærke

I den komparative vurdering af forskellige træarter til energiformål er brændelsesegenskaber af afgørende betydning. Derfor præsenteres der i dette afsnit en sammenligning af brændelsesegenskaber for pil og poppel.

5.1.2.1. Sammenligning af brændelsesegenskaber

I tabel 5.1.1 sammenlignes pil og poppels brændelsesegenskaber. Heraf fremgår det, at der kun er få og små forskelle mellem pil og poppel. Nye danske undersøgelser af 5 poppelkloner efter tre års vækst viser, at det gennemsnitlige askeindhold som mål for brændelseskvalitet er lidt højere i poppel end i pil (0,3 % højere), hvilket umiddelbart synes at kunne tilskrives en højere koncentration af kalium i poppel. Derimod viser de danske undersøgelser også, at der akkumuleres mindre cadmium i poppel (0,3 mg kg⁻¹ tørstof) end i pil (0,9 mg kg⁻¹ tørstof). DS/EN ISO standard 17225-1 (CEN, 2014) angiver endnu større forskel på cadmium indholdet i pil og poppel (difference på 1,5 mg kg⁻¹ tørstof) end det danske studie.

Hvis popler dyrkes med længere rotationstid, kunne det tænkes, at askeindholdet vil nærme sig askeindholdet i skovtræ (tabel 2.2.1). Imidlertid har undersøgelser på pil vist, at de største ændringer i askekoncentrationer sker op til 20 mm skudtykkelse, som beskrevet i afsnit 2.2.2.4. Der er derfor behov for undersøgelser, der kan dokumentere, om askeindholdet er lavere i popler dyrket i lang rotation sammenlignet med askeindholdet i popler dyrket i kort rotation.

5.1.2.2. Konklusioner

Der er ikke markant forskel på brændelseskvaliteten af pil og poppel dyrket med samme rotationslængde, når der alene ses på mineralsammensætningen. Dog vil et lidt højere cadmiumindhold i pil end i poppel i nogle tilfælde kunne give udfordringer med at overholde tilladte grænseværdier for varmemærkers spildevand. Omvendt vil poppel ikke være så effektiv som pil til at rense jord kontamineret med cadmium (fytoremediering, se afsnit 3.1.1.6.). Der er dog også behov for at se på evt. forskelle i andre kvalitetsparametre mellem pil og poppel såsom askesmeltepunkt.

Tabel 5.1.1. Sammenligning af pil og poppels brændværdi, askeindhold samt indhold af grundstoffer der har betydning for brændselskvalitet.

	Lantmännen Agroenergi AB		DS/EN ISO standard 17225-1						Energipil ²⁾	Poppel ³⁾	Poppel ⁴⁾
	Energipil ¹⁾		Energipil		Energipoppel						
	Gennemsnit	Interval	Gennemsnit	Interval	Gennemsnit	Interval	Gennemsnit	Gennemsnit			
Vandindhold (%)	50	45-55	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	53,2-55,5	n.d.	51,7-56,9		
Brændværdi (LHV, MJ/kg))	19,2	n.d.	18,4	17,7-19,0	18,4	18,1-18,8	n.d.	n.d.	n.d.		
Ash, % TS	1,6	1,3-2,1	2	1,1-4,0	2	1,5-3,4	1,6	2	1,9		
N, % TS	0,4	0,3-0,7	0,5	0,2-0,8	0,4	0,2-0,6	n.d.	n.d.	n.d.		
S, % TS	0,04	0,02-0,08	0,05	0,02-0,1	0,3	0,02-0,10	0,066	n.d.	n.d.		
Cl, % TS	0,005	0,002-0,014	0,03	0,01-0,05	<0,01	<0,01-0,05	0,046	n.d.	n.d.		
P, mg/kg TS	500	300-800	800	500-1300	1000	800-1100	900	650	850		
Ca, mg/kg TS	4400	2500-7000	5000	2000-9000	5000	4000-6000	4000	3500	4000		
Mg, mg/kg TS	450	250-800	500	200-800	500	200-800	400	350	550		
Mn, mg/kg TS	60	40-80	97	79-160	20	n.d.	43	15	24		
K, mg/kg TS	2500	1500-4000	2500	1700-4000	2500	2000-4000	3000	2500	4000		
Cd, mg/kg TS	1,7	0,9-2,4	2	0,2-5	0,5	0,2-1	0,9	n.d.	0,4		
Cu, mg/kg TS	4	n.d.	3	2-4	3	2-4	4	3	3		
Zn, mg/kg TS	n.d.	n.d.	70	40-100	50	30-100	60	35	41		

¹⁾ Data fra analyser udført i perioden fra 1994 til 2001 af Analytic Standard AB i et projekt sammen med Sveriges Landbrugsuniversitet (SLU). Prøverne er fra høst af et antal pilemarker i Midtsverige (Larsson, 2010).

²⁾ Gennemsnit af 2 forsøg med 8 pilekloner høstet efter 3 års vækst på to forskellige lokaliteter i Danmark der fik tildelt gødning (Liu, 2015).

³⁾ Gennemsnit af 9 poppelkloner høstet efter 3 års genvækst på en ugødet lokalitet i Brandenburg, Tyskland (Liu, 2015)

⁴⁾ Gennemsnit af 2 forsøg med 5 poppelkloner høstet efter 3 års vækst på to forskellige lokaliteter i Danmark der fik tildelt gødning (Lærke et al., 2015)

5.1.2.3. Referencer

CEN (2014). DS/EN ISO 17225-1 Solid biofuels - fuel specifications and classes - part 1: General requirements. European Committee for Standardization.

Larsson, S. (2010). Norm values for harvested Salix wood chips. Lantmännen Agroenergi AB, Svalöv, Sverige, 18/8 2010. http://www.vattenmyndigheterna.se/SiteCollectionDocuments/sv/sodra-oster-sjon/samrad/samradssvar/ftg_org/EuropeanWillowBreedingAB_nr2_SÖ_OK.pdf

Liu N. (2015). Biomass quality of willow, poplar and miscanthus in relation to requirements for combustion. PhD Thesis at Department of Agroecology, Aarhus University. pp. 180.

Lærke, P.E., Larsen, S.U., Nielsen, A.T., Stupak, I., Raulund-Rasmussen, K. & Jørgensen, U. (2015). Yield and quality of poplar clones grown as SRC at three sites with different soil types in Denmark. Aspects of Applied Biology 131:269-274.

5.1.3. Driftsøkonomisk sammenligning mellem pil og andre træarter

Af Karen Jørgensen

5.1.3.1. Eksempel på driftsøkonomi for poppel

Interessen for træflisproduktion baseret på hurtigt voksende træarter har inden for de seneste 10 år været stigende. Det er primært pil, der dyrkes med kort omdriftstid, men der er dog også arealer med poppel og andre træarter. Der er yderst få informationer om dyrkningen og de produktionsmæssige forhold ud over pil, hvilket gør det vanskeligt at give et entydig svar på, hvilke træarter der økonomisk set er bedre end andre. Nedenfor er vist et konkret eksempel på dyrkning af poppel samt udarbejdet en budgetberegning på henholdsvis pil og poppel.

Et konkret eksempel oplyst fra firmaet Ny Vraa Bioenergy viste, at ved høst af 2,6 ha poppel på JB 1-3 har det samlede høstudbytte været på 2.200 GJ svarende til ca. 120 tons tørstof, svarende til 4,5 tons tørstof pr. ha pr. år. Der var ca. 4,2 tons råvare pr. rm. svarende til ca. 120 kg tørstof pr. rm. Dette er lidt lavere end for pil, hvor der typisk regnes med 3,5 rm. pr. ton råvare svarende til 145 kg tørstof pr. rm. Vandprocenten lå omkring 50 %. Poplen blev høstet lige inden der var gået 10 år. Det er planen, at der skal høstes to gange mere med 10 års interval.

Kort opridset har der for dette areal været omkostninger til plantning på 9.700 kr., fældning og flisning på i alt 50.500 kr. samt læsning og transport på 25.000 kr. Der er tilført 74 kg N pr. ha i plantningsåret, og værdien er sat til 1.200 kr. Der er ikke foretaget ukrudtsbekæmpelse i perioden. Flisen er solgt til 43 kr. pr. GJ svarende til 94.600 kr., hvilket giver et dækningsbidrag på 8.200 kr. svarende til 3.615 kr. pr. ha i løbende priser.

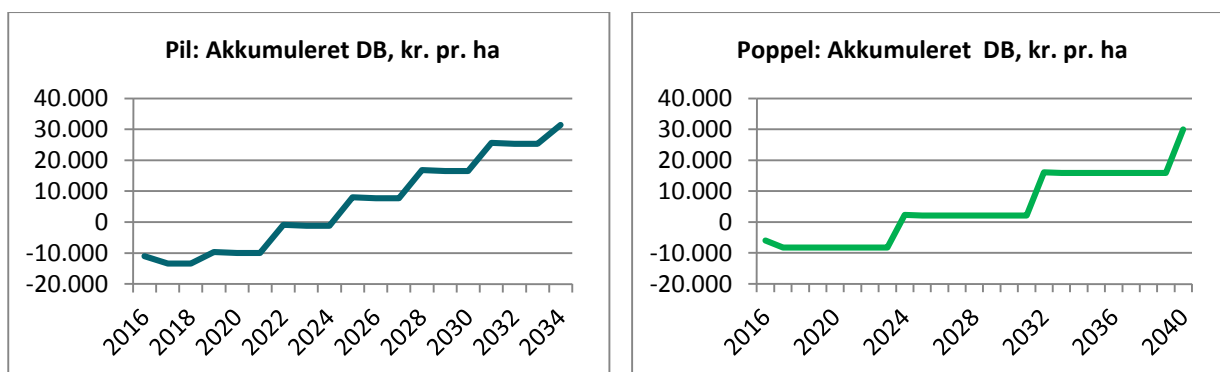
Ud fra de få opnåede oplysninger om økonomien ved poppeldyrkning er der lavet en økonomisk kalkule for poppel med 7 års høstinterval, som er sammenholdt med kalkulen for pil med 3 års høstinterval (afsnit 4.2.1.). I tabel 5.1.2. er vist forudsætningerne for beregningerne for hhv. pil og poppel, i tabel 5.1.3. er vist de beregnede dækningsbidrag, og i figur 5.1.1. er vist den akkumulerede likviditet over tid.

Tabel 5.1.2. Forudsætninger for kalkuleberegninger for pil og poppel på sandjord. Oplysninger for poppel er baseret på oplysninger fra Skovdyrkerne, medio 2013, og Henrik Bach, Ny Vraa Bioenergy, november 2015.

Faktor	Pil	Poppel
Stiklinger, antal pr. ha	12.000	2.500
Omdrift, antal år	18	21
Høst, antal gange	6	3
Udbytte, tons tørstof pr. ha pr. år	9	8
Udbytte, GJ pr. ha pr. år	147	134
Afstand til aftager, km	11-15	11-15
Pris, kr. pr. GJ	44	44
Diskonteringsfaktor, %	5	5

Tabel 5.1.3. Kalkuleberegninger for henholdsvis pil og poppel, november 2015.

	Pil		Poppel	
	I alt for levetiden	Pr. år	I alt for levetiden	Pr. år
Samlede udgifter, kr. pr. ha	85.113	4.728	105.512	4.396
Samlede indtægter, kr. pr. ha	116.553	6.475	135.465	5.644
DB i alt, kr. pr. ha	31.440	1.747	29.953	1.248
Nutidsværdi af DB, kr. pr. ha		1.040		599



Figur 5.1.1. Akkumuleret DB i løbende kr. for dyrkning af pil med 3 års høstinterval og dyrkning af poppel med 7 års høstinterval.

Ved sammenligning af pil og poppel viser de få resultater, der er til rådighed, at for de bedste pilekulturer giver pil et bedre økonomiske resultat end poppel. Det er dog tænkeligt, at gode poppelkulturer vil være på niveau med gode pilekulturer. Under alle omstændigheder er det dog stærkt ønskeligt med et bedre datagrundlag for udbyttet i poppel under forskellige forhold.

Driftsøkonomien for poppelkulturer har de samme udfordringer som ved dyrkning af pil. Der skal høje udbytter til for at få et tilfredsstillende økonomisk resultat. Ud over god arrondering skal omkostninger til høst, flisning og ikke mindst transport matche de salgspriser, der er på flis. Prisen på flis er i skrivende stund ca. 44 kr. pr. GJ uafhængig af, hvilke træarter flisen stammer fra. De våde flistyper, dvs. med en vandprocent over 50 %, vil have det svært, da afregningsprisen pr. ton tørstof vil være alt for lav i forhold til de samlede omkostninger.

De nuværende erfaringer vedr. flisproduktionen viser med al tydelighed, underordnet hvilke træarter det drejer sig om, at det kræver en god etablering med et tilstrækkeligt antal planter, der har en hurtig vækst for at reducere mængden af ukrudt især de to første år. Det skulle gerne medføre, at første høst kan give et tilstrækkeligt stort udbytte til at dække omkostningerne. Hvis første høst bliver for lille, er det svært at indhente indtjeningsstab selv over en lang levetid for kulturen.

En anden ting, som flisproducenterne har fokus på, er afregningsprisen. Prisen på flis har ikke ændret sig væsentligt inden for de seneste år. Prisen på flis var i 2008-2010 på ca. 35 kr. pr. GJ, og som tidligere nævnt er dagsprisen omkring 44-46 kr. pr. GJ.

Energistyrelsen har i 2014 udarbejdet en fremskrivning af energipriserne "Samfundsøkonomiske beregningers forudsætninger", hvor der ikke forventes nogen stigning i flisprisen. Markedet for flis virker til at være meget stabilt, hvilket ifølge Dansk Fjernvarme er en af grundene til, at brugen af flis er stigende hos fjernvarmeværkerne.

5.1.3.1. Konklusioner

Dyrkningen af pil og poppel er på mange områder ens. Det, der adskiller afgrøderne fra hinanden, er bl.a. antallet af planter pr. hektar, og hvor ofte der høstes. Forskellen i høstinterval bestemmer, hvordan likviditetsflowet bliver. For poppel med f.eks. 10 års omdriftstid går der længere tid end for pil, før de første salgsindtægter kommer ind til dækning af etablerings- og driftsomkostningerne. Pil når at blive høstet to gange, før poppel bliver høstet første gang. Poplen er næsten og lige ved at få dækket etablerings- og driftsudgifter efter første høst, hvorimod pil skal høstes 3 gange, før etablerings- og driftsomkostningerne er dækket ind, jf. figur 5.1.1. Dette viser bl.a., at udbyttet, der høstes i første høst, er afgørende for, om etableringen vil blive rentabel for hele dyrkningsperioden.

5.1.4. Klima-, natur- og miljøeffekter poppel sammenlignet med pil

Af Poul Erik Lærke

I dette afsnit belyses den eksisterende viden om klima-, natur- og miljøeffekter for poppel sammenlignet med pil.

5.1.4.1. Sammenligning af poppel med pil

Der findes kun ganske få publikationer om effekter på klima, natur og miljø, hvor pil og poppel er blevet sammenlignet direkte i eksperimentelle studier.

I forbindelse med en svensk livscyklusvurdering af træpiller produceret fra pil i kort rotation (3-4 år) og poppel i 10 års rotations blev det konkluderet, at poppel er bedre end pil til at reducere atmosfærens indhold af drivhusgas (Porsö & Hansson, 2014). Denne konklusion er imidlertid baseret på gamle udbyttedata samt modelberegninger af opbygning af kulstof i jorden baseret på rodstudier i et ældre lysimeterforsøg med pil (Ericsson *et al.*, 2013; Rytter, 2005; Mola-Yudego, 2008). Netop udbytte og kulstoflagring i jorden var afgørende faktorer i LCA-studiet, selvom energiforbruget ved dyrkning, høst

og transport var størst for poppel dyrket i den lange rotation. Et andet svensk studie baseret på måling af drivhusgasudledning fra en mark med energipil viste derimod, at kulstoflagringen var meget større end modelestimaterne for pil præsenteret af Porsö *et al.* (2014) og 5-10 gange større end kulstoflagringen i en kommerciel granskovsplantage (Grelle *et al.*, 2007). Endelig har Djomo *et al.* (2011) sammenlignet 26 studier af pil og poppel og konkluderet, at variationen mellem studier inden for samme art overstiger publicerede forskelle mellem pil og poppel, så derfor er det svært at drage nogen konklusion mht. klimaeffekter.

Mulige effekter på biodiversiteten ved dyrkning af pil og poppel er blevet beskrevet i en ny håndbog der netop er udkommet (Dimitriou & Rutz, 2015). Bundvegetationen i en mark med pil eller poppel kan udvikle sig forskelligt afhængig af, hvor stor en mængde lys der når ned til jordoverfladen. Lysmængden afhænger af træarten, planteafstanden mellem træerne og rotationslængden. Ved samme plantetæthed og rotationslængde reducerer pil i højere grad end poppel mængden af lys, der når jordoverfladen, og pil fremmer derfor en bundvegetation, som typisk findes i traditionelle skove (Dimitriou & Rutz, 2015). Højere plantetæthed og længere rotationslængde indenfor samme træart vil give samme effekt på bundvegetationen. Planterækkens retning vil også kunne påvirke mængden af lys, der når ned til bundvegetationen. Hvis planterækkerne orienteres i øst-vest retningen, reduceres lysmængden.

Generelt stiger antallet af fugle og fuglearter på arealer tilplantet med pil og poppel sammenlignet med konventionelle landbrugsarealer (Rowe *et al.*, 2009). Gradvist skifter sammensætningen af fuglearter fra arter tilpasset det åbne landskab til arter, der ynder at bygge rede i større buske og endelig til arter, der normalt lever i skove. Poppel der dyrkes i lang rotation vil derfor i højere grad end pil og poppel i kort rotation kunne fungere som habitat for skovfugle. Den højeste fuglediversitet findes imidlertid i 2-5 år gamle kulturer (Dimitrou & Rutz, 2015).

Endelig kan pil og poppel fremme leveforholdene for bier. Specielt pil kan være en vigtig pollenkilde i det tidlige forår (Dimitrou & Rutz, 2015). Poppel er derimod en vigtig kilde til propolis, som bierne henter fra skud- og blomsterknopper. Bierne benytter propolis som antiseptisk materiale i bikuben.

I et par tyske studier er der sammenlignet effekten af at dyrke pil hhv. poppel på udvaskningen af nitrat fra rodzonen. Det ene studie undersøgte pileklonen Inger og poppelklonen Max4 dyrket på en JB 4 jord i Tyskland (Balasus *et al.*, 2012). I løbet af de første to år efter etableringen målttes en årlig N-udvaskning på 25 og 40 kg N pr. ha fra hhv. pil og poppel, når der årligt blev gødet med 75 kg N pr. ha. Hverken pil eller poppel kvitterede med et merudbytte, når der blev gødet, så derfor må det antages, at der var tale om en meget næringsrig jord. I et andet nordvesttysk studie målttes enten ingen forskel på N-udvaskningen fra pil og poppel i forholdsvis unge beplantninger eller en lidt større udvaskning fra pil (Tora) end fra poppel (klonblanding) i 17 år gamle beplantninger, men hvor pilen slet ikke havde været høstet i løbet af de 17 år, og hvor poplerne kun havde været høstet en gang 5 år før målingerne fandt sted (Schmidt-Walter & Lamersdorf, 2012).

Sammenfattende kan det siges, at der ikke forefindes tilstrækkeligt med sammenlignede undersøgelser til at kunne konkludere, at pil og poppel dyrket til energiformål har forskellige effekter på klima, natur og miljø.

5.1.4.2. Referencer

Balasus, A., Bischoff, W.A., Schwarz, A., Scholz, V. & Kern, J. (2012). Nitrogen fluxes during the initial stage of willows and poplars in short-rotation coppices. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175, 729-738.

Dimitriou, I. & Rutz, D. (2015). Sustainable Short Rotation Coppice: A Handbook. 109 pp. WIP Renewable Energies, Munich, Germany.

Djomo, Sn., El Kasmioui, O. & Ceulemans, R. (2011). Energy and greenhouse gas balance of bioenergy production from poplar and willow: a review. *Global Change Biology Bioenergy*, 3, 181-197.

Ericsson, N., Porso, C., Ahlgren, S., Nordberg, A., Sundberg, C. & Hansson, P.-A. (2013). Time-dependent climate impact of a bioenergy system - methodology development and application to Swedish conditions. *Global Change Biology Bioenergy*, 5, 580-590.

Grelle, A., Aronsson, P., Weslien, P., Klemedtsson, L. & Lindroth, A. (2007). Large carbon-sink potential by Kyoto forests in Sweden - A case study on willow plantations. *Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology*, 59, 910-918.

Mola-Yudego, B. & Aronsson, P. (2008). Yield models for commercial willow biomass plantations in Sweden. *Biomass & Bioenergy*, 32, 829-837.

Porsö, C. & Hansson, P.-A. (2014). Time-dependent climate impact of heat production from Swedish willow and poplar pellets - In a life cycle perspective. *Biomass & Bioenergy*, 70, 287-301.

Rowe, R.I., Street, N.R. & Taylor, G. (2009). Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 13, 271-290.

Rytter, L. & Stener, L.G. (2005). Productivity and thinning effects in hybrid aspen (*Populus tremula* L. x *P-tremuloides* Michx.) stands in southern Sweden. *Forestry*, 78, 285-295.

Schmidt-Walter, P. & Lamersdorf, N.P. (2012). Biomass Production with Willow and Poplar Short Rotation Coppices on Sensitive Areas-the Impact on Nitrate Leaching and Groundwater Recharge in a Drinking Water Catchment near Hanover, Germany. *Bioenergy Research*, 5, 546-562.

5.1.5. Samfundsøkonomiske vurderinger af energipil kontra poppel

Af Camilla Damgaard

Som det fremgår af tidligere afsnit er der ikke tilstrækkeligt datamateriale til entydigt at sammenligne pil med andre hurtigt voksende træarter såsom poppel, hverken mht. driftsøkonomi (afsnit 5.1.3.) eller klimaeffekter (afsnit 5.1.4). For at kunne vurdere den samfundsøkonomiske forskel mellem pil og f.eks. poppel er der dels behov for at kunne estimere, om der er forskel mellem energipil og andre træarter på driftsøkonomien, og dels om der er forskel på miljø-, klima- og natureffekter mellem arterne. Der er på det eksisterende datagrundlag ikke belæg for at kunne beregne, om energipil er bedre eller dårligere rent samfundsøkonomisk end andre træarter dyrket med kort omdriftstid.

5.2. Græs til bioenergi og bioraffinering

Af Uffe Jørgensen

I dette afsnit beskrives muligheden for at øge omfanget af græsdyrkning til kombineret produktion af proteinfoder og bioenergi, og det diskuteres, hvorvidt græsproduktion eller pileproduktion vil være mest favorabelt samlet set, når forskellige afledte miljøeffekter tages i betragtning.

5.2.1. Muligheder for dyrkning af græs til bioenergi og bioraffinering

Valget af afgrøde til produktion af biomasse til energi afhænger af mange faktorer både i landbruget og i energisektoren samt af socio-økonomiske og politiske forhold såsom miljøeffekter og effekter på fødevareproduktion og indirekte arealændringer (iLUC). Pil passer primært til udnyttelse i vores eksisterende varmeværker ved termisk omsætning til energi. Græsproduktion kan være et alternativ til pileproduktion, som ligeledes vil bidrage med miljøfordele i landbrugsproduktionen men vil producere biomasse, der primært passer til biologisk omsætning til f.eks. biogas eller ethanol. Det vil endvidere være relevant at udtrække protein og evt. andre højværdiprodukter af græs i et bioraffinaderikoncept, før resten kan anvendes til energi (Ecker *et al.*, 2012; Parajuli *et al.*, 2015). Disse teknikker og forretningskoncepter er p.t. under intensiv forskning og udvikling (se f.eks. www.biovalue.dk og www.dca.au.dk/forskning/biobase/), men vil næppe kunne implementeres i større skala før om nogle år. Dette er i kontrast til øget plantning og udnyttelse af pil og poppel, som vil kunne iværksættes straks, da både dyrkningsteknologi, logistik og energikonvertering er ganske veludviklet og kommercielt afprøvet – på trods af de fortsatte udviklingsbehov, der er gennemgået tidligere i rapporten.

Et sammenlignende studie af pil, kløvergræs og hvede viser nogle af de forskelle, der kan forventes ved valg mellem græs eller pil til substituering af en kornafgrøde, som er den mest udbredte afgrøde i dag (Pugesgaard *et al.*, 2014). Både kløvergræs og pil ser ud til at kunne producere højere udbytter end hvede, pil dog ikke i første rotation (tabel 5.2.1). Størst tørstofudbytte og energiudbytte (nettoudbyttet er fratrasket energiforbrug til gødning, maskiner, høst m.m.) blev opnået i kløvergræs. De mest markante forskelle blev fundet på miljøparametrene og på kulstoflagringen, hvor der udvaskedes signifikant mest nitrat fra vinterhvede, der til gengæld havde et mindre vandforbrug end de øvrige afgrøder. Med den relativt høje nedbør i Midtjylland var der dog i alle de flerårige afgrøder overskud på vandbalancen, således at der afdrænede mellem 87 og 268 mm vand årligt fra afgrøderne. Endelig vurderedes det, at de flerårige afgrøder bidrog til en opbygning af kulstof i jorden, mens dyrkning af vinterhvede (med halmfjernelse) forårsagede en reduktion i jordens kulstofindhold.

Tabel 5.2.1. Udbytte og miljøeffekter ved dyrkning af tre forskellige afgrødetyper på lerblandet sandjord ved Foulum. Årlige gennemsnitsværdier for årene 2009-2011. Pil 1. rotation er inklusive etableringsåret, uden tilbageklipping af 1. års vækst. Kulstoflagring er estimeret ud fra en beregnet N-balance for jorden. (Data fra Pugesgaard et al., 2015).

Afgrøde	Bio-masse-udbytte Tons tørstof pr. ha pr. år	Energi-udbytte GJ pr. ha pr. år	Netto-energi-udbytte (farm gate) GJ pr. ha pr. år	Nitratudvaskning kg N pr. ha pr. år	Vand-forbrug mm pr. år	Kulstoflagring i jord tons C pr. ha pr. år
Pil, 1. rotation	5,9	110	105	7	557	0,61
Pil, 6. rotation	12,9	241	235	13	561	0,21
Kløvergræs	14,8	260	244	5	524	0,29
Vinterhvede (kerne+halm)	10,7	194	180	54	421	-0,16

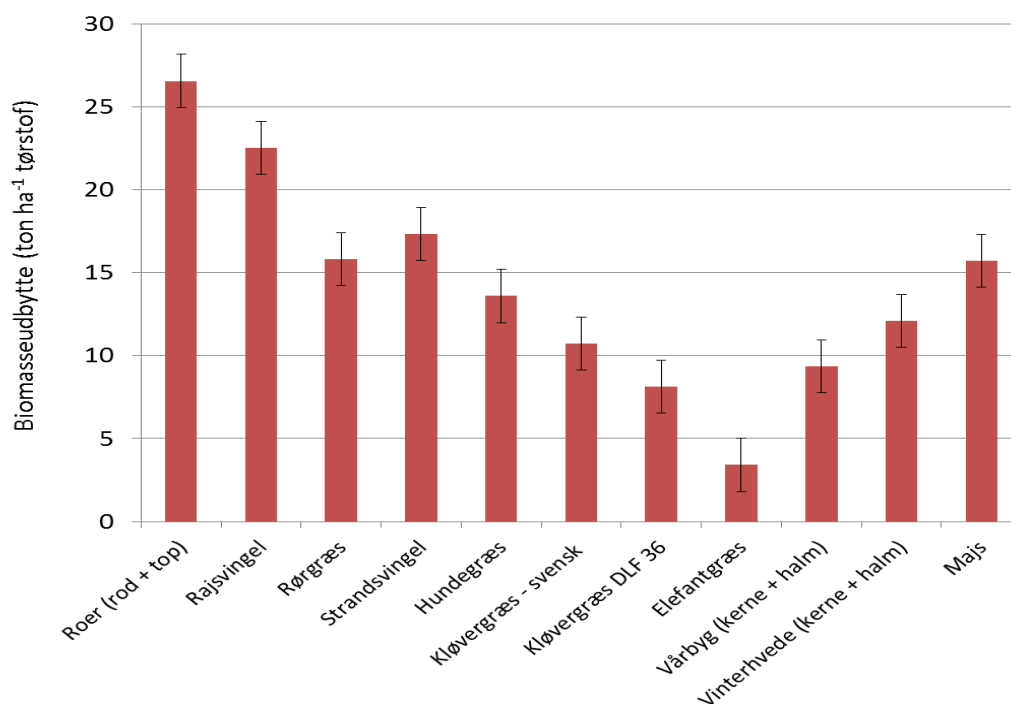
Den samlede drivhusgasbalance for de forskellige afgrøder ved direkte energianvendelse til kraftvarmeproduktion i form af direkte afbrænding af pil og hvede samt biogaskonvertering af kløvergræs er estimeret i tabel 5.2.2. Der er anvendt værdier for fortrængning af naturgas i et LCA-perspektiv ved direkte afbrænding af pil og hvede, og ved biogasproduktion er der fratrasket 20 % af energiudbyttet til drift af biogasanlægget (Olesen et al., 2013). Biogasudbyttet fra græs er inklusive en synergieffekt ved udrådning med gylle (Jørgensen & Møller, 2013). Der er antaget et metantab på 1,5 % af den producerede mængde fra kløvergræs ved lagring og udbringning af den afgassede kløvergræs. Der er ikke indregnet et metantab gennem gasmotoren, da der antages at have været et tilsvarende tab ved anvendelse af den fortrængte naturgas. Det fremgår, at pil giver en lidt større samlet drivhusgasfortrængning end kløvergræs, selvom kløvergræs gav det største tørstofudbytte pr. ha. Det skyldes primært højere lattergasemission fra græs som følge af højere kvælstofgødskning end i pil (230 kg N pr. ha pr. år i kløvergræs mod 80 kg N pr. ha pr. år i pil) samt tabet af metan efter afgasning af kløvergræs. Det skal dog understreges, at der er betydelig usikkerhed på disse beregninger, som er baseret på IPCC standardemissioner (Olesen et al., 2013), og at resultaterne er afhængige af valg af konverteringsteknologi, samt at ikke alle eksternaliteter (f.eks. emissioner ved produktion af gødning) er indregnet.

Den samlede drivhusgasfortrængning på 4,8-7,9 ton CO₂-ækvivalenter pr. ha pr. år, som der ses for afgrøderne i tabel 5.2.2, er i alle tilfælde betydeligt højere end den angivne iLUC effekt angivet i afsnit 3.5. på 1,4-1,9 ton CO₂-ækvivalenter pr. ha, når fødevarerproduktion omlægges til ren bioenergiproduktion. Der er således stadig en nettofordel for drivhusgasbalancen for alle de beregnede eksempler i tabel 5.2.2 efter indregning af iLUC. Men hvis der fra græs kan ekstraheres et proteinfoder, inden resten af afgrøden omsættes til energi, vil man kunne undgå den negative drivhusgaseffekt som følge af iLUC.

Tabel 5.2.2. Drivhusgaseffekter (tons CO₂-ækvivalenter pr. ha pr. år) ved dyrkning af tre forskellige afgrødetyper beregnet på basis af data fra tabel 5.2.1. Effekten af energiproduktion er beregnet for fortrængning af naturgas ved direkte afbrænding af pil og hvedehelsæd og ved biogasproduktion af kløvergræs.

Afgrøde	Bio- masse- udbytte Tons tør- stof pr. ha pr. år	For- træng- ning af natur- gas	Latter- gas fra N- gødsk- ning	Latter- gas fra nitrat- udvask- ning	Metan- tab fra afgasset kløver- græs	Kulstof- lagring i jord	I alt
Pil, 1. rotation	5,9	3,44	-0,37	-0,01	0,00	2,24	5,29
Pil, 6. rotation	12,9	7,51	-0,37	-0,02	0,00	0,77	7,89
Kløvergræs	14,8	7,56	-1,08	-0,01	-1,63	1,06	5,90
Vinterhvede (kerne+halm)	10,7	6,23	-0,81	-0,06	0,00	-0,59	4,78

Andre græsarter end de, der normalt dyrkes til kvægfoder, kan have en større produktivitet og kan således bidrage til endnu større stigning i total produktivitet i landbruget i forhold til korn, end det der er angivet i tabel 5.2.1, hvor en traditionel kløvergræsblanding med rajgræs var anvendt. De særligt højtydende græsarter kan f.eks. være strandsvingel, rajsvingel, hundegræs og rørgræs. Endnu upublicerede data fra detaljerede sammenligninger af en række afgrøder ved Aarhus Universitet viser således potentiale for en fordobling af udbyttet pr. arealenhed i forhold til korn (se figur 5.2.1). Hvis det lykkes at udvikle teknikker og forretningskoncepter for udtræk af protein til fodring af svin og fjerkræ fra græsser, vil der formentlig kunne produceres 2-3 tons proteinfoder af sojakagekvalitet pr. ha. Græsfiberen kan dels udnyttes til kvægfoder, dels til energi. Ved anlæg af større produktionsanlæg for protein til substitution af sojaprotein vil de store mængder af græs fibre nødvendigvis skulle omsættes til energi. Græs fibre kan omsættes til biogas, ethanol eller bioolie med HTL-teknologi. Med del-produktionen af foder kan der sikres en uændret fødevareproduktion i Danmark, og negative effekter på drivhusgasbalancen som følge af iLUC kan undgås (Termansen *et al.*, 2015).



Figur 5.2.1. Tørstofudbytte af forskellige afgrøder dyrket i samme mark ved AU-Foulum i 2013.

Græs er nemt at etablere ved såning og nemt at fjerne igen ved pløjning, alt sammen med eksisterende landbrugsmateriel. Landmænd har stor erfaring med dyrkning af græs, så behovet for rådgivning for optimeret produktion er mindre end for pil og poppel. Implementering af dyrkningsdelen af et græssystem til bioraffinering vil derfor være mere enkel end implementeringen af udvidet dyrkning af pil og poppel. Græsdyrkning indebærer heller ikke landskabsmæssige problemer med høje afgrøder (jf. afsnit 3.4.7.-3.4.14.), med mindre der er tale om dyrkning af elefantgræs. Til gengæld er det en væsentlig barriere for etablering af omfattende dyrkning af græs til proteinfoder og energi, at hele håndterings- og konverteringskæden samt metoder til optimal fodring med en ny råvare skal udvikles og opskaleres først. Overslag over driftsøkonomien for bioraffinering af græs antyder positive resultater, men under en række endnu usikre forudsætninger (Termansen *et al.*, 2015). Den nuværende kvælstofregulering giver ikke et incitament til, at der dyrkes med henblik på fuld udnyttelse af det miljømæssige potentiale af den grønne biomasse. Og landbrugsreguleringens krav om omlægning af græsmarker for at opnå arealtilskud kan også være en barriere for den mest miljømæssigt optimale græsproduktion (Termansen *et al.*, 2015). De tidligere i rapporten skitserede barrierer for pileydrkning er på kort sigt mindre end for udviklingen af hele græsraffineringskæden.

5.2.2. Konklusioner

Produktion af græs til kombineret produktion af foder og energi ser ud til at have et stort potentiale på grund af græssernes høje produktivitet, store proteinindhold og muligheden for kombineret produktion af foder og energi. Udviklingen af dette koncept vil dog kræve etablering af en bioraffinaderisektor, hvilket vil kræve nogle års udvikling.

Produktion af græs og energipil vil bidrage med ca. samme miljøfordele i form af reduceret nitratudvaskning og pesticidforbrug samt opbygning af jordens kulstofpulje. Da der allerede eksisterer teknologi til anvendelse af træflis af pil og poppel, kan det derfor være relevant i de nærmeste år at etablere betydelige arealer med pil eller poppel for at opnå disse miljøfordele og supplere den eksisterende fjernvarmesektor med træbiomasse. På længere sigt, når teknologien til fremstilling af græsprotein til foder kan forventes at være udviklet, og hvor termisk produktion af fjernvarme må formodes at blive

reduceret i omfang, kan i stedet etableres græsarealer, der har nogle yderligere produktivitetsfordele og kan udnyttes til flere formål.

5.2.3. Referencer

Ecker, J., Schaffenberger, M., Koschuh, W., Mandl, M., Böchzelt, H.G., Schnitzer, H., Harasek, M. & Steinmüller, H. (2012). Green Biorefinery Upper Austria - Pilot Plant operation. Separation and Purification Technology, 96, (0) 237-247 available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586612003097>

Jørgensen, U. & Møller, H.B. (2013). Oplæg til klima- og miljømæssige effekter af energiafgrøder til biogas. Notat til Naturerhvervsstyrelsen, 12 p.

Olesen, J.E., Jørgensen, U., Hermansen, J.E., Petersen, S.O., Eriksen, J., Søgaard, K., Vinther, F.P., Elsgaard, L., Lund, P., Nørgaard, J.V. & Møller, H.B. (2013). Effekter af tiltag til reduktion af landbrugs udledninger af drivhusgasser. DCA - Nationalt center for fødevarer og jordbrug. DCA Rapport, nr. 027, 56 p.

Parajuli, R., Dalgaard, T., Jørgensen, U., Adamsen, A.P., Knudsen, M.T., Birkved, M., Gylling, M. & Schjørring, J.K. (2015). Biorefining in the prevailing energy and materials crisis: a review of sustainable pathways for biorefinery value chains and sustainability assessment methodologies. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 43, 244-263 available from: WOS:000348880600022

Pugesgaard, S., Schelde, K., Larsen, S.U., Lærke, P.E. & Jørgensen, U. (2014). Comparing annual and perennial crops for bioenergy production - influence on nitrate leaching and energy balance. GCB Bioenergy, 7, 1136-1149.

Termansen, M., Gylling, M., Jørgensen, U., Hermansen, J., Hansen, L.B., Knudsen, M.T., Adamsen, A.P.S., Ambye-Jensen, M., Jensen, M.V., Jensen, S.K., Andersen, H.E. & Gyldenkerne, S. (2015). Grøn biomasse. DCA Rapport 68, 38 p.

BILAG

Bilag A. Besvarelser fra interview med kraftvarme- og varmegværker

I dette bilag er udsagnene fra de interviewede værker samlet spørgsmål for spørgsmål. Herved fås et samlet overblik over de forskellige erfaringer og input. Nogle af spørgsmålene, eksempelvis vedr. værkenes data og fyringsteknik, er udeladt her. I rapportens afsnit 2.1.4. sammenfattes svarene, og de vigtigste konklusioner uddrages, ligesom der diskuteres sammenhænge mellem teknik og erfaringer.

1. Erfaringer med anvendelse af pil/pileflis – fysiske og kemiske egenskaber (kedel)
<i>Giver anvendelse af pileflis særlige udfordringer i selve forbrændingen?</i> - Nej, kedlen er selvregulerende og styrer selv indfødningsen - Øget askeproduktion ved afbrænding af pileflis betyder, at man ikke kan køre automatisk drift med pileflis over en weekend - For fin neddeling ("ærtelhalm") giver brodannelse i håndteringen og "bunker" i selve kedlen - Ingen problemer med øget korrosion eller lignende - Nej – vi blander pileflisen med skovflis i forholdet 1:1 eller 1:2, ...og anvender ikke pileflis i fuldlast - Nej, kedlen er ny og designet til fugtig brændsel med vandindhold i flisen på op til 57,5 % vand. Brændslet fødes ind i kedlen via et to-tragtsystem, således at to forskellige brændsler kan blandes med henblik på at opnå den rette vandprocent i brændslet. Kedlen er udmuret og ristearealet er større end normalt med en maks. belastning på 500 kW pr. m² (mod normalt 700-750 kW pr. m²). - Nej. Anvender dobbelttragtsystem i indfødningsen, så to partier af flis kan blandes til det ønskede vandindhold i brændslet. - Nej. Vandprocenten i brændslet kan styres ved at blande fugtig pileflis med tør skovflis. - De først år var vandindholdet op mod 60%, men er siden faldet til ca. 55%, hvilket angiveligt hænger sammen med at skuddene er tykkere ved høst end tidligere. - Ja. Pileflis giver mere aske, og det kan også give ekstraskagger, da aske fra pil har lavere smeltepunkt end aske fra skovflis. Der kan ske påbagning med slagger ved høj ydelse. - Nej, der foretages blot nogle ændringer i kedeldriften. Oplever ikke, at det giver udfordringer med pileflis.
<i>Har I været nødt til at foretage ændringer på kedlen som følge af at I anvender pileflis?</i> - Der var tidligere en del uforbrændt. Men nu er etableret et asketilbageføringssystem, der sikrer at der er meget lidt uforbrændt i den resterende aske, der deponeres. Dette system ville være etableret under alle omstændigheder og tilskrives således ikke alene anvendelsen af pileflis. Asketilbageføringen har reduceret askemængden (og dermed deponeringsudgifterne) med 10-15% - Nej. Kedlen er designet til fugtigt brændsel. - Nej. Fugtig pileflis blandes med mere tør skovflis – flishåndteringsanlægget er bygget til det. Den åbne flislade rummer 1500 tons flis, som ligger opdelt i celler. Der er fire påslag ved indleveringen.

- Nej, men anvender pileflis om sommeren, når kedlen ikke skal køre på fuldlast (i perioden juni-august er kedel-belastningen max. 25% af nominel). - Nej, anvender pileflis under to driftsforhold: 1) dels i spidslastsituationer, når halmkedlen (som er den primære kedel) ikke kan yde tilstrækkeligt, dels i perioden maj-juni, hvor halmkedlen normalt er stoppet for service og renovering.
<i>Skal I ændre på driftsparametre, når I anvender pileflis?</i> - Pileflis kan ikke anvendes, når der køres fuldlast, da der ikke kan opnås tilstrækkelig indfyret effekt - Pileflis anvendes kun ved lavlast, og fungerer fint dér - Kedlens styring har fire programmer (recepter) tilpasset forskellige vandindhold i brændslet. Reguleringen sker på lufttilførsel i ristezone og ristehastighed. Det er værkets erfaring, at kedlen kan køre længe med samme recept, selv om der er relativt stor variation i brændslets vandindhold. - Nej. Flis blandes til ønsket vandprocent via totragtsystemet i indfødningen. - Nej. - Ja, omstilling af ristehastigheder, opvarmning af luft (andel af luft der recirkuleres) luftmængde, indskubbertider – stort set hele kedlen der skal justeres om. - Nej. Pileflis kan blandes med anden flis (skovflis) manuelt (dvs. med maskiner) for at få en blanding med en lavere vandprocent i end i ren pileflis, men normalt gøres dette ikke. - Ja, Øger lufttrykket i indblæsningsluften, øger temperaturen i den forvarmede forbrændingsluft og andet. Det kan også være nødvendigt at stille om på driftsparametre, hvis der anvendes skovflis, som er hugget med trom-lehugger
2. Erfaringer med anvendelse af pil/pileflis – logistik og håndtering (før kedel) - Her tænkes specielt på forhold, hvor pileflis adskiller sig fra alm. Skovflis -
<i>Oplever du problemer med intern transport/håndtering af brændslet, efter I har modtaget det fra leverandøren?</i> - Nej, Pileflisen har været af god kvalitet, god flisstørrelse uden stikkere; så der har ikke været problemer med brobygning eller håndtering i øvrigt - Noget af det anvendte materiale var findelt for meget; dette giver problemer med brodannelse, klumper, tilstoppe. Det mest anvendelige materiale var fliset grovere – lignede store træpiller - For fin neddeling ("ærtehalm") giver brodannelse i håndteringen og "bunker" i selve kedlen - Nej. Vi har et lagerafsnit kun til pil. Kranen tager derfra og blander i det valgte forhold - Nej. Alt udstyr til håndtering og indfødning af flis er konstrueret til håndtering af brændsel med stor partikel-størrelse. Systemet er robust, og der benyttes ikke sneglesystemer. - Nej, det er lige som skovflis at håndtere. - Vil ikke oplagre det, det brændes af efter kort tid – ca. 1 mdr. Hvis der ligger i længere tid. Så begynder det at brænde sammen. - Nej, intet
<i>Oplever du problemer under lagring af brændslet?</i> - Ikke på anlægget, men lagring lokalt giver udfordringer - Der er indført sektionering i lageret og et blandesystem, således at der kan indfyres en bestemt blanding af pile- og skovflis

- Nej, flisen er generelt af fin kvalitet - Nej, al pileflis oplagres indendørs fra modtagelse til anvendelse. - Nej, tilstræber at flisen oplagres så kort tid som muligt, da fugtig flis, der ligger udendørs, kan formulde. - Der går max. 10 dage fra modtagelse af pileflis til anvendelse, så der opstår ikke problemer i den periode - Modtager først pileflisen, når det skal bruges, dvs. i maj-juni, og det lagres ikke længe, inden der anvendes.
<i>Oplever du sundhedsmæssige problemer i forbindelse med lagring og håndtering af brændslet?</i> - Nej – ikke problemer, men der kan forekomme svampesporer - Nej. Om vinteren kan der være dampudvikling fra toppen af pileflisdynge, men det samme er tilfældet med skovflis. Lagertiden for pileflis er 10-12 dage - på den tid sker der ikke ændringer i kvaliteten. - Nej. - Flisen kan dampe, men det gør ingenting, da flisladen er med åbne sider og der ikke arbejder folk derinde. - Nej, personalet opholder sig ikke i flishallen
<i>Har I været nødt til at investere i særligt udstyr som følge af at I anvender pileflis?</i> - Nej - Nej. Kedlen kan håndtere flis med vandindhold på 30-57,5 % vand og køre ved fuldlast i dette interval. - Nej. - Nej. Kedlen kan håndtere flis med en vandprocent på op til 55%.
3. Uddybende spørgsmål om kvaliteten af pileflis
<i>Oplever du store variationer i kvaliteten af pileflis?</i> • <i>Vandindhold?</i> - Ja, ekstremt store variationer – op til 56-58 % vand - De første år ja, men nu er leverancerne og kvaliteten blevet stabil; dette tilskrives især en dygtig transportør, der vejleder leverandørerne om ikke at afsende flis af dårlig kvalitet - Nej, pileflisen høstes om vinteren (jan-feb) og der er vandindholdet højt, 55-60%. - Har en enkelt gang anvendt pileflis fra helskudshøstede pil. Flisen herfra var faktisk for tørt. - Ja. Nogle leverandører er gode til at lave tør flis, mens andre leverer flis med stor variation i vandindhold fra læs til læs. - Nej, flisen kommer ind på værket kort tid efter høsten, så vandindholdet varierer ikke meget. Vandprocenten er faldet de senere år, da der nu høstes tykkere skud sammenlignet med tidligere (3-årige i stedet for 2-årige skud). - Kan svinge meget, men typisk 40-50 %.

- Landmændene dynger pileflisen op i en stor dyng, hvilket bevirker en god udtørring af flisen i stakken frem til levering i maj-juni. Hvis flisen blot læsses af på marken, så falder vandprocenten stort set ikke fra høst til maj-juni.
- *Indhold af jord/sand/sten?*
 - Nej, intet. Den høstede pileflis læsses direkte fra høstvognen over i containere, som køres ind på værket og aflæsses. Pileflisen har ikke ligget på jorden på noget tidspunkt fra høst til levering.
 - Ja, der er jord og sten i flisen nogle gange. Det sker når landmændene selv læsser flisen fra en markstak – typisk de steder, hvor der ikke kan komme en lastbil ud fordi jorden er for blød. Når landmændene selv læsser, så vil de have det hele med, hvilket betyder, at de faktisk graver ned i jorden, når de læsser.
 - Afviser læs med synligt indhold af jord
- *Partikelstørrelse og -fordeling?*
 - Ja, noget var neddelt for meget /trevlet, mens andet var bedre neddelt til flis
 - Har været en afgørende kvalitetsparameter
 - Ja, de første år var flisen snittet for fint. Men nu er det væsentligt grovere og tilfredsstillende. Har engang oplevet at pileflisen var som store træpille – kort rundstokke med en længde på 3-8 cm – og det fungerede fint i indfødning og kedel.
 - Grov flis er brændselsbesparende. Små flis drysser gennem risten og ender uforbrændt i asken.
 - Nej, ingen nævneværdig variation. Ønsker dog at partikelstørrelsen generelt bliver større i pilflis!
 - Nogle gange er pileflisen mere knust end skåret.
 - Vil helst have flis fra pil der er 3-4 år, ønsker ikke pileflis fra 2-årige skud.
 - Vigtigt at flisen er så stor som muligt, hvis pileskuddene har været for tynde ved høst, så kan det ikke anvendes. Fordi kedlen ikke er bygget til små flis. Problemet er, at små flis letter fra risten og flyver med røggassen ud, så det fanges i cyklonen, hvilket bevirker, at der bliver meget aske.
 - Har afvist læs, hvor pileflisen var snittet for fint!
 - Det er finere end skovflis, men det er ikke noget problem.
- *Grad af biologisk nedbrydning?*
 - Det har ikke givet problemer, men lettere biologisk nedbrydning forekommer
 - I starten var der leverancer med nedbrudt materiale, men den nu rutinerede transportør "frasorter" nu dette inden det leveres
 - Nej, flisen leveres direkte fra høst
 - Ja, ser biologisk nedbrydning, kan være et problem i leveret flis
 - Nej, ser det ikke, hverken i det der modtages eller fra en stak som forsøgsvis blev oplagret i nogle måneder udendørs på en fast plads. Flisen kan ligge på marken i op til 2 måneder uden at der sker biologisk nedbrydning.
 - Vil helst have flisen, når det er friskhøstet. Flisen skal ved lagring ude hos landmanden være skubbet op i en høj dyng – så bliver flisen ikke gennemvædet hver gang, der kommer regn
 - Nej, ingen biologisk nedbrydning.
- *Indhold af svampesporer?*
 - Det har ikke givet problemer, men svampesporer forekommer
 - Nej.
 - Ikke noget problem, da flisladen er helt åben med god, naturlig ventilation.
 - Ikke værre end med skovflis
 - Har en formodning om, at der kan være sporer i flisen, da der efter sigende er mug på overfladen af flisstakken, når den har ligget fra høst (jan-feb) til maj.

Hvis I oplever problemer som ovenfor anført, så beskriv her, hvordan I håndterer disse udfordringer:

- Meget våd pileflis forsøges blandet sammen med skovflis, men dette er omstændeligt på dette anlæg
- Hvis det skal være aktuelt med pileflis, skal prisen være lavere; i så fald skal der i kontrakterne være specifikke krav til flisens kvalitet vedr. især vandindhold og høstmetode/neddelingsgrad.
- Oplever ingen problemer med pileflis.
- Fugtig pileflis bliver blandet med mere tør skovflis via totragssystemet i indfødingen.

Hvis ja, kan du henføre disse variationer til specifikke forhold?

- *Høsttidspunkt?*
 - Ja, pilen skal høstes i februar-marts
- *Lagring?*
 - Dårlig lagring lokalt, små stakke, som "roekuler", regnvand kan ikke løbe fra, men opsamles i "lunker" i stakken
- *Leveringstidspunkt?*
- *Skudalder/rotationslængde?*
 - Vigtig for fliskvalitet
 - Så tykke skud som muligt – mindst 3 år
 - Der bør ikke høstes for unge skud. Der skal være en ordentlig vedmasse og pilen skal helst være 3 år eller ældre ved høst
- *Klon?*
- *Dyrkningsforhold (jordbundstype, gødskning,)?*
- *Leverandør?*
 - Vores transportør er blevet dygtig til at sikre, at den flis der kommer frem til værket er af ordentlig kvalitet; dvs. flis der ville blive afvist på værket er allerede sorteret fra
- *Høstmetode/udstyr?*
 - Vigtig for fliskvalitet
 - Vigtig for god fliskvalitet – må ikke høstes med "grønthøster", der giver alt for fint/delt/trevlet flis
 - Fliskvaliteten blev bedre med mere grov flis da leverandørerne skiftede høstmaskine for 1 år siden.

4. Erfaringer med anvendelse af pil/pileflis – leverancer og kontrakter

Har du en/flere kontrakter, der konkret omhandler pil/pileflis?

- En kontrakt med AGROVI
- En kontrakt med AGROVI (har også haft kontrakt med HedeDanmark)
- Aftaler (ikke deciderede kontrakter) med hver enkelt leverandør. Leverandørerne indkaldes til møde, hvor betingelser og krav til kvalitet fastlægges, og disse bliver generelt overholdt.
- Har ikke kontrakt med leverandørerne, da pileflis kun udgør en meget lille del af det samlede flisforbrug på værket. Hvis andelen stiger og bliver betydelig, så stiger behovet for at lave kontrakt for at sikre leverancen.
- Kontrakt via AgriNord et år frem ad gangen. Værket giver 3 kr./GJ mere når levering sker via leverandørforening (Agrinord) end hvis landmanden selv kommer.
- 4-5 landmænd leverer pileflis (min. mængde pileflis, så der er drift til en-to uger) direkte til værket.

- Noget pileflis købes via Skovdyrkerne. - Der er ikke kontrakt med landmændene. Værket køber den pileflis, som landmændene tilbyder. - Har kontrakt med en gruppe landmænd. Værket ejer planterne, har plantet dem – jorden og pligten til at passe planterne er landmandens. Værket høster pilen. Aflønningen sker ud fra udbyttet. To (tre) typer kontrakter: 1. første 100 ha – blind tillid til landmanden, at vil dyrke marken med henblik på at opnå størst muligt udbytte, 2. næste 100 ha – (oprindeligt et mål om at de skulle kunne høstes 12 tons ts/ha/år) men nu indbygget straf, hvor der reduceres med 35% - 35% mindre afregning på den mængde der leveres, hvis der leveres mindre end 12. tons, som aftalt. Afregningspris er aftalt i forhold til Dansk fjernvarmes prisstatistik på skovflis – forhandlet pris er 6594 kr/ha pr. 2 år (svarer til 23,7 kr./GJ til landmanden) – eller rettere halvdelen hvert år, som landmanden får med udgangspunkt i at der leveres 12 tons ts/ha/år. Værket betaler aconto hvert år. 3. Landmanden ordner alt selv – der er alene en aftale om at værket aftager flisen – 3 kr./GJ under skovflis.
<i>Er det enkeltavlere, dyrkerforening, leverandørforening eller opkøber, der leverer pileflis?</i> - Leverandørforening - Leverandørforening - Aftaler med hver enkelt leverandør - Leverandørforening. Foreningen orienterer i god tid om, hvor meget der forventes leveret i løbet af vinteren. Derefter kan leveringen ske med kort varsel (1-2 dage) - Får flisen via leverandørforening – værket har kontakt til Agrinord, som er bindeled til landmændene. - Værket har kontrakt med leverandørerne, se ovenfor. - Ingen kontrakter. Leverandørerne henvender sig selv. Typisk leverer den enkelte leverandør med nogle års mellemrum – de år hvor de har høstet. - Indkøb af pileflis sker via kontakt til de enkelte leverandører, dvs. landmænd. Disse landmænd er i forvejen leverandører af halm til værket via en leverandørforening. Værkets bestyrelse har besluttet, at landmænd der via halmleverandørforeningen ønsker at sælge pileflis, skal have mulighed for det. Bestyrelsen vil gerne vise velvillighed over for lokale producenter af pileflis. Landmændene får samme pris for pileflisen, som værket giver for skovflis (som indkøbes i en stor kontrakt hos én leverandør). Prisen er pt. 45 kr/GJ - Der er ikke kontrakt med landmændene: Værket køber den pileflis, som landmændene tilbyder.
<i>Hvilke forhold omfatter kontrakten?</i> <i>Mængde?</i> - ja - ja <i>Pris?</i> - ja - ja <i>Leveringsplan?</i>

- nej - ja - Flisen skal lægges op til fast vej (kan dog ikke altid lade sig gøre, fordi markerne nogle gange ligger utilgængeligt – typisk når der er tale om marginale jorde...) <i>Kvalitetskrav?</i> - Standardkrav for flis - Der er en formulering om, at det skal nærme sig kvaliteten af skovflis - Almindelig kvalitet, må ikke indeholde fremmedlegemer, som kan give problemer for driften, normalt indhold af sand <i>Vandindhold?</i> - ja - ikke over 50% vand, men enkelte partier op til 52-54% accepteres - ja. Ikke over 60 % vand pr. læs og ikke over 55% vand som gns. af den enkelte medlems leverance. Hvis vand-procenten er over, kan der aftales en dekort i værkets meromkostninger på grund af for højt vandindhold. - Skal være under 60% <i>Størrelsesfordeling?</i> - nej - nej <i>Tilbagelevering af aske?</i> - Deponeres - Køres i deponi – må ikke køres ud på jorden, da det indeholder tungmetaller, som stammer både fra skovflis og fra pileflis. - Kondensat ledes til spilderensningsanlæg – koster 36 kr./m3. - Bundasken afsættes til Rockwool – mod betaling for afsætningen. (Kondensat ledes gennem spånefilter. Slammet opsuges i spåner. If. Miljøtilladelse må spånerne afbrændes som en lille %-del af det samlede brænd-selsindfyring. På den måde bortfjernes spånerne.)
<i>Er leverancen af pilebrændsel generelt stabil (tidsmæssigt) i forhold til det aftalte?</i> - Nej, ikke i forhold til vandindhold - Ja. - ja, følger leveringsplan i.h.t. kontrakt - Målet er at få alt høstet inden jul, men det er endnu ikke lykkedes. Normalt sker leverancen hen over 3-4 mdr. på grund af de usikre høstbetingelser (blød jord og manglende frost). Høstmaskinen har kapacitet til at høste det hele på 3 uger.
<i>Lever leverancen generelt op til de definerede kvalitetskrav?</i> - Nej, der er for mange afvigelser mht. vandindhold - Der er ikke aftalt noget vedr. kvalitet, andet end at flisen skal være i orden.

- Ja, normalt.
<i>Er der forhold, som du mener man kan/bør inddrage i fremtidige kontrakter?</i> - Mere skarp på vandindhold, og hvordan dette overholdes (høsttidspunkt og lagringsmetode) - Gerne krav vedr. partikelsstørrelse – ønsker ikke småt flis. - Måske burde der sættes krav til en minimumalder på pileskuddene – eller nok snarere en partikelstørrelse. - Ja, leverandørerne skal forpligte sig til at dyrke et ordentligt udbytte på marken med den rette indsats. - Hvis pileflis kommer til at udgøre en betydelig del af det samlede brændsel, vil det være nødvendigt med kontrakt med krav til kvalitet, på samme måde som med skovflis.
5. Erfaringer med anvendelse af pil/pileflis – økonomiske faktorer
<i>Er det (eller har det været) økonomisk attraktivt for jer at anvende pileflis?</i> - Varmeprisen er samlet set lidt billigere ved anvendelse af pileflis; det er et resultat af den lavere pris for pileflisen - Den begrænsede prisforskel der er nu ift skovflis vil blive ædt op af driftsmæssige udfordringer - Ja, der skønnes at være en (begrænset) gevinst ved anvendelse af energipil, men det forudsætter flis af god kvalitet - Vi er et yderområde, og vi ser det som vores opgave at støtte lokale producenter. Vi giver lidt mindre (2,20kr/GJ) end for skovflis, og det balancerer nogenlunde - Nej. Giver en overpris i forhold til skovflis. Økonomisk set betyder det dog intet, da pileflis kun udgør en lille del af det samlede flisforbrug. Men værket ønsker at vise velvilje over for det lokalt dyrkede flisbrændsel. - Ja, da prisen er lavere end for skovflis. - Bestyrelse har strategi om at 10% af flis gerne må være energipil, da køb af lokal energi betyder at pengene bliver i kommunen. Det giver også en god profil i lokalsamfundet, - Nej, det er dyrere end skovflis, hvilket skyldes kontrakterne med landmændene. - Hverken/eller. Mener ikke der er den store forskel ift. pileflis.
<i>Har det givet jer ekstra omkostninger at anvende pileflis?</i> • <i>Øgede investeringer?</i> - Nej, men ved anvendelse i større skala skal der investeres i dobbeltskakt til modtagelse/indfødning - Nej. Indfyringssystemet var i forvejen fleksibelt og investeringen i askerecirkulering ville man have foretaget under alle omstændigheder - Nej, men tungmetaller i spildevandet er et problem, der i yderste konsekvens kan nødvendiggøre investering i anlæg til 8-10 mill kr - Ja, øgede investeringsomkostninger på grund af det valgte design, der kan håndtere fugtig flis, men også andre, mere ukurante brændsler som eksempelvis haveparkaffald. - Nej. Vil gerne anvende mere (lokalt produceret) pileflis. • <i>Driftsomkostninger?</i> - Det er nødvendigt at blande flisen lagvist i lageret for at sikre opblanding med skovflis - Forventer et ekstra stop og rensning af kedlen, hvilket koster min 40-50.000kr - Ikke i forbindelse med håndteringen og afbrændingen, men kravene til rensning af spildevand kan medføre meget store ekstra omkostninger - Nej • <i>Reparationer/vedligehold?</i>

- Nej
- Nej
- *Andet (ex. askehåndtering...)?*
 - Øget askemængde giver større deponeringsomkostninger
 - Problematikken vedr. tungmetaller kan vise sig at blive en uoverstigelig forhindring
 - Asken afsættes til Meldgaard, der prøver at genanvende det.
 - Lidt mere spildevand til rensningsanlægget. Slam fra bundfældning køres på deponi.
 - Bundaske ryger på deponi, hvilket er billigere end at levere det tilbage til landmanden, da landmanden vil have betaling for det. Der er en række restriktioner ang. anvendelse, hvilket gør det dyrt for landmanden at anvende det.
 - Erfaringen er, at der lige så meget cd i bundaske, som i kondensatet fra røgvaskeren. Der er skrappe krav til indholdet af tungmetaller i spildevandet end i bundasken.
 - Værket har godkendelse til at asken kan tilbageføres til anvendelse i skov og landbrug. Spildevand fra røggasvasker ledes til kommunalt rensningsanlæg. Der tages løbende prøver af spildevandet, og der er en lille stigning af Cd som følge af pileflis. Bundaske og flyveaske blandes sammen, og der sker en væsentlig forøgelse af Cd i denne blanding, når der anvendes pileflis; dog er grænseværdien ikke overskredet.

Jeres erfaringer med prisen:

- *Den aktuelle pris?*
 - Ca 35 kr/GJ
 - Noget lavere end skovflis
 - Ca 30 kr/GJ
 - 44 kr./GJ, hvilket er 4 kr./GJ mere end for skovflis.
 - 43 kr./GJ, hvilket er lavere end for skovflis (46-47 kr./GJ) (III)
 - 55 kr./GJ (I og II) (ca. 24 kr./GJ til landmanden, høst ca. 10 kr./GJ, ca. 10 kr./GJ til transport samt noget administration).
 - 43,5 (ca. 1 kr./GJ mindre end skovflis, da det giver mere aske, og det lidt højere vandindhold, giver en lidt større spildevandsudledning
 - 45 kr./GJ. Samme som med skovflis.
- *Hvordan har prisudviklingen været?*
 - Nogenlunde konstant pris over tid
 - Nogenlunde konstant pris over tid
 - Forventer at prisen på skovflis vil falde, og at pileflis nok vil følge med ned.
- *Hvad er begrundelsen for prisudviklingen?*

6. Barrierer for anvendelse af pileflis

Hvad er de vigtigste barrierer for anvendelse af pileflis, set ud fra værkets synspunkt?

1. Vandindholdet skal generelt ned omkring 45-(max)48% - enkelte værker kan dog uden vanskeligheder anvende flis med højere vandprocent, selv ved fuldlastdrift.
2. Mange flisfyrede værker kan ikke anvende pil til fuldlastdrift, da der ikke kan opretholdes tilstrækkelig energiinput
3. Dårlig fliskvalitet

4. Modtageforhold ikke tilpasset (der skal være mulighed for automatisk blanding med skovflis)

5. Større askeandel giver øgede udfordringer i den automatiske drift og øgede omkostninger til deponering

6. Kvaliteten af den leverede pileflis; hvis det er høstet for tidligt og med forkert maskineri.

7. Svingende vandindhold; som følge af dårlig oplagring (i "flade" bunker eller bunker med mange toppe)

8. Krav til tungmetaller i spildevandet er for strenge

9. For lille partikelstørrelse på grund af at pileskuddene er for tynde ved høst.

10. Højt cadmium-indhold. Pil fra sandjorde har lavest indhold af cd. Sur jord giver højt cd-indhold.

11. Meget variabel fliskvalitet (størrelse, vand%)

12. Lavt dækningsbidrag til landmanden, hvilket gør dyrkning af energipil uinteressant for landmanden.

13. Høj fugtighed i pileflis om vinteren. Problem for værker, der ikke kan anvende fugtig flis ved fuldlast

Har du forslag til, hvordan man kan fjerne disse barrierer?

1. Grænserne for vandindhold skal skrives ind i kontrakterne, og leverandørerne skal forstå vigtigheden af at overholde disse; dvs. leverandørerne skal også "undervises" i produktion og (især) lagring af pileflisen, så kvaliteten er i orden

2. Modtagefaciliteten på værket skal give mulighed for let opblanding med skovflis og fleksibel dosering.

3. Prisforskellen mellem pileflis og skovflis skal være mindst 10kr/GJ for at det er interessant at fyre med pileflis. Vandindhold ikke over 55% (denne høje tolerance fordrer, at pileflisen blandes sammen med skovflis med en andel på max 25% pileflis

4. Udstyret, der anvendes til høst/flisning skal være tilpasset, så der produceres en høj kvalitet i form af flisstørrelse – længde 3-5cm og "så tykke skud som muligt"

5. Prisen skal afspejle dette

6-7. Kommunikation med pileleverandører og dygtiggørelse af disse...

8. Det er absolut nødvendigt, at man ser på de miljømæssige krav, således at kommunerne ikke "lægger deres miljømæssige udfordringer med tungmetaller i spildevandsslam over på varmeværkerne"

9. Pileflis skal ligne skovflis med hensyn til partikelstørrelse – skuddene skal være tykkere inden de høstes.

10. Ingen umiddelbar løsning

11. Information og "uddannelse" af flisproducenterne/leverandørerne

12. Der skal etableres attraktive og langsigtede rammevilkår

13. Prioritering af leverancer med lavt vandindhold i vinterperioden.

Øvrige kommentarer:

- Bortset fra udfordringerne med tungmetaller er vi meget glade for at anvende pileflis
- Pil er ikke interessant. Det er for meget arbejde ved pileflis (kontakt med leverandører og administration) i forhold til et enkelt stort indkøb af skovflis, der kan handles hjem med 4-5 formiddages arbejde.
- Oprindelig motivation til at have kontrakt med landmændene var udsigterne til at der i fremtiden ville komme en masse nye flisværker – derfor ville der nok være godt selv at have noget pil (det kunne lige så godt være poppel eller regulær skov) – Leveringssikkerhed. De gode kontrakter for landmændene skyldes at værket gerne ville sætte gang i dyrkningen.
- Kedlen er ikke udviklet til pileflis. Men det kan der selvfølgelig tages højde for ved konstruktion.
- Er fuldt ud tilfreds med pileflis og vil gerne have mere.

Bilag B. Principperne i den målrettede kvælstofregulering

Af Torkild Birkmose

I dette bilag uddybes nogle af de grundlæggende forhold ved målrettet kvælstofregulering, som er beskrevet i relation til energipil i rapportens afsnit 3.4.

Den politiske baggrund for målrettet kvælstofregulering

Målrettet regulering er en af de centrale anbefalinger fra Natur- og Landbrugskommissionens rapport fra 2013. Heri fremgår det bl.a. af anbefaling 11 om en ny regulering af landbrugets kvælstof: *"Den nye regulering baseres på forskellige arealers evne til at tilbageholde kvælstof (retention), afgrødens betydning for kvælstofudvaskningen og sårbarheden for det enkelte vandområde. En ny regulering af kvælstof skal erstatte den gældende regulering, herunder de generelt fastsatte normkrav. Generelle krav om efterafgrøder og randzoner skal fremover ikke være en del af den generelle regulering, men randzoner og efterafgrøder indgår som en del af de fleksible virkemidler til nedbringelse af kvælstofudledningen."* (Natur- og Landbrugskommissionen, 2013). På baggrund af kommissionens anbefalinger blev der i forbindelse med finanslovsaftalen for 2014 indgået en politisk aftale mellem den daværende regering, Venstre og Det Konservative Folkeparti. Herunder blev det aftalt: *"I forlængelse af Natur- og landbrugskommissionen er aftaleparterne enige om at arbejde aktivt for en mere målrettet miljøregulering af landbruget således, at indsatsen sker dér, hvor virkningen og omkostningseffektiviteten er størst. En ny regulering vil samlet skulle give erhvervsøkonomiske gevinster, være baseret på et solidt fagligt grundlag og fastholde et højt niveau for miljøbeskyttelse."* (Regeringen, 2013). I aftalen om Vækstplan for Fødevarer fra 2014 blev det besluttet, at de første elementer af den målrettede regulering skal træde i kraft i 2016 (Erhvervs- og Vækstministeriet, 2014).

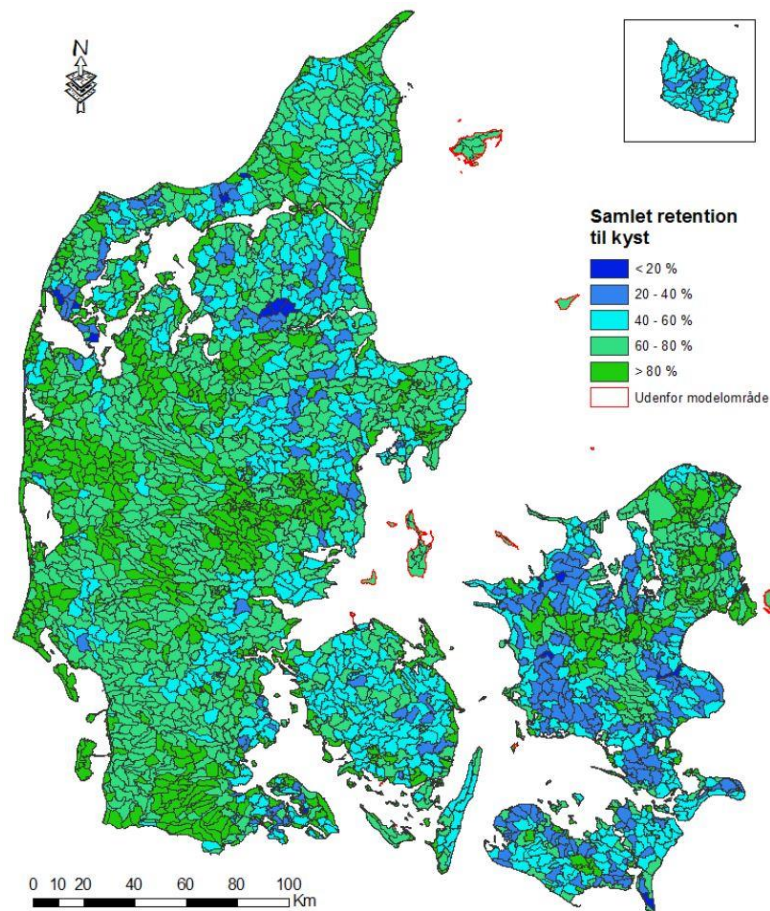
Den målrettede regulering er baseret på to principper:

- Et areals retention - det vil sige arealets evne til at tilbageholde nitrat
- Vandmiljøets (recipientens) sårbarhed - det vil sige områdets potentielle påvirkning af nitrat.

De to principper er helt grundlæggende for den måde, hvorpå den målrettede arealregulering fungerer, og de vil blive uddybet i de følgende afsnit.

Kvælstofretention

Ikke al nitrat, som udvaskes fra rodzonen på en given mark, vil ende i vandmiljøet ved én af vore kyster. En del vil blive omsat under nitratsens vej fra rodzonen gennem jorden, dræn, grundvand, søer og vandløb til kysten. Hvor stor en andel, som omsættes afhænger af en lang række faktorer i jorden og i vandløbet. Herunder af, om nitraten passerer gennem reducerende jordlag, om arealet er drænet, om vandet passerer gennem vådområder, søer og længere vandløb på sin vej til kysten. Højbjerg *et al.* (2015) har modelberegnet retentionen for hele Danmark, som de opdelte i ca. 3.000 oplande med en gennemsnitsstørrelse på 1.500 hektar (ID 15 oplande). En højere "opløsning" har ikke været mulig at foretage på landsplan på baggrund af de foreliggende data. Retentionen for ID 15 oplandene er vist i figur 1.



Figur 1. Retentionskort for Danmark. Kortet er inddelt i farver i forhold til de ca. 3.000 ID 1.500 oplandes kvælstofretention (Højbjerg et al., 2015). F.eks. betyder en retention på 80 %, at 80 % af det kvælstof, som udvasker fra rodzonen tilbageholdes, og kun 20 % udledes til fjorde og kystvande.

Retentionskortet for ID 15 oplandene er det mest detaljerede kort, som for nuværende findes på landsniveau. Imidlertid er anvendelse af kortet til målrettet regulering problematisk af to årsager:

- Den modelberegnete retention er forbundet med en betydelig usikkerhed. Det betyder, at den reelle retention med en vis sandsynlighed er forskellig fra den beregnede. Der er derfor en stor risiko for, at den målrettede indsats reelt ikke placeres i de mest optimale områder.
- Inddelingen i områder af ca. 1.500 hektar i gennemsnit er så grovmasket, at det i mange tilfælde ikke er relevant at målrette indsatsen indenfor en bedrifts arealer, fordi alle bedriftens arealer med en vis sandsynlighed vil ligge inden for samme ID 1.500 opland og dermed samme beregnede retention. For at virke optimalt skal et virkemiddel nemlig placeres i de marker eller måske endda i de områder af marken, hvor den reelle retention er lavest.

For at kunne udarbejde mere detaljerede kort med en større sikkerhed er der behov for mere detaljerede data. Herunder er der især behov for detaljerede oplysninger om sammensætningen af undergrunden, da den har stor betydning for nitratreduktionen. I NICA-projektet har man udviklet en metode, som kan fastlægge retentionen i en højere opløselighed, idet retentionen kan beregnes med en rimelig sikkerhed ned til områder på 100x100 meter (en hektar). En ulempe ved metoden er imidlertid, at arealerne skal kortlægges med avanceret måleudstyr, således at man får detaljeret kendskab til sammensætningen af de dybere jordlag. Opmålingen skal ske fra helikopter og er bl.a. derfor forbundet med betydelige omkostninger. I NICA-projektet er det vurderet, at kortlægningen kan foretages for 400-800 kr. pr. ha (Refsgaard & Jacobsen, 2014). Den kortlægningsmetode, der er udviklet i

NICA-projektet håndterer dog ikke den store variation i kvælstofretention, der forekommer terrænnært i ådale og andre udstrømningsområder for grundvand.

Vandmiljøets (recipientens) sårbarhed

Når nitrat afstrømmer til et vandområde er der stor forskel på, hvor stor en påvirkning nitraten har på miljøet. I nogle områder har nitrat stor påvirkning af miljøet, mens det i andre områder har mindre påvirkning. Hvis der er stor effekt af nitrat, er der større behov for en indsats for at begrænse nitrattilstrømningen, end hvis der er lille effekt. Den største miljøpåvirkning af nitrat ses i havet, hvorimod der kun er mindre effekt i søer og vandløb (Miljøstyrelsen 2014).

Vandområdernes tilstand og sårbarhed er kortlagt i de nationale Vandplaner. For en lang række vandområder (søer, vandløb, fjorde og åbne havområder) er den aktuelle og den ønskede tilstand kortlagt, og ud fra forskellen mellem den aktuelle og ønskede tilstand er der foreslået handlingsplaner for, hvordan den ønskede tilstand opnås. Ifølge de vandplaner, som skal vedtages i december 2015, skal der generelt ske den største reduktion i oplande, som afvander til lukkede kystområder (f.eks. Limfjorden), hvorimod der kun er behov for en mindre eller ingen reduktion i oplande, der afvander til åbne havområder (f.eks. Nordsøen, Kattegat og Østersøen). (Miljøstyrelsen 2014).

Indsatskrav i oplandene

Hvis et opland afvander til et kystområde med stor sårbarhed og et stort behov for en indsats, kan der gøres en indsats på dyrkningsfladen eller uden for dyrkningsfladen. Uden for dyrkningsfladen kan der f.eks. etableres vådområder, minivådområder, stenrev eller muslingeopdræt for at sikre, at nitrat, som tabes fra dyrkningsarealerne opfanges og fjernes, inden den gør skade i vandmiljøet.

På dyrkningsfladen kan indsatsen ske ved at etablere efterafgrøder, så vintersæd tidligt, braklægge, plante flerårige energiafgrøder mv. (Knudsen, 2014). Kernen i den målrettede regulering er så at foretage indsatsen på arealer, hvor retentionen er lavest, for her vil nitraten kun i mindre omfang blive fjernet af naturlig vej. Relationen mellem recipientens sårbarhed, retentionen og indsatskravet er skitseret i tabel 1. Især hvis der er en lav retention på et areal, som afvander til en recipient med høj sårbarhed, er der stor effekt af en indsats. Derimod er der kun minimal eller slet ingen effekt af indsatser i områder med høj retention, som afvander til recipienter med lav sårbarhed.

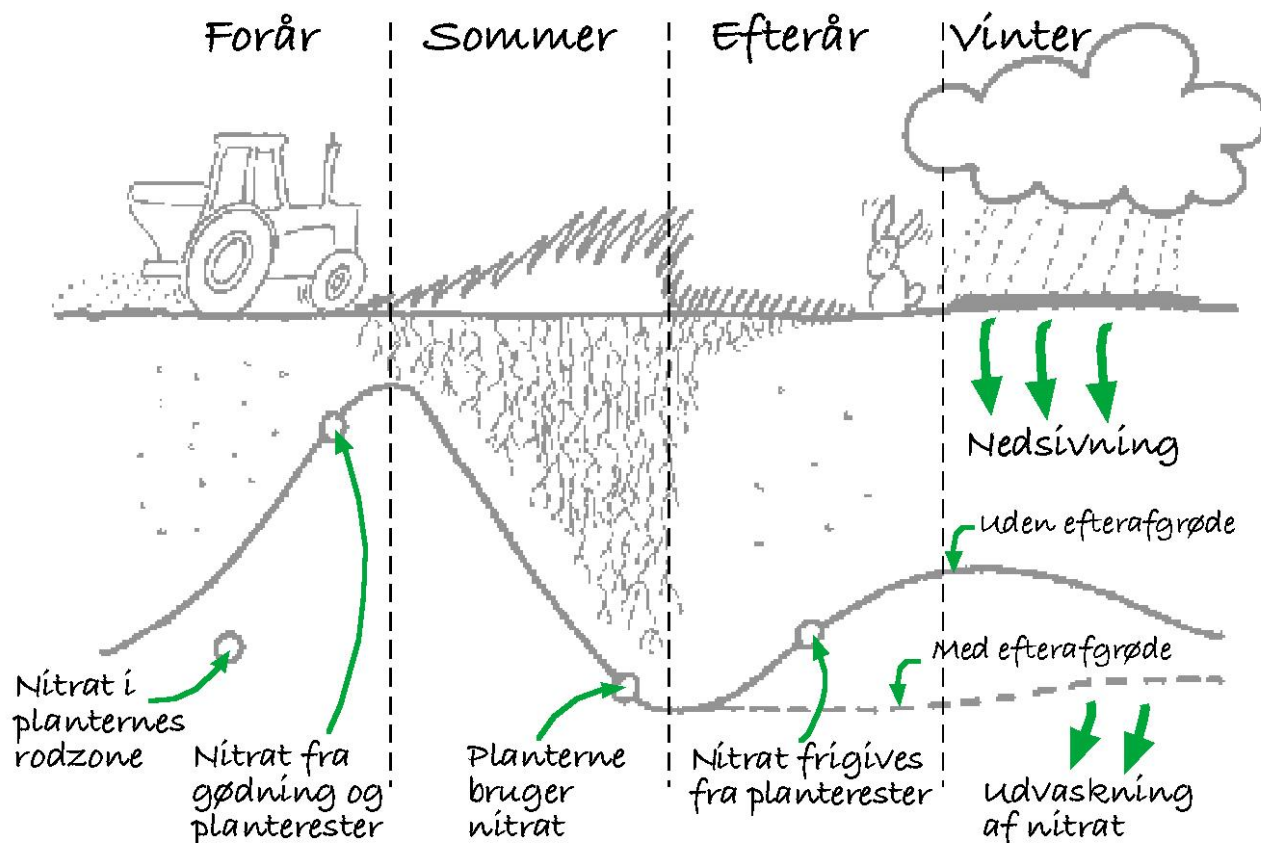
Tabel 1. Relationen mellem recipientens sårbarhed, retentionen og effekt.

		Retentionens størrelse	
		Høj	Lav
Recipientens sårbarhed	Høj	Mellem effekt	Høj effekt
	Lav	Lille effekt	Mellem effekt

Effekten af energipil på nitratudvaskningen

Nitrat udvaskes typisk om efteråret og om vinteren, når afgrøden er høstet, og jorden henligger bar eller med et meget sparsomt plantedække af spildkorn og ukrudt eller med en nysået vintersædsafgrøde, som kun optager beskedne mængder nitrat fra jorden. I figur 2 er vist en principskitse for, hvordan nitratinholdet i jorden varierer over året, og hvornår der er risiko for udvaskning. Skitsen vi-

ser, at risikoen for nitratudvaskning stiger, når jordoverfladen er ubevokset i efteråret, fordi der løbende frigives nitrat fra mikrobiel omsætning af planterester, og især denne frigivne nitrat er i risiko for at blive udvasket.



Figur 2. Principskitse for nitratkonzentration i jorden og risikoen for udvaskning fra et areal med korn dyrkning. Skitsen viser bl.a., at koncentrationen af nitrat i jorden om efteråret falder, når der er etableret en efterafgrøde. (Østergaard & Mamsen, 1990).

Risikoen for nitratudvaskning er størst på sandjord, fordi sandjord er dårligere til at tilbageholde vand end lerjord. Sandjord bliver hurtigere vandmættet, og derfor sker der tidligere afstrømning af overskudsnedbør fra sandjordene end fra lerjorden. Generelt er det derfor vigtigere at have sandjord dækket med afgrøde om vinteren og om foråret end lerjord, og det afspejler sig i, at der generelt estimeres en større effekt af f.eks. efterafgrøder på sandjord end på lerjord (Eriksen *et al.*, 2014).

Størrelsen af effekten på nitratudvaskningen ved etablering af en efterafgrøde eller et alternativ afhænger af en lang række faktorer som f.eks. jordbundforhold, sædskifte, tilførslen af husdyrgødning i årene forud, nedbørsmængder mv. Eriksen *et al.* 2014 har estimeret effekten af efterafgrøder og en række alternativer ud fra studium af en stor mængde litteratur på området. I tabel 2 er anført den estimerede effekt af efterafgrøder og nogle af de væsentligste alternativer.

Tabel 2. Effekten af efterafgrøder og udvalgte alternativer på nitratudvaskningen. Effekten er anført som reduktionen af nitratudvaskningen ud af rodzonen i kg N pr. ha i forhold til ikke at have etableret efterafgrøder eller alternativer. (Modificeret efter Eriksen et al., 2014).

Efterafgrøde og alternativer	Årlig N-effekt, kg N pr. ha ved rodzonen	
	Sandjord	Lerjord
Efterafgrøder af f.eks. græs, gul sennep eller olieræddike	45	12
Mellemafgrøder etableret mellem høst og såning af vintersæd	13	9
Flerårige energiafgrøder (f.eks. energipil)	51	34
Braklagte arealer	58	35
Tidlig såning af vintersæd (senest 7. september)	8	5

Effekten af etårige efterafgrøder som f.eks. græsefterafgrøde, gul sennep og olieræddike er afhængig af en god etablering. Græsefterafgrøde, som etableres om foråret, er normalt ret dyrkningssikker, mens etableringen af f.eks. gul sennep eller olieræddike før eller efter høst af dækafrøden kan være mere usikker (Virkemiddelkatalog for dyrkningsrelaterede virkemidler, 2013).

Flerårige energiafgrøder har den fordel, at de har et permanent og dybt rodnet, og der er altid rødder tilstede til at optage det kvælstof, som mineraliseres (Jørgensen, 2012). Bl.a. derfor anses flerårige energiafgrøder som værende mere effektive end en typisk enårig efterafgrøde som f.eks. græsefterafgrøde, gul sennep eller olieræddike, og derfor kan 0,8 hektar flerårig energiafgrøde erstatte 1 hektar traditionel efterafgrøde i det nuværende kvælstofreguleringssystem.

Referencer

Erhvervs- og Vækstministeriet (2014). Aftale om Vækstplan for Fødevarer.

Eriksen, J., Jensen, P. N. & Jacobsen, B. H. (red.) (2014). Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. Tjele: DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. (DCA Rapport; Nr. 052). <http://curis.ku.dk/ws/files/137507368/Virkemiddelkatalog.pdf>

Højberg, A.L.; Windolf, J.; Børgesen, C.D.; Trolborg, L.; Tornbjerg, H.; Blicher-Mathiesen, G.; Kronvang, B.; Thodsen, H. & Ernsten, V. (2015). National kvælstofmodel. Oplandsmodel til belastning og virkemidler. Kortleverancer. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland.

Jørgensen, U. (2012). Baggrundsnotat: Beregning af effekter på nitratudvaskning. +10 mio. tons planen. http://ifro.ku.dk/publikationer/saerlige_ifro-udgivelser/10miotons/

Knudsen, L. (2014). Spørgsmål og svar om retentionskort og målrettet regulering. Artikel nr. 1937 på LandbrugsInfo.

Miljøstyrelsen (2014). FAQ om vandplanerne. <http://naturstyrelsen.dk/vandmiljoe/vandplaner/vandplaner-2009-2015/faq-om-vandplanerne/>

Natur- og Landbrugskommissionen (2013). Natur og Landbrug – en ny start. April 2013.

NICA-projektet. Et strategisk forskningsprojekt om nitratreduktion i undergrunden i moræneområder i Danmark.

Refsgaard & Jacobsen (2014). Ny, målrettet regulering af landbruget. Kronik i Jyllandsposten den 9. oktober 2014.

Regeringen (2013). Aftale mellem regeringen, Venstre og Det Konservative Folkeparti om: Finansloven for 2014 (26. november 2013).

Østergaard, H.S. & Mamsen, P. (1990). Kvadratnettet for nitratundersøgelser i Danmark. Oversigt 1986-1989. Landbrugets Rådgivningscenter.

Virkemiddelkatalog for dyrkningsrelaterede virkemidler (2013). Aarhus Universitet.

Bilag C. Besvarelser fra interview med pileydyrkere

I dette bilag er udsagnene fra de interviewede pileydyrkere samlet spørgsmål for spørgsmål. Herved fås et samlet overblik over de forskellige erfaringer og input. Pileydyrkernes identifikationsoplysninger er udeladt her. Ligeledes er svarene på en række spørgsmål (5, 23,24,25,26,27,29) udeladt her, da de indeholder fortrolige oplysninger. I rapportens afsnit 4.1.3 sammenfattes svarene og de vigtigste konklusioner uddrages; heri indgår også essensen og de vigtige erfaringer fra svarene på de ovennævnte spørgsmål.

1. Dyrkning
1. Hvor stort et areal dyrkes der samles med pil (brutto og netto)? - 16,8 ha netto + 1200 m *10 m forager - 22 ha brutto og 20 netto - 14 ha brutto - 45 ha brutto - 7 ha brutto og netto ca 6,3 - 16 ha brutto – 14,4 ha netto - 10 ha brutto - 8,5 ha nette - 55 ha brutto, heraf er 85-90 % netto, Økologisk drevet. - 10 ha brutto - 73 ha brutto - 14 ha brutto - 17 ha brutto, 14 ha netto
a. Er der etableret pil over flere år/ad flere omgange? - På en gang - Over 2 år - På en gang - 2 omgange - En gang - Nej - Det hele på én gang - Ad flere omgange - Én gang - Ad flere omgange - Ad flere omgange - Ad flere omgange
2. Hvornår er pilen etableret? - 2009 - For hhv. 5 og 6 år siden - 2010 - 2010/2011 - 2009 eller 2010 lige før det kunne bruges som efterafgrøde (HKR – det var i 2009) - April 2012 - April 2012 - fra 2009 til 2014 - 2009 - 2010, 2011, 2012. - 2009 (2/3) og 2010 - 2006 (80 %) og 2007
3. Hvad var der på arealet forud for plantning? - Gammel reetableret grusgrav men 3 år med kornafgrøder inden plantning – arealet var reetableret med meget ler, så det gik ikke godt med kornet - Landbrugsafgrøder i omdrift - Landbrugsafg i omdrift - Landbrugsafgrøder i omdrift - Landbrugsafg i omdrift - Hvede - Korn - Korndyrkning - Græs til ammekøer

- Korn, brak - korn og majs - Mesten dels brakjord, men også noget dyrket jord, som er vandlidende - sad ofte fast med traktoren.
4. Hvilken form for jordbearbejdning blev der udført inden plantning? - Alm såbedsforberedelse - Alm såbedsforberedelse - Alm såbedsforberedelse - Dybdepløjning - Alm såbedsforberedelse - Efterårsplojning + 3 gange såbedsharvning. Rotorharvning lige før plantning - Pløjet, tromlet, harvet - Pløjning - Pløjet og fræset og klargjort som til korn. - Alm. kornjord er pløjet. Brakjord er dybdepløjet med reolplov. - Pløjning - slam inden pløjning. - Brakjord dybdepløjet med engplov, Dyrket jord blev alm. pløjet og endelig harvet.
5. Har du selv stået for plantning eller er der anvendt entreprenør?/ Var etableringen tilfredsstillende? - <i>Svar udeladt jf. indledning</i>
6. Navn på klon(-er) - Tordis og Inger 50/50 - Inger, tordis + tora - Kan ikke huske - Tordis + ? - 4 forskellige - Inger (5ha), Tordis (7ha) og Klara (2ha) - Inger + anden som ikke huskes - Inger (ikke så god), Tordis, Tora (er bedre end Tordis), Erik, William - Inger, Tordis - Husker det ikke - Inger, Tora, + en mere en lille smule. - Husker det ikke - 2-3 forskellige kloner
7. Har du udført ukrudtsbekæmpelse i etableringsåret /Metode (kemisk/mechanisk blandet)/effekt - Ja/Kemisk (3 l boxer + 0,1 dff)/ Måske ca. 50% ukrudtsdække - meller og tidsler + kvik - Ja/Kemisk/Næsten 100% nogle steder og lidt mere ukrudt andre steder - Ja/Blandet (harvet + sprøjtet med jordmiddel inden plantning + opfølgende m boxer og stomp/Lidt græs og tidsler i pletter ellers god effekt - Ja/Radrensnings/ God effekt (bl.a. fordi der var dybdepløjet først) - Ja/Blandet (harvet + kemi)/ 50% ukrudtsdække - Ja/Blandet (rækkefræsning + kemi)/ Tæt på 100% effekt - Ja/Striglet 5-6 gange, derefter radrenset 3 gange/ God effekt. - Ja/Mekanisk. Striglet hver 4./5. dag indtil midt juni. Dernæst harvet med 10-14 km/t (hvor tænder hen over rækker er afmonteret på harven) indtil midtjuli. Den 8. august var planterne ca. 3 m høje, og de var pinligt rene. Pil nem at dyrke økologisk, man skal holde dem rene hele tiden, ellers går det galt. Har tidligere radrenset, men det er ikke så godt som harven, der hypper jord ind i rækken. Der skal strigles, selv om der faktisk ikke er synligt ukrudt, ellers løber det fra én). Ændrer kører retning fra gang til gang. Harven er skånsom ved planterne, og der kan køres hurtigere end med radrenser. Vil fremover slå græsset med en særligt bygget maskine der hænger ned fra frontlæsser, så der kan køres i 2 meter høje pil. Klippehovedet kan bøje af, når det rammer en plante og dermed klippe rundt om pileplanten./Pinligt rene - Ja/Kemisk - sprøjtet med jordmiddel i etableringsåret. Og sprøjtet mod tidsler i 2011./ 75% effekt indtil pilen lukkede rækkerne - Ja/Kemisk. Jordmidler, dog ikke på humusjord. I foråret 2011 er der sprøjtet med Roundup på arealet efter afslåning. Også efter høst er der sprøjtet med Roundup./ Effekten ikke tilfredsstillende af jordmidler. Dosis havde været for lav, og jordtypen har måske været årsag til for ringe effekt. - Ja/Egen etableret sprøjtet kunne ikke sprøjtes med Logo (som havde fået at vide). Ukrudtet blev derfor ret stor - gjorde derfor ikke noget i etableringsåret i 2009. Det gik

ikke så godt, men nu er det udmærket (blev slået af efter 1. vækstsæson, hvorefter det er sprøjtet med Roundup om foråret./ I 2010 lavede falsk såbed, sprøjtede med Roundup, dernæst plantet, dernæst Stomp, efter 5-6 uger begyndte at rense i dem en gang pr. uge retten af sæsonen. - /Har stort set ikke lavet ukrudtsbekæmpelse. Kørte lidt med en strigle indtil det ikke var muligt længere. Mener dog at der er sprøjtet inden stiklingerne satte blade./ Ikke alt for god effekt af strigling
8. Er pilen slået af efter 1. vækstsæson? - Ja - Ja - Ja - Ja - Ja - Nej - Nej - Ja, de først etablerede, men ikke i de arealer, som er plantet de seneste år. (er bevidst om, at afslåning efter 1. vækstsæson koster udbytte.) - Ja. - Kun på arealet etableret i 2010. Det blev gjort sent, dvs. i april 2011, da vinteren havde været meget fugtig og det ikke var muligt at færdes på markerne. - I 2009 ja, nej i 2010. - Ja
9. Er der tilført gødning ved etablering eller senere inden 1. høst/ Hvordan? - Slam i år 1 før etablering svarende til 90 kg fosfor i plantningsåret + gylle i år 2 op til norm - Gylle i høstår + flydende handelsgødning op til norm i år 2 - Bredspredning af handelsgødning i etableringsåret op til norm + 75 kg N i år 2 - Gylle i år 2 op til norm - Slam + handelsgødning op til norm - 60 kg N (flydende gødning) i år 1 i forbindelse med rækkefræsning - Ja, dybstrøelse pløjet ned inden plantning - Gylle inden etablering (nedpløjet) og i foråret efter høst. - Kunstgødning - Nedfældet 30-35 ton gylle forud for etablering. Dernæst gødning året efter med fræser + samtidig gødningstilførsel (kun på arealer som er afslået) eller specialmaskine der kan gøde 6 rækker ad gangen (på arealer der ikke er slået af) og 3. år gødningstidførsel med alm. traktor med juletræsgødningsmaskine (spreder op i luften). - Slam inden etablering (op til 90 kg P); efter høst 60 tons gylle i maj-juni kun på halvdelen af arealet; den anden halvdel har ikke fået gødning - Nej/-
10. Skudalder ved første høst? - 2 år - 2 år - 2 år - 2 år på halvdelen og 3 år på resten - 2 år - 3 år (vækstsæsoner) - 2 år - Høster konsekvent altid 2 årige skud. - 2 år. - Første gang 3 år efter plantning. Derefter 2 år. - 2 år, dernæst 3 år. Pudser helt ned efter høst. - 2 år.
11. Høstmetode (direkte flisning, helskudshøst) - Direkte flisning - Direkte flisning - Helskudshøst - Direkte flisning - Direkte flisning - Direkte flisning - Direkte flisning - Direkte flisning

- Helskud - Direkte flisning med traktormaskine - Direkte flisning - Direkte flisning (mest), ét år som helskud.
12. Er der arealer, hvor der er høstet flere gange - Ja/2år - Ja/2år - Nej - Ja – på halvdelen/2år - Ja/3år - Nej - Nej - Ja/2år - Ja/3år - Ja/2år - Ja/3år - Ja/2-3år
13. Vedr. helskudshøst - Hvornår er flisning foretaget efter høst?/ Hvornår er levering til aftager sket efter flisning - 6 måneder efter høst (juli)/Direkte levering - August (er pt. 13. aug. ikke udført)/skuddene er pt ikke leveret - 1½ - 2½ år efter - bruger det selv på ejendommen/2-4 måneder
14. Hvornår på året udføres høsten? - Januar - Januar til marts – seneste høst januar - Januar - Vinter hhv. før og efter nytår - Jan-feb - 22. november 2014 - januar 2014 - Vinter - Helskudshøst udført i dec. 2014. - Dec-marts - I marts 2015, hellere sidst i februar - af hensyn til frost i jorden - Efter nytår
15. Udbyttelniveau (GJ, tons, rm pr. ha) Første høstår/senere høstår - 350 tons frisk vare (svarende til ca 3,2 tts pr ha pr år - HKR)/ 735 tons frisk vare (ca. 10,2 tts pr ha pr år) - Kan ikke huske/11 tt 2014 ellers har det varieret men mindre - Kan ikke huske - Der er i alt høstet 1.353 ton fordelt over 3 høstsæsoner, svarende til ca. 4 tt pr. ha pr. år i gennemsnit inkl. det år, hvor pilen blev slået af. - Kan ikke huske/185.620 kg (33,65% fugt) = 123,16 tt svarende til ca. 6-6,5 tt pr. ha pr. år. - 143,75 rm pr ha (svarende til ca. 6 tts pr ha pr år - HKR) - 20 tons flis pr. ha (svarende til ca. 5 tts pr ha pr år - HKR) - 5-7 tons ts/ha/år / 7-9 tons ts/ha/år - 70-80 rm/ha ved 1. høst (svarende til ca 3 tts pr ha pr år - HKR)/ Forventer at helskuddene, når der bliver hugget til flis vil give 90 rm/ha. (svarende til ca 3,8 tts pr ha pr år - HKR) - 35-85 rm/ha (svarende til ca 1,5 til 3,5 tts pr ha pr år)/ 100-120 rm/ha (svarende til ca. 7 tts pr ha pr år - HKR) - 110 rm/ha og 76 rm/ha (lidt svær at beregne pga upræcise oplysninger, men ca 4 tts pr ha pr år)/ 200 rm/ha (svarende til ca. 8,3 tts pr ha pr år - HKR) - Husker det ikke
16. Hvordan er den høstede energipil lagret fra høst til levering (eller til flisning hvis der er tale om helskud)? - Markstak 8 m - Markstak ca. 4 m høj - I Bunker på arealet - Markstak – 5-6 m høj - Markstak 4-5 m høj

- Markstak ca. 3-3,5 m - I containere 3-4 dage inden det er kørt til værk - Flis opbevares i containere indtil levering - Første høstrotation blive høstet som direkte flisning. Halvdelen af flisen blev solgt til naboen og kørt hjem fra markstak i april, den anden halvdel blev afsat i august. Al flisen havde ligget i stak direkte på jorden, uden overdækning. Den var dog stakket noget op, men den var ikke blevet vendt i lagerperioden. - På asfaltplads, hvor den er dynget op så højt som muligt. Stakken er ikke overdækket. Har tidligere prøvet at vende stakken, men mener ikke at der er nogen gevinst ved det, da en vending kan ødelægges af dårligt vejr. - I en lang stak på et luftigt sted, stakken er skubbet op. - Helskud på jorden. Flisen ligger bare på jorden indtil levering. Oplever, at der sker en vis tørring på grund af at det varmer - vandprocenten en enkelt gang nede på 44-46%.	17. Tid fra høst til levering? - 14 dage 3 uger - Fra 1 – 4 uger - Direkte - Ca. 6 mdr - 5 måneder - 3 mdr for halvdelen og 6-8 mdr for rest - 3-4 dage - 0-3 dage - Noget lå i kort tid, andet lå ½ år. - Varmeværket ønsker ikke pileflisen om vinteren, da det er for fugtigt - kedlen kan ikke opnå nominel effekt med så fugtigt flis. Flisen skal derfor ligge til om foråret inden det kan leveres. - 4-5½ mdr. Derefter er det kørt ind i hal. Indenfor bræmmer det igen, hvilket tørrer det. Vandindholdet kan komme ned på ca. 20%. - 2-4 mdr.
18. Hvordan var kvaliteten af flisen ved levering / Vandindhold, skimmel, formuldning / Har du et indtryk af, hvad årsagen til eventuelle kvalitetsproblemer kunne være? - OK/Fugt% 51-57/- - OK/Fugt 45-50 ingen problemer med skimmel og formuldning/- - God/Under 20% og god kvalitet/- - Generelt ok, men i 2014 var der lidt kritik fra værket vedr. partikelstørrelse (for fint)/Fugt% noget svingende, men gennemsnitligt ca. 35-45%. Enkelte målinger over 50%, men værket har ikke haft problemer/ I 2014 var pilen ved høst snittet finere end normalt. Det gav ikke anledning til større problemer på værket, men de var ikke begejstrede. - God/God kvalitet. Fugtindhold svingende fra 26 til 44% med et gennemsnit på ca. 34%. Ingen problemer med skimmel eller formuldning/ Ikke tilfreds med de store udsving på fugtprocenten og mener, at prøveudtagningen kan være en del af årsagen - Problemer med fugt indhold - ellers god kvalitet/Meget varierende 32-61%/ Stakkens udformning og højde kombineret med den tidlige høst efterfulgt af store mængder regn - Fin/Kender ikke vandindholdet/- - Fin/-/- - Ikka så god/Var våd, og med skimmel/ For lang lagertid og manglende overdækning - I orden, når den har ligget på asfaltpladsen./Tæmmelig varierende vandindhold./ Vigtigt at vandet kan dræne værk fra stakken - duer ikke med vand i bunden. - OK/Der var skimmel på - men det kommer også på almindelig flis/ Lang tids oplagring udendørs. - OK/Skimmelsvamp, men ikke formuldning/ Evt. dårlig kvalitet skyldes primært at skuddene ikke har været kraftige nok ved høst - at der har været for lidt vedmasse i forhold til barkandelen, så er flisdyngen grøn i stedet for hvid.	19. Er der foretaget ukrudtsbekæmpelse efter høst?/ Kemisk, mekaniske, blandet? - Ja/Roundup lige inden knopskydning (ikke den store effekt fordi ukrudtet endnu ikke er i vækst) – har en enkelt gang sprøjtet afskærmet m portal traktor og det virkede - Ja/Blandet (harvning + afskærmet rækkesprøjtning med round up + mcpa i pletter) - Ja/Kemisk – roundup inden knopbrydning - Ja/2 gange fræsning

- Nej - Ja/Mekanisk (afpudsning + rækkefræsning) - Naj-ja/Nej ikke foråret 2014 (året efter høst), men i tidlig forår 2015 er der sprøjtet mod tidsler og bynker - kører for hver to rækker (bruger juletræstraktor) i april. - Ja (har dog undladt det på nogle stykker, hvilket ikke er godt!)/Mekanisk. Fræset mellem rækkerne, men det er ikke tilfredsstillende, da dels beskadiger pileskuddene, når der bliver over 50 cm, dels går det langsomt (3 km/t). Vil til næste år klippe græsset i stedet for med en specialbygget klipper, der kan klippe hele vejen rundt om planterne - Ja/Sprøjtet mod tidsler i 2011. Ingen ukrudtsbekæmpelse i foråret 2015 (stykket blev høstet i dec. 2014). Der er derimod sprøjtet mod biller i maj 2015 på en del af arealet - da billeangrebne planter havde mistet bladene, da billerne har ædt det hele. - Ja/Fræsning - tokimbladet, Roundup mod græsukrudt lige inden knopskydning. - Ja/Roundup. Kun i rand og enkelte pletter med ukrudt. - Nej/	20. Er der tilført gødning efter høst? / Hvordan? - Ja/Op til 110 kg N med gylle (maj) + handelsgødning med bredspreder i frontlæsser op til 110 kg - Ja/Gylle + flydende handelsgødning i hhv høstår og 1 år efter høst - Nej/- - Ja/Gylle op til norm - Ja/Handelsgødning op til norm - Ja/Bredsåning af kunstgødning 120 kg N - Ja/Kunstgødning i 2014 og 2015. - Ja/Gylle i første år efter høst. - Ja/Kunstgødning - Ja/Flydende gødning - Ja, på noget af arealet/ 60 ton gylle/ha. På en del arealet ingen gødning. - Nej/-
21. Jordtype på pilearealerne / Hvordan er arealet udbyttmæssigt og arronderingsmæssigt i forhold til dine andre marker? - Blandet men med meget ler efter etablering - 30 cm muld ovenpå/Ringere - JB6/Pil på hele arealet - Blandet - humusjord til JB6/Ringere - JB3-4 (middel vandtilgængelighed)/Dårligere - det er derfor der er plantet pil på arealerne - JB6- JB7/ Som gennemsnit på ejendommen - JB6-7/Pil på hele arealet - Sandjord/ Normalt 20 hkg/ha. Ingen mulighed for vanding - Høj sandjord, der mangler vand./I korn 2-4tons/ha - Dels kold humusjord, dels sandjord. Pilen står bedst på sandjorden/ Max. 5 tons i korn, men det er sjældent, i reglen væsentlig lavere. - Humusjord og inddæmnet jord/ Fra 0-3,5 ton/ha i korn - 2 ha med lerjord, resten høj sandjord og lidt morjord/0-lidt... - Sort jord, og sand og grusunderlag i dybden./ Kornarealer gav ok. Tidligere brakarealer giver ikke så meget.	22. Er der drænet? / Problemer i relation til dræn? - Nej/- - Ja/Ja enkelte steder - Ja/Rødder i dræn. Men ikke så det giver problemer for pilen - Ja/Måske, men der er foreløbig ingen problemer med vand på arealerne - Ja/Ja i høj grad - Ja/Der er gået rødder i et hoveddræn i ca. 1,3 m dybde. - Nej/- - Nej/- - Nej/- - Ja, men de duer ikke/De er tilbage fra inddæmningen, men de duer ikke. Dog suger pilen en masse vand. - Ja/Rødderne går i drænene - Ja/Stopper totalt til - gør ikke noget, så lægges der bare nye.
2. Afsætning af energipil	

23. Hvem har du afsat din pileflis til?/ Hvad har anvendelsen af flisen været (brændsel eller evt. andet)?/ Hvad har afregningsformen været (pr. GJ, anden afregningsform)? - Svar udeladt jf. indledning
24. Hvem har håndteret fragten (selvudført/vognmand/andet)?/Hvem har betalt fragten? - Svar udeladt jf. indledning
3. Organisering
25. Har du været med i et netværk af piledyrkere – i givet fald – hvilket? / Hvad har du fået hjælp til/kunnet få hjælp til gennem netværket? - Svar udeladt jf. indledning
26. Har du haft behov for hjælp, som du ikke har kunnet få – i givet fald til hvad? - Svar udeladt jf. indledning
4. Nøgletal for omkostninger og indtægter
27. Hvilke omkostninger har du haft til høst (kr. pr. ha)? - Svar udeladt jf. indledning
28. Hvilke omkostninger har du haft til intern transport - 16 timer * 3 traktorer med vogn (interne omkostninger) (svarende til ca 8 kr pr rm) - Ca. 1000 kr. pr ha (svarende til ca 6 kr pr rm) - 11.000 kr. i alt - 1.580 kr. pr. ha.(med traktor + vogne + teleskoplæsser) (svarende til ca 13 kr pr rm) - 2 * 12 timer til traktor og vogn og mandskab (interne omkostninger) (svarende til ca 16 kr pr rm) - 3 traktorer m vogn + rendegraver i 16 timer (kun kostpris – intern) (svarende til ca 14 kr pr rm) - Har selv hjulpet til med traktor og vogn + egen arbejdskraft (Høsten varede én dag) - Har selv lagt et frakørselskøretøj til (en eller tom frakørselsvogne afhængig af afstand) - Intet - Entreprenøren har ordnet det hele - Kører flisen hjem fra marken til asfaltpladsen i containere (ca. 1 container køres hjem pr. time) - udfører selv arbejdet - men laver også andre ting ind i mellem. Leje af container er 200 kr./dag. - Kender det ikke - men bruger 200 liter diesel på at køre 1000 rm hjem. - Kører selv fra høstmaskine - nok med en traktor + vogn (ca. 500 kr./time.)
29. Hvilke udgifter har du haft til fragt pr. m3 (inkl./ekskl. læsning)? / Har selv udført fragten eller fået en vognmand til det? - Svar udeladt jf. indledning
30. Hvilken pris har du fået for pileflisen ved salg til værk - kr./GJ eller kr./rm eller kr./ton - (4.500 acconto pr. ha pr. år) – Dansk Fjernvarmes gennemsnitspris (reguleres hvert år i januar) - 48,56 pr. GJ - Kan finde på mandag - 45 kr. pr. GJ - 45 kr. pr GJ - 43 kr. pr. GJ for de 1.000 rm og 45 kr. pr. GJ for resten - 44 kr./GJ - 44 kr./GJ - Forventer at få 24 kr./rm, når omkostninger til høst og transport er dækket. - 43 kr./GJ - 42 kr./GJ - Landmanden husker det ikke.
31. Ved du om prisen var lavere end værkets pris på skovflis? /I så fald kender du så begrundelsen til den lavere pris? - (3 kr. lavere end skovflis pr. GJ) - samme pris som skovflis/- - Lidt lavere pris/Der er afsat penge til administration - Samme pris som skovflis/- - Nej ikke med sikkerhed, men har en fornemmelse af, at prisen er lavere end prisen på skovflis - Ved ikke - Har en fornemmelse af, at prisen har været lavere end prisen på skovflis/Brændværdi pr. rm og højere askeindhold

- Den er højere/ Værket ønsker at "støtte" landmændene. Dvs. vise velvilje over for lokale flisproducenter. - Pileflisen afregnes med 2-3 kr./GJ mere end skovflis fra værket/Værket er positivt indstillet over for piledyrkerne - Ved det ikke. Mener at det er lette at sælge som privatmand end via foreningen./- - Nej/- - Ved det ikke/- - Nej ved ikke. Men får det samme som for halm regnet i forhold til energiindholdet/-
32. Har du tjent eller tabt på flisen ved salg til værk? - Tjent - Tjent penge - Har tjent lidt men regner med at tjene mere næste gang, da der er væsentligt mere masse pr ha - Ved ikke - Har tabt ved første høst og har tjent for lidt ved anden høst - Tjent - Har ikke tjent på det, indtægt har kun dækket høstomkostninger - Indtægt kan lige netop dække omkostninger til høst og transport. Håber at næste høst bliver bedre, så også de andre omkostninger bliver dækket. Forventer først at tjene på pilen på lang sigt. - Har lidt i overskud til betaling af gødningen - Ja, men kun lidt. Bruger meget tid på renholdelse. Alternativet på ca. totredjedel af arealet er nul, får dog Ha-støtte. - Tabt - lille underskud i forhold til høstomk. For venter at tjene ved næste høst. - Helt sikker tjent på det i forhold til at arealerne blot ligger brak.
33. Har du haft andre særlige/øgede indtægter som følge af pileproduktionen (f.eks. højere jagtleje)? - Nej – har jagten selv – men jagten er blevet bedre - Nej - Ja – der har været væsentligt flere både fasaner og harer + råvildt, og det har givet en højere jagtleje - Nej - Nej – men jagten er blevet meget bedre - Jagten lejes ikke ud, men den er blevet væsentligt bedre - Nej, har selv jagten. - Har selv jagten - Har lidt jagtleje. - Får jagtleje på ca. 20 ha af pilearealet. - Nej - Nej
5. Personlige overvejelser om energipil
34. Hvad motiverede i sin tid din beslutning om at etablere energipil – hvilke overvejelser gjorde du dig? - Pga. dårlige jordbundsforhold som følge af reetablering af grusgrav - Umiddelbart fordi han kunne få en kontrakt, som han havde tillid til fordi landboforeningen var involveret. Afsætningen var sikret. Pga. lille ejendom var det mere interessant med pil. - Etablering af vådområde gav anledning til en ændret arrondering, som gjorde det aktuelt at tænke på andre afgrøder. Høje energipriser gav forhåbning om en god økonomi i piledyrkning. Natur og miljøgevinst. Ville gerne bidrage til at reducere udvaskning af næringsstoffer. Natur er både i forhold til jagt og herlighedsværdi - Der blev fra mange sider lovet guld og grønne skove, og der var stor politisk opbakning. Som følge heraf havde vi forventninger om god efterspørgsel og pris. - Vil gerne have variation på ejendommen - Nysgerrighed for at prøve noget nyt/andet. Avleren mente, at hans faglige baggrund muliggjorde at han kunne dyrke pil med succes. Arbejdsbyrdens tidsmæssige placering ved energipil passer bedre til hans job, hvor spidsbelastningen følger de konventionelle landbrugsafgrøder. - Er folkepensionist, ønskede at have en afgrøde, der er let at passe - Pensionistordning, dvs. en afgrøde der er nem at passe. Samt at der var støtte til etablering.

- Var til et møde om alternative afgrøder, det lød spændende. Desuden står pilen på et areal som ligger langt væk, ca. 10 km, så det er en lettelse at have en "nem" afgrøde dér. - Ringe arealer, ikke noget alternativ på de pågældende arealer, og jorden skal bevare status som landbrugsjord, derfor dyrkes den. - Svært at dyrke andet på arealerne - Spændende, brakarealer, bange for at arealer ville blive §3, hvis de ikke blev dyrket.
35. Har du fortrudt, at du etablerede energipil eller ville du have gjort det samme i dag? / Hvorfor – hvorfor ikke? - Ville have gjort det samme i dag, men ville kunne have gjort det bedre i dag (ville have ventet til 2010, da det så kunne have været "brugt" som efterafgrøde)/ Jorden kunne ikke dyrkes fornuftigt med kornafgrøder - Ville have gjort det samme i dag, hvis det stadig var muligt at lave den samme kontrakt/ Ud fra et ønske om at have noget på markerne og fordi korn svinger mere i pris – pil er mere stabil - Har ikke fortrudt og ville nok have gjort det samme i dag bl.a. pga den ændrede arrondering/-. - -/ Nej – vi ville nok ikke have gjort det samme. Økonomien i dyrkningen af energipil er for ringe bl.a. på grund af mangel på lokal efterspørgsel. Det betyder at flisen skal fragtes langt med en dårlig økonomi til følge. - Har ikke fortrudt, men er skuffet over økonomien/ Har ikke levet op til de forventninger, der blev stillet i udsigt. - Nej – har ikke fortrudt og ville gøre det samme i dag/Spændingen i at prøve noget nyt - Har ikke fortrudt, men ville ikke gøre det samme igen/ Det giver mere at bortforpagte (er dog meget glad for jagten) - Har ikke fortrudt, men ville ikke gøre det i dag/ Forpagtning er bedre, og i øvrigt er der heller ikke længere støtte til pilen. - Nej, men ville i dag hellere prøve poppel/- - Nej. Men ville næppe gøre det igen i dag/ Omkostningerne for store, og udbyttet er for ringe. Driften er ikke tilstrækkelig rationel. - Nej/ i dag ville det være mere relevant med poppel, da poppel angiveligt er nemmere at rense - kan renses med harve ved kørsel hvr 3. uge. - Nej, men skulle have ventet 2-3 år med etablering (så kunne de tælle med som efterafgrødeareal)/-
36. Overvejer du at rydde dit areal med energipil / Eller overvejer du at udvide arealet med energipil - Nej / Nej – ikke pt. da den øvrige jord kan dyrkes med kornafgrøder - Nej / Nej – har næsten plantet det hele til - Nej / Nej ikke pt – så skal økonomien blive bedre - Nej/Nej - Nej/Nej - Nej/Nej ikke umiddelbart, da hele ejendommen er plantet til - Nej/Nej, men hvis jeg var yngre - så måske - Nej/Nej - Nej/Nej - Nej, på grund af de store etableringsomkostninger/Hvis der kommer flere penge i det, så måske - Nej/Nej, men måske plante lidt poppel - Nej/Nej.
37. Er der gode ting ved energipil sammenlignet med andre afgrøder du dyrker - Jagten – ikke meget arbejde og arbejdsbyrden ligger på et andet tidspunkt - Nej – det lød bare spændende - Pilen kan bedre dyrkes rationelt på mindre arealer i forhold til konventionelle afgrøder, som helst skal dyrkes på marker der er mindst 10 ha - Nej - Jagt og natur - Timingen i arbejdsbyrden, jagtmuligheder og herlighedsværdi ved at have mere vildt på ejendommen, samt glæden ved at pilen starter forfra hvert 3. år - Jagt - Minimalt arbejde, god natur og god jagt. - Mere vildt på arealet. Ønsker også at gøre noget godt for miljø og klima. - Tæller med som efterafgrøde, men tæller dog for lidt

- Meget vildt, billigt, brændsel, afgrøden fungerer godt på arealerne. - Arbejdsmæssigt håndteres på andre tidspunkter i forhold til andre afgrøder
38. Er der dårlige ting ved energipil sammenlignet med andre afgrøder du dyrker - Nej - Bekymring for hvordan arealet vil være at dyrke, hvis pilen opgives - Afregningsprisen på energi er for lav - For lav indtjening og risiko for ødelæggelse af dræn - Økonomien + rødder i dræn - Økonomi - Nedsat udsyn i landskabet - Usikker økonomi, stort kapitalbehov til etablering - Sygdom og skadedyr - kan overraske negativt. - Ustabil afsætning. Varmeværket gider ikke de små leverandører. Har ikke alt udstyr selv, hvilket medfører at der skal lejes maskiner/eller arbejdskraft ind - eksempelvis gødskning - Vanskeligt af afsætte. - Dræn der stopper. Høst sker på den årstid, hvor der er mest vand i jorden.
39. Er der særlige udfordringer ved energipil i forhold til andre afgrøder? - Renholdelsen er svær – specialviden – det giver problemer hvis arealet er meget bakket pga. høst om vinteren - Nej – ikke udover at det er en hel anden måde at dyrke jorden på - Nej – den skal bare renholdes ordentligt - Vanskelige kørselsforhold ved høst i vintre uden hård frost – mangel på pilehøstere - Renholdelsen er krævende og specialviden – det kunne være rart med en markplan - Skal passes som en roemark (ukrudtsbekæmpelse er meget vigtigt) - Dels renholdelse for ukrudt, dels høsten, som er usikker. - Ukrudt, skadedyr og rust (især i Inger) - At få høstet. Første gang kunne der køre finsnitter på arealet. Anden gang var der for blødt, hvorfor der blev høstet med bæltebåren helskudshøster. - Ukrudtsbekæmpelse. Høst om vinteren - dog er der god tid til den slags om vinteren. - Ukrudt. Det er afgørende at der holdes rent fra starten af og at der ukrudtet vedvarende holdes nede. - Høsten, som jo sker om vinteren. Om rodnettet kan bære høstmaskinerne på de våde arealer.
40. Har du overvejet selv at anskaffe en maskine til høst af pilen, eller alternativt indgå samarbejde med andre pileydere om en høstmaskine? - Ja – men med den kontrakt de har nu, er det ikke aktuelt - Nej – høst med i kontrakten - Ja – har overvejet et samarbejde med andre dyrkere, men foreløbig bliver det ikke aktuelt. - Ja – har haft indkøbt en 1-rækket høster, men det gik ikke, da kapaciteten og præstationen var for lav. Det overvejes ikke at investere igen, da vurderingen er at det er for dyrt. - Nej – for dyrt - Nej - Nej - Nej, er godt tilfreds med foreningens fællesmaskine - Nej - Har allerede selv en høstmaskine. - Nej - Nej, men kunne godt ønske sig et pilelaug, hvor der kunne samarbejdes om høst og andre ting.
41. Har du overvejet et alternativ til energipilen? Eksempelvis poppel, eller regulær skov? - Nej - Nej – skov er der ingen omdrift i, og poppel var ikke fremme på det tidspunkt - Har poppel, men de trives ikke, så det skal jeg ikke have mere af. - Nej - Ja – regulær skov - Ja skov blev overvejet, men ejendommen ligger i negativt skovrejsningsområde, og vil i øvrigt lukke landskabet mere permanent af, hvor pilen starter forfra hvert 3. år. - Nej, ønsker ikke poppel.

- Nej. Har allerede poppel, som er en ren katastrofe - udbytte på 5 tons tørstof/ ha i 4-årige skud!
- Poppel.
- Nej, poppel duer ikke på lavbundsjord.
- Ja, poppel.
- Har 1 ha med poppel. På nogle arealer ville nok hellere have poppel frem for pil. Poppel har længere høstrotation, og poppel ligner mere regulær skov. Men poppel er måske ikke så godt på fugtige arealer...