



ENERGISTYRELSEN

BIOMASSEPOTENTIALER I DANMARK, EU OG GLOBALT

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

INDHOLD

1	Indledning	2
2	Opsamling	2
3	Forskellige typer potentialer	3
4	Biomassepotentialer	5
4.1	Danmark	5
4.2	Europa/EU	9
4.3	Globalt	11
5	Handel med bioenergi	13
6	Afrunding	15

BILAG

Bilag A	Kilder og litteraturhenvisning	17
---------	--------------------------------	----

1 Indledning

I dette notat beskrives det, hvor meget biomasse til bioenergi, der potentielt kan produceres i Danmark, EU/Europa og andre dele af verden, som også har relevans for den danske biomasseforsyning. Biomasse til bioenergi omfatter i dette notat biomasse fra land og skovbrug (halm, tyndingstræ, restbiomasse fra skovning, energiafgrøder, biogas). Blå biomasse (alger) er ikke omfattet. I forhold til udenlandsk biomasse ses der kun på træbiomasse, idet det primært er denne ressource, der handles internationalt.

Notatet indledes med en beskrivelse af forskellige typer af biomassepotentialer (teoretiske, tekniske, økonomiske osv.). Dette har stor betydning for tolkningen af de i litteraturen rapporterede potentialer. Derefter følger en oversigt over estimerede biomassepotentialer i Danmark, og potentielle træbiomasseressourcer i Europa og udvalgte regioner uden for Europa. Notatet afsluttes med en kort gennemgang af de internationale handelsmønstre for biomasse til energi. Dette skal illustrere de forsyningsveje, der kunne bringe international biomasse til Danmark.

Notatet er baseret på videnskabelige artikler og rapporter offentliggjort inden for de seneste fem år. Notatet er ikke en udtømmende gennemgang af alt relevant litteratur inden for dette emne, men fremdrager de væsentlige pointer. For mere omfattende oversigtsrapporter henvises til Bentsen & Stupak (2014) eller til IPCC's¹ rapport om bioenergi (Chum et al., 2011).

2 Opsamling

- › + 10 mio. tons planen fra 2013 viser, at Danmark kan øge produktionen af biomasse fra land- og skovbrug til enten energi eller andre anvendelser med op til 10 millioner tons inden år 2020, uden at det går ud over fødevarerproduktion og miljø.
- › Hugsten af træ i Europas skove er samlet set et godt stykke under tilvæksten, men lokalt kan udnyttelsesgraden af skovenes tilvækst muligvis være meget høj, f.eks. Sydsverige, Sydfinland, Estland samt dele af Polen og Tjekkiet.
- › Det globale potentiale for biomasse til energi ligger sandsynligvis på et sted mellem 100 og 300 EJ om året svarende til 2-6 gange mere end det, der bruges i dag. Meget store stigninger i anvendelsen af biomasse synes at forudsætte omfattende og øget produktion af energiafgrøder, også i Europa.
- › Den internationale handel med biomasse til energi er stærkt stigende og Europa er en stor importør. To tredjedele af verdenshandlen foregår dog mellem lande internt i EU.

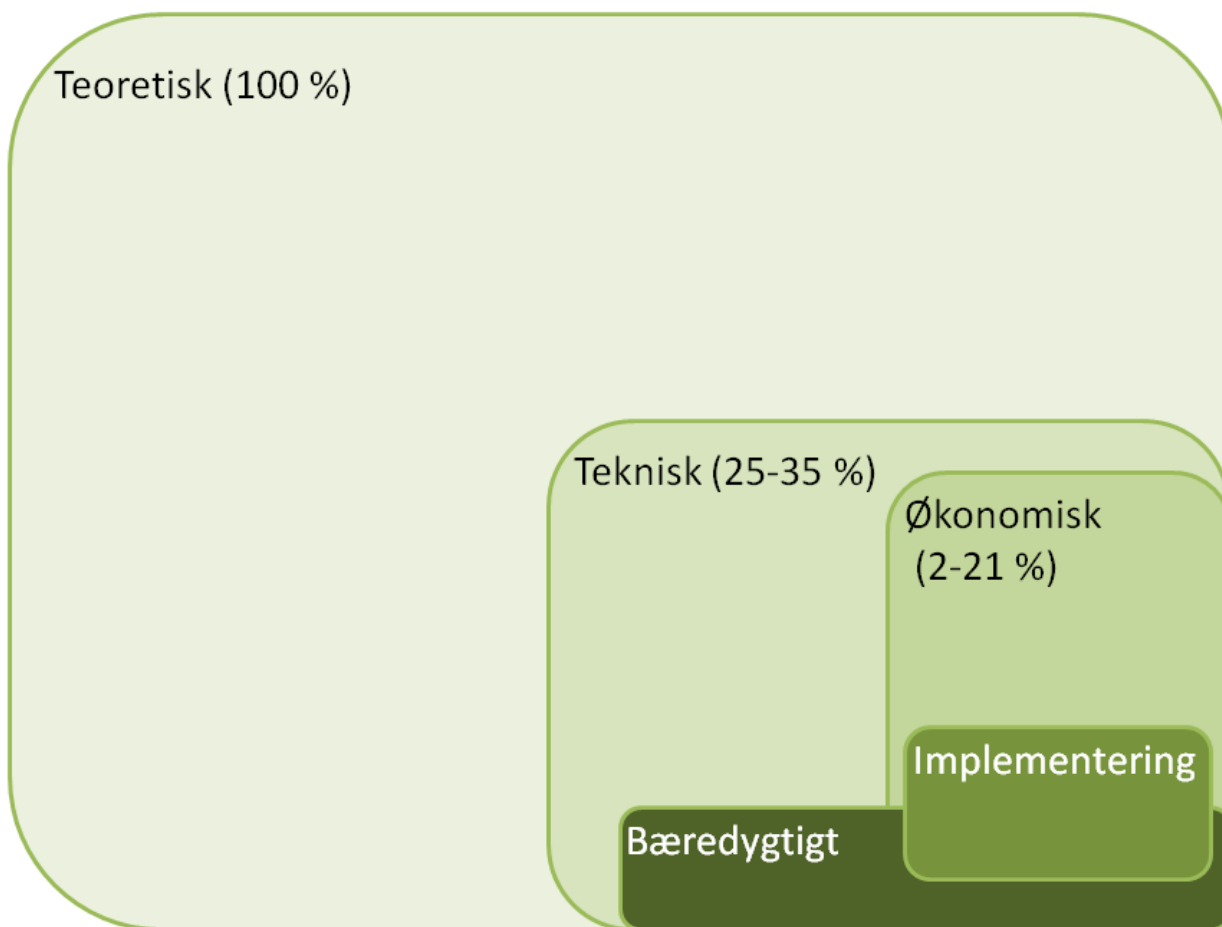
¹ IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change, FN's klima-panel.

3 Forskellige typer potentialer

Biomassepotentialer kan opgøres på forskellige måder og metodevalget har stor indflydelse på størrelsen af estimatet. I biomasseopgørelser opereres der som regel efter et eller flere af følgende typer af potentialer:

- › *Det teoretiske potentiale* er den totale mængde biomasse, der kan produceres på et givent areal. Dette teoretiske produktionspotentiale er begrænset af fundamentale faktorer som arealet størrelse, solindstrålingen, plantearternes fotosynteseeffektivitet, tilgængelighed af næringsstoffer og den naturlige vandtilgængelighed. Disse fundamentale begrænsende faktorer kan ikke middelbart ændres via teknologisk eller økonomisk udvikling, men kan flyttes gennem grundlæggende forskning.
- › *Det tekniske potentiale* er en delmængde af det teoretiske potentiale. Størrelsen af det tekniske potentiale bestemmes af arealanvendelsesfordelingen og den teknologiske udvikling, f.eks. i forhold til forædling af afgrøder, høstteknologi, m.m. Det tekniske potentiale kan ændres ved at rykke på faktorer i planlægningen og ved teknologisk forskning og udvikling.
- › *Det økonomiske potentiale* er den del af det tekniske potentiale, som kan mobiliseres med en økonomisk fortjeneste. Det økonomiske potentiale er begrænset af markedspriser, omkostningsniveau og politiske incitamenter så som tilskud, afgifter og kvoter. Det tidsmæssige perspektiv eksempelvis for nye investeringer er også en faktor af betydning.
- › *Implementeringspotentialet* er den del af det økonomiske potentiale, som kan mobiliseres inden for en relativ kort tidshorisont (normalt 5-15 år). Dette kan ændres med markedsudviklingen, udbredelsen af konkurrencedygtige teknologier, indførelse af incitamentsstrukturer m.m.
- › *Det bæredygtige potentiale* er en del af enten det tekniske eller det økonomiske potentiale, hvor der samtidig tages hensyn til miljømæssige og sociale værdier. Det kan være biodiversitet, vandforbrug, påvirkning af vandkvalitet, næringsstofhusholdning, klimapåvirkning, beskæftigelse, arbejdsmiljø, menneskerettigheder, oprindelige folks rettigheder, lighed m.m.

Torén et al. (2011) har i forbindelse med et fælleseuropæisk projekt undersøgt forholdet mellem forskellige potentiale typer for forskellige typer af biomasseressourcer og har vist, at det tekniske potentiale typisk udgør 25-35 % af det teoretiske, og ligeledes udgør det økonomiske potentiale typisk 2-21 % af det teoretiske potentiale (Figur 1). Relationerne mellem det teoretiske og det bæredygtige og implementeringspotentialet er ikke angivet i studiet og sådanne sammenligninger skal tolkes forsigtigt, da de er meget generelle og en given potentiale type er ikke altid defineret på samme måde i alle studier, og nogle gange er definitionen ikke tydeligt beskrevet.



Figur 1. Forskellige typer af biomassepotentialer som de typisk rapporteres i den faglige litteratur. Størrelsesrelationen mellem de forskellige 'kasser' illustrerer typiske forskelle mellem potentialer, som angivet af Torén et al. (2011) på baggrund af et fælleseuropisk forsøg på at harmonisere opgørelserne af biomassepotentialerne. I specifikke tilfælde kan størrelsesrelationen være meget forskellig fra den her angivne.

Selv med en klar afgrænsning og definition af de forskellige potentiale typer kan størrelsen af biomassepotentialet variere markant. Bentsen & Felby (2012) undersøgte eksempelvis variationen i de tekniske potentialer mellem forskellige studier for træ, halm og energiafgrøder i EU og fandt en meget stor variation i potentialernes størrelse. Det tekniske potentiale for skovbiomasse i 2020 varierer i de undersøgte studier mellem 0,5 og 6 EJ². Det tilsvarende tal for halm er 1-2 EJ og for energiafgrøder 1-5 EJ. Årsagen til den store variation skal findes i at forskellige studier og opgørelser anvender forskellige beregningsmetoder, bagvedliggende antagelser, og forskellige definitioner af begrebet 'teknisk potentiale'. Torén et al. (2011) har fundet ud af, at forskelle i samme type af potentiale for samme type af biomasse, som oftest skyldes:

- › at der mangler detaljerede data om den nuværende biomasseproduktion og produktiviteten på forskellige lokaliteter. Produktivitet betyder den mængde biomasse, der reelt produceres per arealenhed på en given lokalitet. Det betyder, at man nogle gange må forlade sig på produktionsopgørelser, der til

² EJ = Exa Joule = 10¹⁸ Joule, et mål for energiindhold. Til sammenligning var Danmarks bruttoenergiforbrug i 2013 0,76 EJ.

dels er baseret på en række antagelser og forskellen mellem den reelle nuværende og fremtidige potentielle biomasseproduktioner bliver dermed også usikker.

- › at metoder til estimering af den fremtidige biomasseproduktion og biomassens tekniske og økonomiske tilgængelighed er uklart beskrevet.
- › at antagelser om eksterne faktorer, der påvirker de fremtidige biomassepotentialer, så som arealanvendelsesfordelingen, og forhold der angår konkurrerende slutanvendelser af biomassen er usikre.

4 Biomassepotentialer

I dette afsnit beskrives potentialer for forskellige biomasseressourcer på hhv. dansk, europæisk og globalt niveau. Opgørelserne fokuserer især på træressourcer, der er den biomassetype, som oftest handles internationalt. I opgørelsen for Danmark beskrives dog potentialet for alle biomassetyper bortset fra marin biomasse.

4.1 Danmark

Danmark er et landbrugsland, hvor landbrug dækker 62% af arealet, mens skov dækker 14%. Det danske biomassepotentiale er meget afhængigt af landbrugsproduktionen, hvilke afgrøder der dyrkes og måden afgrøderne dyrkes og anvendes. Derved adskiller Danmark sig fra de umiddelbare nabolande, hvor skovressourcerne er større (Tabel 1).

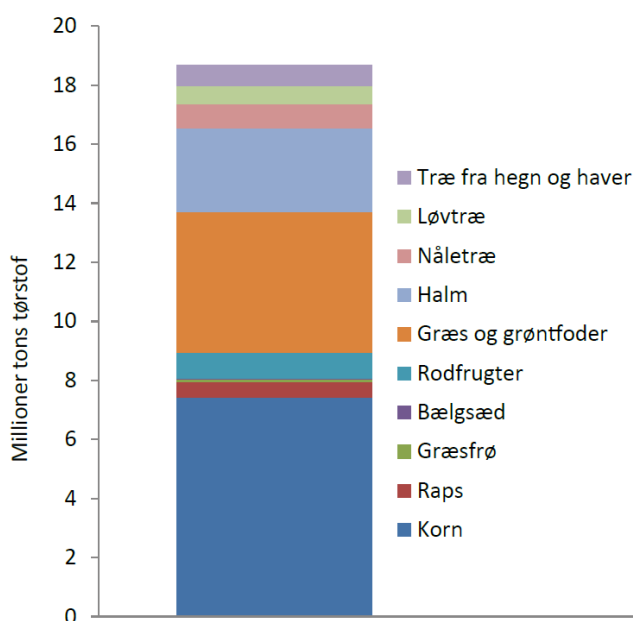
Tabel 1. Andelen som skov og landbrug udgør af det samlede landareal i lande omkring Danmark. Data er baseret på FAO's statistiske oversigt for 2012 (FAOStat, 2015).

Land	Skovandel af landareal (%)	Landbrugsandel af landareal (%)
Sverige	69	7,5
Norge	28	2,7
Finland	73	7,5
Estland	54	30
Letland	54	30
Litauen	35	45
Polen	31	47
Tyskland	32	48

Beskrivelsen af biomassepotentialerne i Danmark tager udgangspunkt i den såkaldte +10 millioner tons plan, som Københavns og Aarhus universiteter udarbejdede i 2012 (Gylling et al., 2012). Formålet med planen var at undersøge, hvor meget mere biomasse dansk land- og skovbrug ville kunne levere til en fremtidig bioraffinaderisektor i år 2020. De beregnede biomassepotentialer skal betragtes som tekniske potentialer.

Den samlede høst af biomasse i Danmark udgjorde i 2009 ca. 18 millioner tons tørstof, hvoraf korn, græs og grøntfoder samt halm udgjorde den største del (Figur 2). De 18 millioner tons omfatter biomasse til både foder, fødevarer, industriformål og energi. Biomasse til energi udgjorde knapt 4 millioner tons.

Biomassehøst i Danmark



Figur 2. Høst af biomasse i Danmark i 2009 fordelt på forskellige afgrøder og biomassetyper. Figuren er fra Gylling et al., 2012.

Landbruget er således den største leverandør af biomasse i Danmark, da sektoren dels dækker den største del af Danmarks landareal, og dels har en større produktion pr arealenhed. De danske skove og andre træbevoksede arealer bidrager med ca. 2,2 millioner tons biomasse.

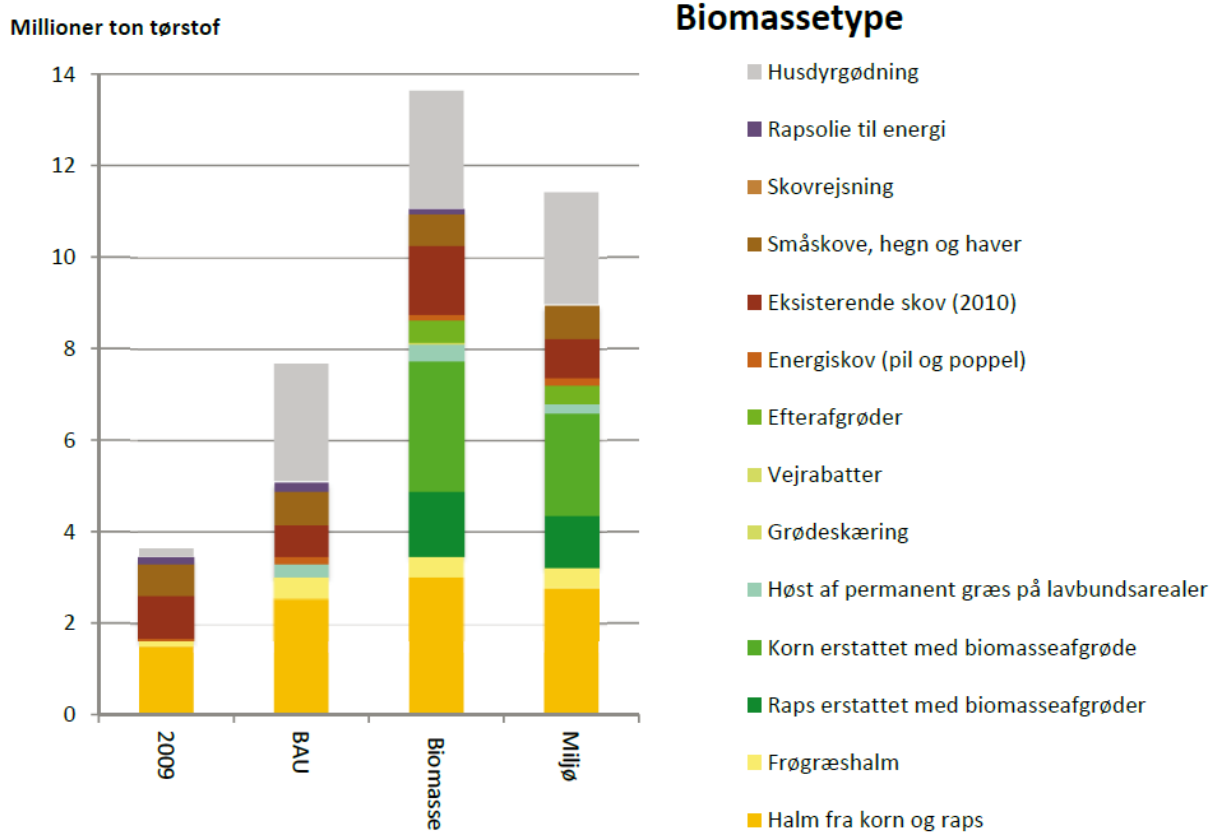
+10 millioner tons planen opstillede 3 scenarier for udviklingen af national biomasseforsyning til 2020:

- › Business-as-usual (BAU) scenariet antog fremskrivning af nuværende dyrkningspraksis, afgrødefordeling, træartsfordeling i skovene og skovrejsning (1900 ha årligt) men fokuserede på øgede mobilisering af de tilgængelige ressourcer.
- › Biomassescenariet inkluderede udover øget mobilisering også øget primærproduktion ved hjælp af bl.a. kornsorter med mere halm, intensivning af lavbundsarealer, omlægning fra raps og korn til sukkerroer, høst af biomasse fra

vejrabatter og grødeskæring, samt ændret træartsfordeling i skovene med fokus på hurtigt voksende arter og ændrede kulturmetoder.

- › Miljøscenariet fokuserede også på både øget mobilisering og primærproduktion men inkluderede en række arealanvendelsesbegrænsninger i form af ingen halmfjernelse fra jorder med kritisk lavt kulstofindhold, flere efterafgrøder, ingen kornproduktion i nitratfølsomme områder, mere skovrejsning (4500 ha årligt), mere løvskov og udlægning af knapt 10 % af skovarealet som urørt.

+10 millioner tons planen vurderede, at det er muligt at høste væsentligt mere biomasse i Danmark end hidtil. I 2009 blev der høstet knapt 4 millioner tons biomasse (tørstof) til andre anvendelser end foder og fødevarer. Dette kan i 2020 øges til knapt 8 millioner tons ved blot at mobilisere mere af den biomasse, der allerede produceres (BAU). Fokuseres der på at øge produktion af biomasse yderligere, kan dette ske ved at omlægge til andre sorter og afgrøder i landbruget og ved at ændre artssammensætning i skovbruget. I Biomassescenariet ville det således være muligt i 2020 at høste knapt 14 millioner tons biomasse, mens Miljøscenariet vurderes til at kunne levere ca. 11,5 millioner tons biomasse (Figur 3).

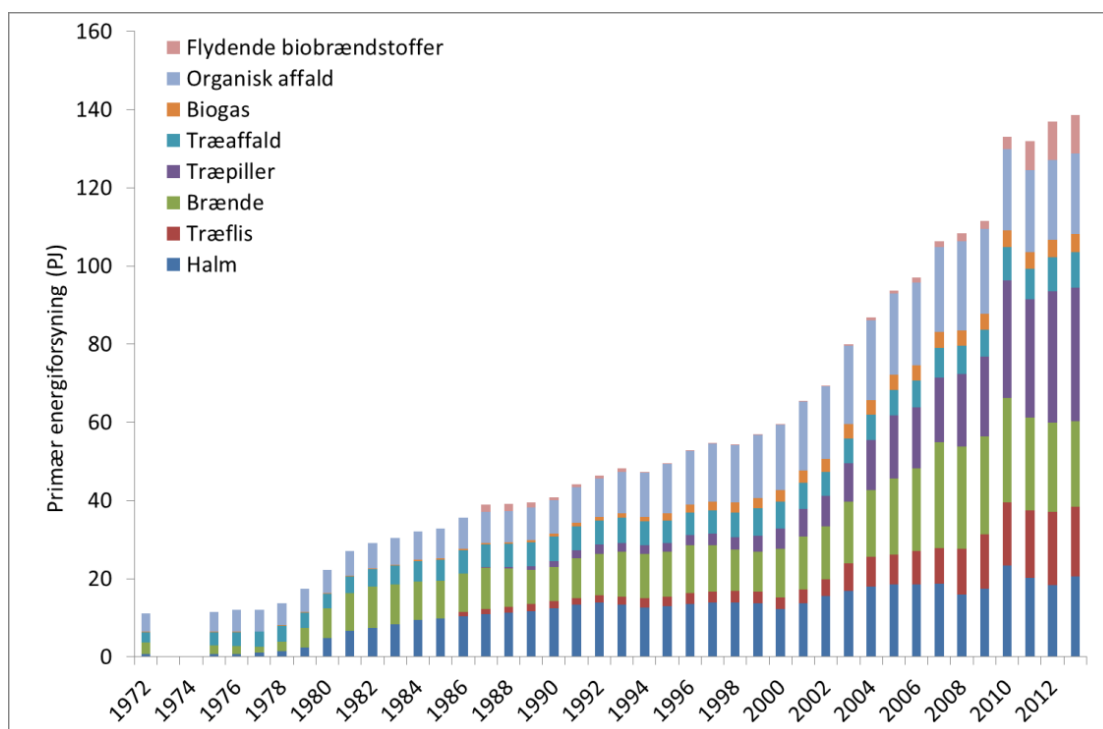


Figur 3. Muligheder for forøgelse af biomasseproduktion og -høst i Danmark i 2020 for de tre scenarier i +10 millioner tons planen (Gylling et al., 2012). De angivne mængder omfatter biomasse til andre anvendelser end foder, fødevarer og industri.

For alle scenarier gælder, at husdyrgødning udgør en stor uudnyttet ressource. I dag udnyttes mindre end 5% af husdyrgødningen til energi, mens de resterende 95% anvendes direkte som gødning på markerne. Hvis udnyttelsen til energi øges til 70-80% af den samlede ressource kan husdyrgødning bidrage med yderligere ca. 2 millioner tons biomasse. Efter anvendelse til biogas, kan resterne stadig anvendes til gødsning af markerne.

Beskyttede naturarealer (§3 arealer), der kræver at biomasse høstes for at tilgodese biodiversitet og for at sikre at deres tilstand opretholdes udgør en kilde til biomasse, som ikke var inkluderet i +10 millioner tons planen. Det er vurderet, at disse arealer, som i alt udgør 342.000 ha årligt, ville kunne producere yderligere 0,24 - 0,37 millioner tons tørstof ved høstet (Nygaard et al., 2012).

+ 10 millioner tons planen sigtede ikke specifikt på produktion af biomasse til energiformål og der kan være et misforhold mellem de biomassetyper dansk land- og skovbrug kan levere fremover og det energisektoren efterspørger i dag. Forbruget af biomasse til energi er steget konstant siden 1972 og træ i forskellige former udgør i dag ca. 60% af den samlede bioenergiforsyning (Figur 4). Halm udgør 15% og biogas 3%. Som det ses af Figur 3, er biomasseforsyningen i henhold til +10 millioner tonsplanen for en stor dels vedkommende halm, græs, urter og biogas.



Figur 4. Anvendelsen af biomasse til energi i Danmark fra 1972 til 2013. Data fra energistatistik 2013 (Energistyrelsen, 2014).

Arbejdet med +10 millioner tons planen viste, at skovdriften kan omlægges til at levere betydeligt mere biomasse, men at det tager lang tid at gennemføre omlægningen. Planen viste, at i år 2100 ville Biomassescenariet kunne levere 1,1 millioner tons mere biomasse fra skoven sammenlignet med BAU scenariet. Også

Miljøscenariet ville kunne levere mere end BAU; 0,75 millioner tons mere, men Miljøscenariet antager mere skovrejsning end BAU og Biomassescenariet (4500 ha mod 1900 ha årligt) og er derfor ikke helt sammenligneligt i forhold til skovressourcer. Senere analyser bekræfter, at der på langt sigt kan produceres endnu mere biomasse fra skoven samtidig med, at der også lagres mere kulstof i levende biomasse (Graudal et al., 2013).

De knapt 14 millioner tons biomasse i Biomassescenariet i 2020 svarer til ca. 250 PJ. Tidligere studier har fundet sammenlignelige potentialer. Lund et al. (2011) har i en analyse af omlægningen af Danmarks energiforsyning til 100% vedvarende energi fundet, at der kunne være 240 PJ biomasse til rådighed i 2050. Dette tal harmonerer med Klimakommissionens estimat på 230 PJ årligt (Danish Commission on Climate Change Policy, 2010).

4.2 Europa/EU

Danmark er en stor importør af biomasse til energi. Mængden og typerne af biomasse, der kan importeres fra andre europæiske lande, afhænger af geografi, klima og forvaltning. I landene omkring Østersøen er det primært træ fra kommerciel skovdrift, der er tilgængeligt. Her er energitræet en del af produkterne fra skoven ud over træ til konstruktion, papir, emballage m.m. Fra Portugal kommer en del af træet fra Eukalyptus plantager, der er plantet med energiproduktion for øje.

I forbindelse med Energistyrelsens analyse af bioenergi, som berammet i energiforliget i 2012 har Bentsen & Stupak (2014) opgjort potentialerne af træbiomasse i EU, øvrige Europa, Nord- og Sydamerika samt Vestafrika. Opgørelsen var baseret på data præsenteret i den faglige litteratur og dækker over flere forskellige potentiale typer (Ericsson & Nilsson, 2006; European Environment Agency, 2006; Alakangas et al., 2007; Asikainen et al., 2008; Hetsch, 2009; Mantau et al., 2010). De individuelle opgørelser af specifikke potentialer for en given ressource, potentiale type, land, og periode, er ikke nødvendigvis sammenlignelige, men angiver et spænd af muligheder, som kan realiseres i forhold til økonomien i udnyttelsen, konkurrerende slut anvendelser for biomassen samt i forhold til hvilke krav, der stilles til bæredygtighed (Tabel 2). I overensstemmelse med Figur 1 vil de såkaldte bæredygtige potentialer ligge i den nedre ende af det illustrerede spænd for potentialers størrelse, mens tekniske potentialer vil ligge øverst.

Tabel 2. Træbiomassepotentialer i PJ³ i forskellige regioner i Europa og resten af verden. Baseret på data fra Bentsen & Stupak (2014).

Region	Træressourcepotentiale 2010-2020
Nordeuropa	242 – 891
Baltikum	58 - 159
Vesteuropa	250 - 1403
Østeuropa ekskl. Rusland	142 - 790
Sydeuropa	267 - 618
Rusland (nordvestlige del)	223 – 749
Nordamerika	1845 - 2300
Sydamerika (i 2050)	1400

Det ses af Tabel 2, at landene omkring Danmark råder over store biomassepotentialer. Disse potentialer skal sammenholdes med det nuværende forbrug af bioenergi. I 2013 var forbruget⁴ af fast biomasse⁵ til energi i EU28 3808 PJ. Dette tal har været generelt stigende siden omkring år 2000 (EuroStat, 2015).

De europæiske landes rapportering af skovtilstanden til den paneuropæiske proces for bæredygtig skovdrift, Forest Europe (FOREST EUROPE et al., 2011), viser, at tilvæksten i Europas (inkl. Rusland) skove er stigende, mens den registrerede hugst har været nogenlunde konstant siden 2000. Som følge deraf har andelen af tilvæksten der hugges været faldende til et niveau omkring 38 - 41% siden 2000, mens den i 1990 lå på ca. 48%. Det generelle billede kan dog dække over stor tids- og lokalitetsmæssig variation. I EU27 var hugstraten i 2010 64%, i Europa uden inddragelse af Rusland 62% og i Nordeuropa 70%. Beregninger foretaget af Levers et al. (2014) viser således, at indenfor en 10 års periode fra 2000-2010 hugges en forholdsvis stor del af tilvæksten i skovene i visse egne af Europa, bl.a. Sydsverige, Sydfinland, Estland samt dele af Polen og Tjekkiet. Tallene bør dog fortolkes nærmere ved at se på de specifikke årsager. Eksempelvis kan en skæv aldersklassefordeling give en forholdsvis høj eller lav udnyttelsesgrad i en periode, ligesom stormfald kan give en høj udnyttelsesgrad, uden at det siger noget om den generelle udnyttelse.

Når der ses på forholdet mellem fremtidig efterspørgsel og økonomiske potentialer for skovbiomasse i EU, har det europæiske EUWood projekt (Mantau et al., 2010) vurderet, at der vil opstå et misforhold mellem det potentielle udbud og efterspørgsel indenfor relativt få år. Undersøgelsen tager udgangspunkt i IPCC's fremskriv-

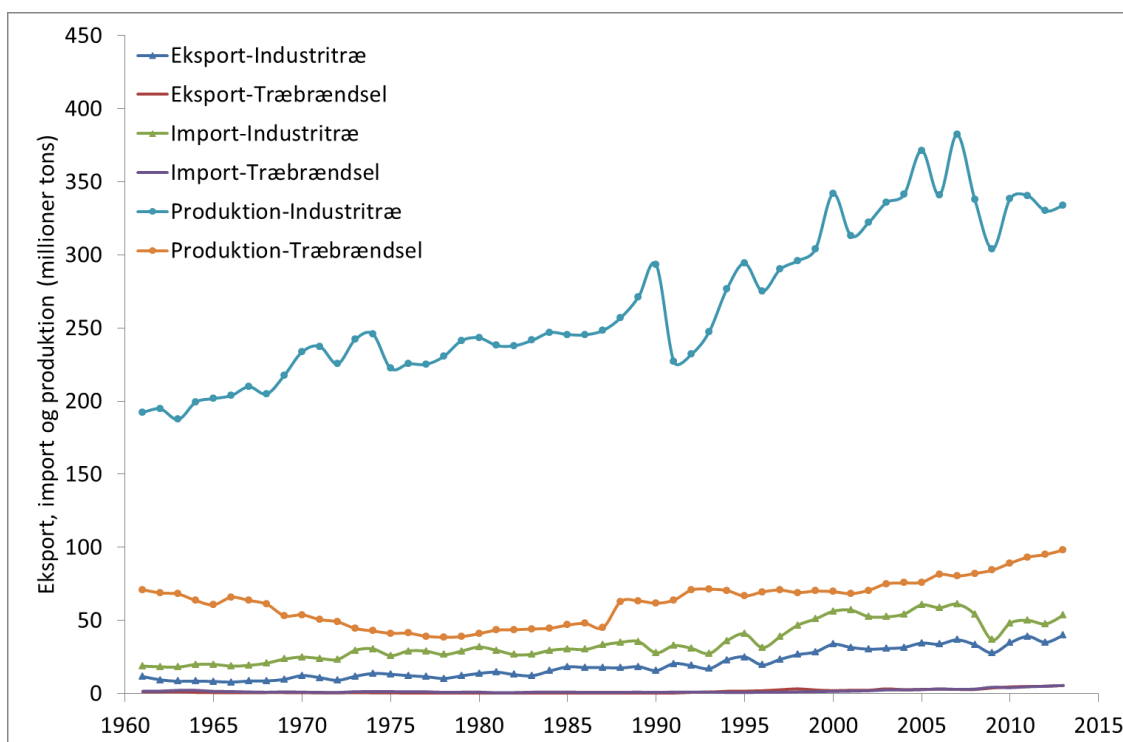
³ PJ = Peta Joule = 10¹⁵ Joule.

⁴ Forbruget er sammensat af primærproduktion, genanvendelse og import fratrukket eksport.

⁵ Fast biomasse består primært af forskellige former for træbiomasse, men også halm, der dog ikke i særlig høj grad bruges til energi andre steder end i Danmark.

ninger af efterspørgslen på træbiomasse, og det er i særlig grad en stigende efterspørgsel på træ til energi, der antages at drive den samlede, øgede efterspørgsel. EU's VE-direktiv og de nationale handlingsplaner, der er lavet i den forbindelse medfører en stærkt øget efterspørgsel af biomasse til energi (Bentsen & Felby, 2012; Pelkonen et al., 2014), der skal dækkes enten af import eller biomasse produceret inden for EU's grænser.

Selvom VE-direktivet og andre politiske målsætninger medfører en øget efterspørgsel på træ og anden biomasse til energi, så anvendes træet fra EU's skove stadig primært til industriformål (Figur 5).



Figur 5. Eksport, import og produktion af industritræ og træbrændsel i de nuværende EU-lande fra 1961 til 2013. Data fra FAO's statistiske oversigt (FAOStat, 2015).

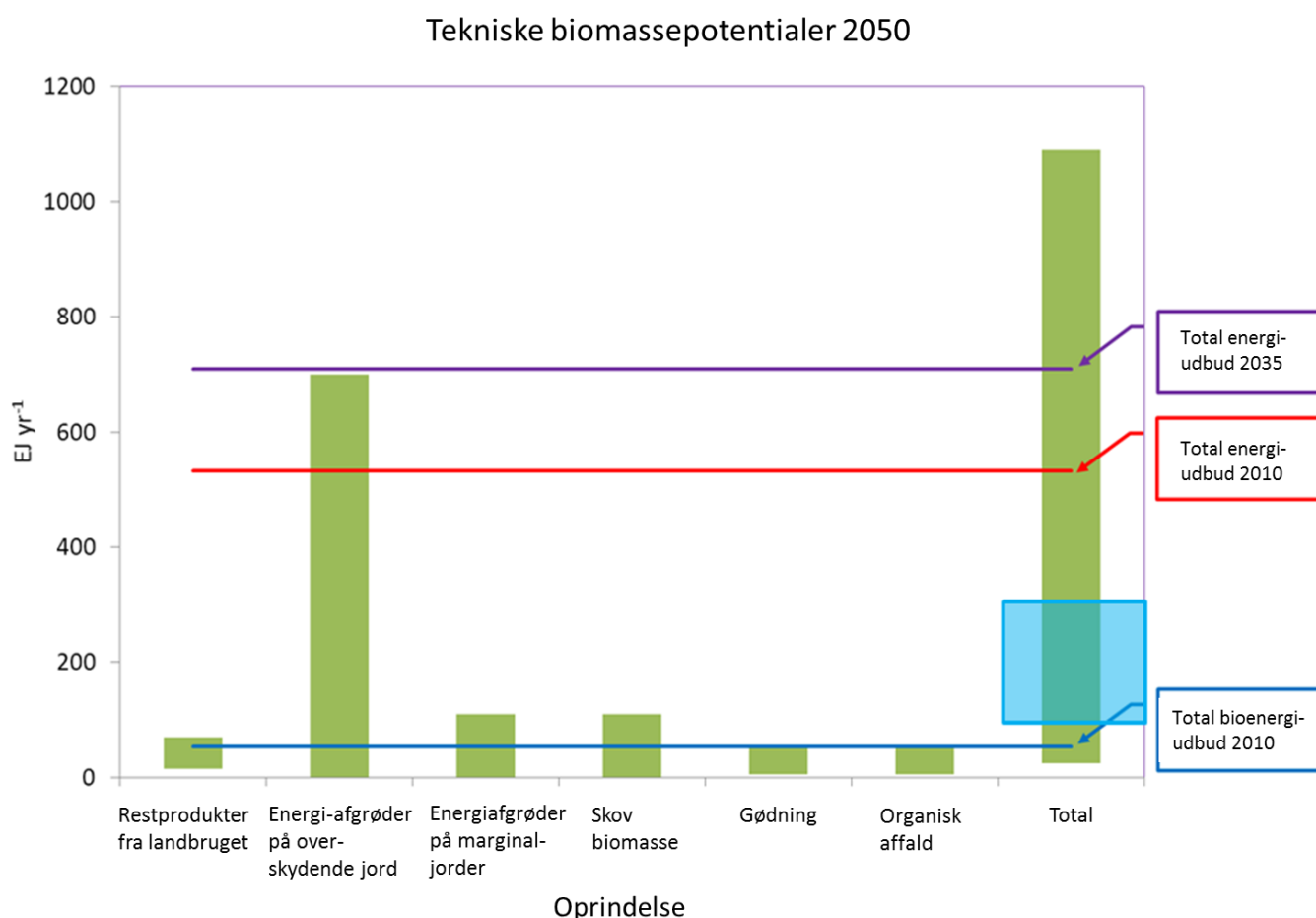
Fremskrivninger af efterspørgslen på træ er usikre og viser sig ofte efterfølgende at være meget fejlbehæftede (Buchholz et al., 2014). En nylig rapport fra EFI⁶ (Pelkonen et al., 2014) anslår, at efterspørgselsfremskrivningerne i EUWood projektet sandsynligvis er for alt høje, fordi de ikke tager strukturelle ændringer i globale og EU-markeder, ændrede handelsmønstre og priser i betragtning. Der findes således ikke et entydigt bud på den fremtidige efterspørgsel på træmateriale fra Europas skove.

4.3 Globalt

Da biomasse til energi er en global handelsvare og da mange andre lande end Danmark har planer om udvidelse af deres produktion af bioenergi, er det vigtigt at forholde sig til produktion og efterspørgsel på globalt niveau.

⁶ European Forest Institute

IPCC's særlige rapport om fornybar energi viste, gennem en omfattende litteraturgennemgang, at de estimerede globale potentialer for biomasse til energi i 2050 varierer mellem 25 og 1100 EJ om året (Chum et al., 2011). De 25 EJ svarer til halvdelen af det nuværende forbrug af biomasse til energi og skal forstås således, at visse analyser vurderer, at selv det nuværende forbrug af biomasse overstiger det bæredygtige potentiale. De 1100 EJ i den anden ende af det globale potentiale overstiger langt både det nuværende globale energiforbrug på ca. 550 EJ og det forventede forbrug på 750-800 EJ i 2050. IPCC vurderede, at et globalt teknisk biomassepotentiale til energi på mellem 100 og 300 EJ er realistisk (Blå kasse i Figur 6). I forbindelse med Energistyrelsens bioenergianalyse blev det globale økonomiske biomassepotentiale opgjort til at kunne øges med mellem 80 og 120 EJ om året i forhold til forsyningen i 2010 ved en CO₂ pris på 50 USD/ton og en biomasse pris på hhv. 5 og 8 USD/GJ (Wenzel et al., 2014).

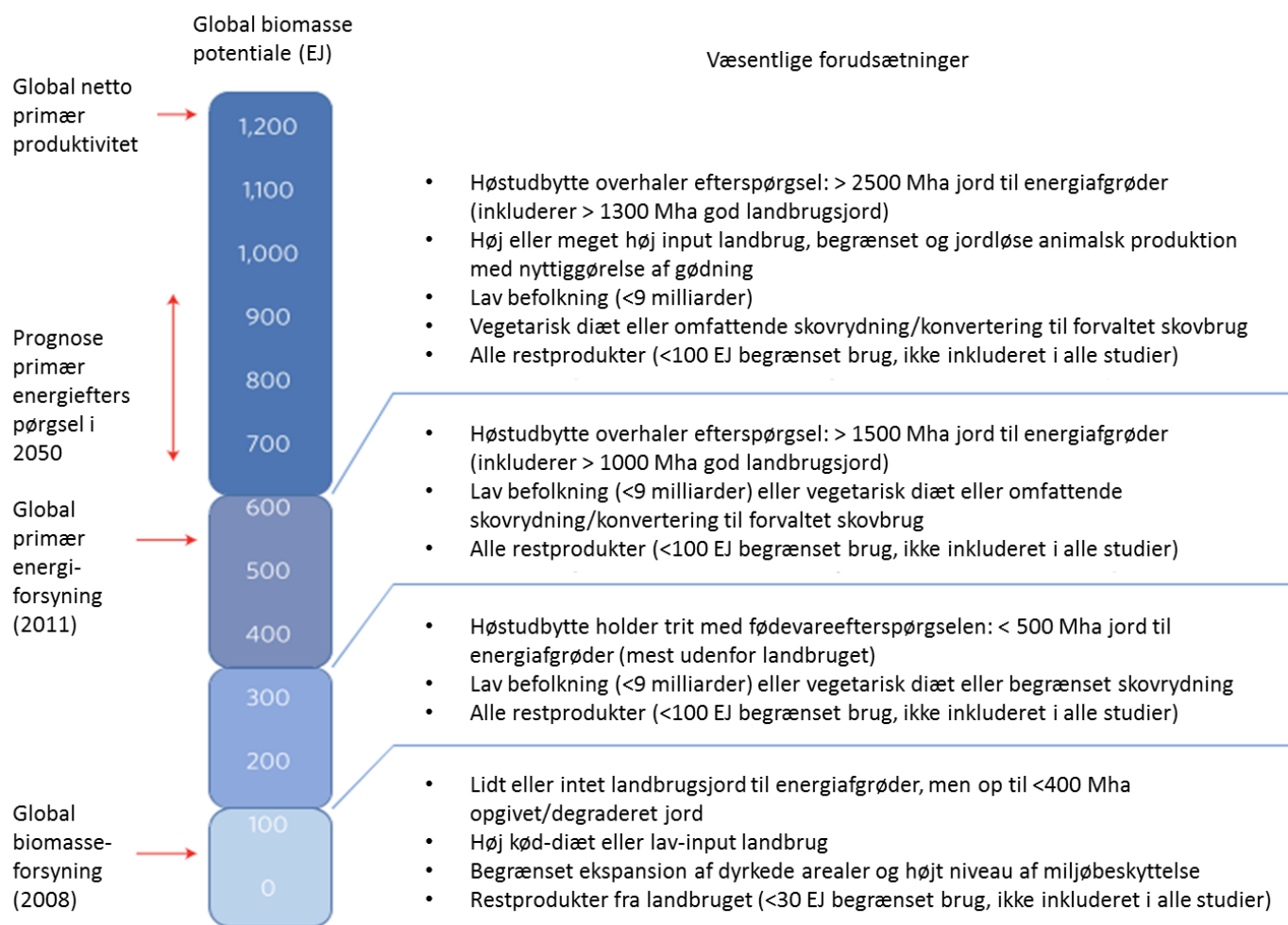


Figur 6. Tekniske biomassepotentialer i 2050 opgjort af IPCC (Chum et al., 2011).

Af Figur 6 ses det, at en meget stor del af biomassepotentialet i 2050 antages at komme fra energiafgrøder, altså planter dyrket med det formål at producere biomasse til energi.

Den videnskabelige litteratur, som ligger til grund for IPCC's biomassepotentialer, er blevet gennemgået med det fokus at undersøge hvilke forudsætninger, der ligger til grund for opgørelsen af forskellige potentialer (Slade et al., 2014) (Figur 7). I de studier, hvor man finder de meget høje biomassepotentialer (> 600 EJ), viser det sig, at en forudsætning er en begrænset befolkningstilvækst, at høstudbytte

fortsat stiger hurtigere end efterspørgslen på landbrugsprodukter, at intensivt landbrug med husdyr på stald indføres generelt, samt at verdens befolkning overgår til en primært vegetarisk diæt. I den anden ende af spektret ses det, at manglende allokering af produktivt landbrugsland til energiafgrøder, forsat øgning i forbruget af kød, og vidtgående miljømæssige hensyn vil sænke potentialet til omkring 100 EJ eller derunder. Mængden af biomasse der er til rådighed til energi, er således meget afhængig af den økonomiske udvikling, befolkningsudviklingen og den fortsatte forbedring af landbrugsmetoder.



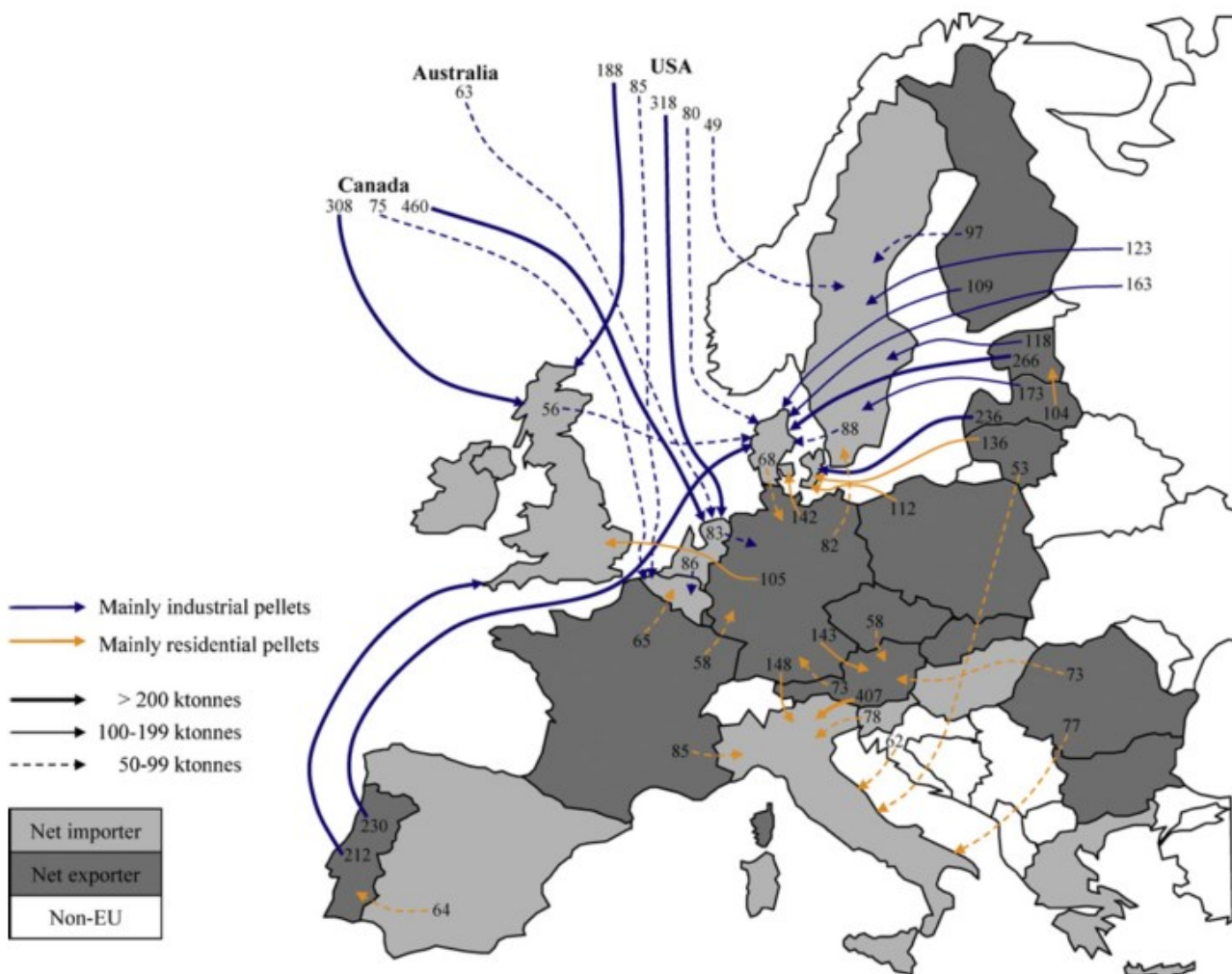
Figur 7. Forudsætninger for mobilisering af forskellige mængder af biomasse til energi på globalt niveau (Slade et al., 2014).

5 Handel med bioenergi

Handel med biomasse til energi kan komplementere den indenlandske forsyning og i Danmark er importen af biomasse vokset kraftigt siden år 2000. I det følgende gives en beskrivelse af internationale handelsmønstre for biomasse til energi.

Lamers et al. (2012) har på globalt plan opgjort at den internationale handel med fast biomasse er steget fra, hvad der svarer til 56 PJ i 2000 til 300 PJ i 2010. Træpiller står for den største mængde (120 PJ i 2010) og den største stigning i perio-

den (8,5 til 120 PJ) og to tredjedele af den samlede handel foregår mellem EU landene (Figur 8).



Figur 8. Primære handelsstrømme af træpiller til og indenfor EU (Lamers et al., 2012).

Også i Danmark er importen af biomasse til energi steget (Tabel 3). I 2013 importerede Danmark 32 PJ træpiller (1829 kilotons) svarende til 95% af det samlede forbrug, 6 PJ i form af skovflis og 3 PJ som brænde (Energistyrelsen, 2014). Træpiller importeres primært fra de baltiske stater, andre østersølande og Portugal. Forholdsvis små mængder kommer fra Nord- og Sydamerika. Skovflis importeres fra nogenlunde samme områder, dog er import af flis fra oversøiske kilder ikke tilladt på grund af risikoen for indførsel af skadelige organismer. Specifikke projekter i Afrika (Vattenfall i Liberia og Verdo i Ghana) har i enkelte år medført stor import af træflis fra Afrika (Bentsen & Stupak, 2014).

Tabel 3. Biomasse forsyning (i PJ) til dansk energiproduktion i 1990, 2000 og 2013. Forsyningen er sammensat af egen produktion + import – eksport. Data fra energistatistikken (Energistyrelsen, 2014).

	1990			2000			2013		
	Produktion	Import	Eksport	Produktion	Import	Eksport	Produktion	Import	Eksport
Halm	12,5			12,2			20,6		
Træflis	1,7			2,7	0,3		11,7	6,1	
Træpiller	1,6			3,0	2,1		1,8	32,3	
Brænde	8,8			12,4			18,9	3,1	
Biogas	0,8			2,9			4,6		
Flydende bio-brændstoffer	0,7			0,05			4,2	6,4	0,9

I forhold til fremtidige forsyninger er der særligt fokus på biomasse fra Nordamerika og på lidt længere sigt måske også Sydamerika og dele af Afrika (Bentsen & Stupak, 2014). I både Nord- og Sydamerika er der store biomassepotentialer (Tabel 2), mens det i Vestafrika er meget usikkert, hvor stort potentialet egentlig er.

6 Afrunding

I de kommende år må der forventes en stigende efterspørgsel på biomasse i Danmark, EU såvel som globalt. I Danmark og EU er efterspørgselsstigningen delvist drevet af politiske aftaler på klima og energiområdet, såsom Kyoto-protokollen og VE-direktivet. Forsyningssikkerhed er en anden vigtig årsag til stigende efterspørgsel på biomasse og andre alternative energiressourcer, idet ingen af EU-landene længere er selvforsynende med energi.

Den øgede efterspørgsel på biomasse kan tilfredsstilles ved øget mobilisering, produktion og handel. Øget mobilisering sker ved en højere udnyttelse af de eksisterende biomasseressourcer, f.eks. høst af mere halm eller udnyttelse af en større del af husdyrgødningen til biogas. Øget produktion opnås ved fortsat forædling og forbedring af produktionsmetoder, samt ved at skifte til afgrøder med højere produktivitet. I +10 millioner tons planen er det eksemplificeret ved et skift fra raps til sukkerroer som energiafgrøde. Træartsændringer i skovene kan også give større produktion, f.eks. ved anvendelse af forskellige nåletræarter frem for hjemmehørende løvtræarter i Danmark.

EU er det største marked i verden for handel med bioenergi og en stor del af handelen foregår internt mellem EU-landene. Import fra lande uden for EU er dog

stigende og den tendens forventes at fortsætte i årene fremover. Med stigende handel øges også fokus på bæredygtigheden af den biomasse, der handles og en lang række initiativer er under udvikling eller implementering (se også notat 2: Bæredygtighed og certificering af biomasse), og må forventes at få indflydelse på fremtidige handelsmønstre.

Bilag A Kilder og litteraturhenvisning

Alakangas, E., A. Heikkinen, T. Lensu & P. Vesterinen (2007). Biomass fuel trade in Europe. Jyväskylä, FI, VTT: 57.

Asikainen, A., H. Liiri, S. Peltola, T. Karjalainen & J. Laitila (2008). Forest Energy Potential in Europe (EU27). Working Papers of the Finnish Forest Research Institute. Helsinki, FI, Finnish Forest Research Institute. 69.

Bentsen, N. S. & C. Felby (2012). Biomass for energy in the European Union - a review of bioenergy resource assessments. *Biotechnology for Biofuels* 5.

Bentsen, N. S. & I. Stupak (2014). Imported wood fuels: A regionalised review of potential sourcing and sustainability challenges. Copenhagen, DK, Danish Energy Agency: 227.

Buchholz, T., S. Prisley, G. Marland, C. Canham & N. Sampson (2014). Uncertainty in projecting GHG emissions from bioenergy. *Nature Clim. Change* 4(12): 1045-1047.

Chum, H., A. Faaij, J. Moreira, G. Berndes, P. Dhamija, H. Dong, B. Gabrielle, A. G. Eng, W. Lucht, M. Mapako, O. M. Cerutti, T. McIntyre, T. Minowa & K. Pingoud (2011). Bioenergy. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona et al. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press.

Danish Commission on Climate Change Policy (2010). Green energy - the pathway to a Danish energy system without fossil resources [In Danish: Grøn energi - vejen mod et dansk energisystem uden fossile brændsler]. Copenhagen, Denmark, Danish Commission on Climate Change Policy.

Energistyrelsen (2014). Energy Statistics 2013 [In Danish: Energistatistik 2013]. Copenhagen, DK, Energistyrelsen.

Ericsson, K. & L. Nilsson (2006). Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource-focused approach. *Biomass and Bioenergy* 30(1): 1-15.

European Environment Agency (2006). How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Report. Copenhagen, DK, European Environment Agency. 7.

EuroStat (2015). www.ec.europa.eu/eurostat. Tilgået 30. juni 2015.

FAOStat (2015). www.faostat.fao.org. Tilgået 30. juni 2015.

FOREST EUROPE, UNECE & FAO (2011). State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe. Oslo, NO, Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe.

Graudal, L., U. B. Nielsen, E. Schou, B. J. Thorsen, J. K. Hansen, N. S. Bentsen & V. K. Johannsen (2013). Perspektiver for skovenes bidrag til grøn omstilling mod

en biobaseret økonomi: Muligheder for bæredygtig udvidelse af dansk produceret vedmasse 2010-2100. København, IGN/Skov & Landskab, IFRO/Skov & Landskab.

Gylling, M., U. Jørgensen & N. S. Bentsen (2012). + 10 mio. tons planen – muligheder for en øget dansk produktion af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier. Frederiksberg, Fødevarerøkonomisk Institut: 32.

Hetsch, S. (2009). Potential Sustainable Wood Supply in Europe. Geneva Timber and Forest Discussion Paper. Geneva, United Nations Economic Commission for Europe / Food and Agriculture Organization of the United Nations. **52**.

Lamers, P., M. Junginger, C. Hamelinck & A. Faaij (2012). Developments in international solid biofuel trade—An analysis of volumes, policies, and market factors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **16**(5): 3176-3199.

Levers, C., P. J. Verkerk, D. Müller, P. H. Verburg, V. Butsic, P. J. Leitão, M. Lindner & T. Kuemmerle (2014). Drivers of forest harvesting intensity patterns in Europe. *Forest Ecology and Management* **315**(0): 160-172.

Lund, H., F. Hvelplund, B. V. Mathiesen, P. A. Østergaard, P. Christensen, D. Connolly, E. Schaltz, J. R. Pillay, M. P. Nielsen, C. Felby, N. S. Bentsen, N. I. Meyer, D. Tonini, T. Astrup, K. Heussen, P. E. Morthorst, F. M. Andersen, M. Münster, L.-L. P. Hansen, H. Wenzel, L. Hamelin, J. Munksgaard, P. Karnøe & M. Lind (2011). Coherent Energy and Environmental System Analysis. Aalborg, DK, Department of Development and Planning, Aalborg University.

Mantau, U., U. Saal, K. Prins, F. Steierer, M. Lindner, H. Verkerk, J. Eggers, N. Leek, J. Oldenburger, A. Asikainen & P. Anttila (2010). EUwood - Real potential for changes in growth and use of EU forests. Hamburg, Germany, University of Hamburg.

Nygaard, B., G. Levin, J. Bladt, H. B. Holbeck, W. Brøndum, P. Spleth & R. Ejrnæs (2012). Analyse af behovet for græsning og høslæt på beskyttede naturarealer. Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. Aarhus, DK, Aarhus Universitet. **13**: 78.

Pelkonen, P., M. Mustonen, A. Asikainen, G. Egnell, P. Kant, S. Leduc & D. Pette-nella, Eds. (2014). Forest Bioenergy for Europe. What Science Can Tell Us. Joensuu, FI, European Forest Institute.

Slade, R., A. Bauen & R. Gross (2014). Global bioenergy resources. *Nature Clim. Change* **4**(2): 99-105.

Torén, J., S. Wirsenius, P. Anttila, H. Böttcher, M. Dees, J. Ermert, T. Paappanen, N. Rettenmaier, E. Smeets, P. J. Verkerk, P. Vesterinen, M. W. Vis & A. Woynowski (2011). Biomass Energy Europe: Executive Summary, Evaluation and Recommendations. Freiburg, GER, University of Freiburg.

Wenzel, H., L. Højbye, R. D. Grandal, L. Hamelin, D. N. Bird & A. S. Olesen (2014). Carbon footprint of bioenergy pathways for the future Danish energy system. Copenhagen, DK, COWI and University of Southern Denmark.