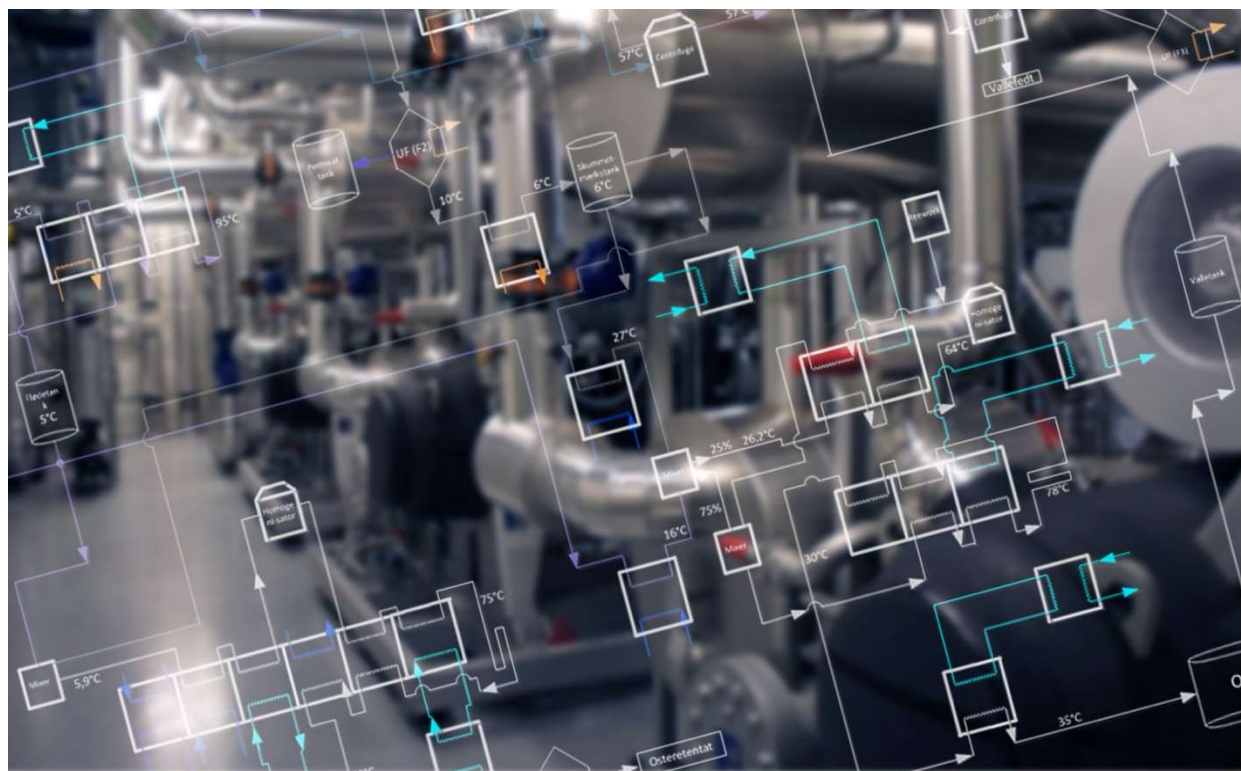


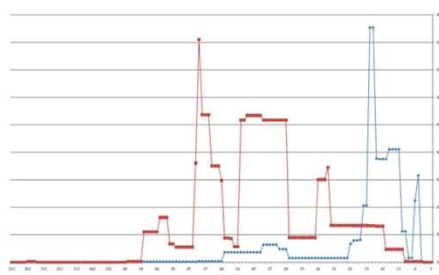
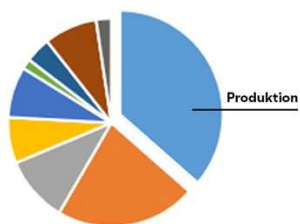
Energistyrelsen

Kortlægning af energiforbrug og opgørelse af energisparepotentialer i produktionserhvervene

Potentialerapport – August 2022



Elforbrug



Viegand Maagøe i samarbejde med:



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



BYGGERI & TEKNIK I/S
Rådgivere | Arkitekter | Ingeniører

Rapport: Energistyrelsen

Dato: 17.11.2022

Projektnr: Kortlægning af energiforbrug og opgørelse af energisparepotentialer i produktionserhvervene

Version: Final

Udarbejdet af: Søren Draborg, Teknologisk Institut
Kurt Mortensen, Byggeri og Teknik
Brian Elmegaard, DTU
Jeppe Rosendal Carstensen, Viegand Maagøe
Peter Maagøe Petersen, Viegand Maagøe

Udarbejdet for: Energistyrelsen

Kvalitetssikret af: Christian Jensen, Viegand Maagøe

Godkendt af: Peter Maagøe Petersen, Viegand Maagøe

VIEGAND MAAGØE A/S

SJÆLLAND
Hovedkontor
Nr. Farimagsgade 37
1364 København K
Danmark

T 33 34 90 00
info@viegandmaagoe.dk
www.viegandmaagoe.dk

CVR: 29688834

JYLLAND
Samsøvej 31
8382 Hinnerup

1 Indledning

Nærværende rapport er udarbejdet af Viegand Maagøe, Teknologisk, Byggeri og Teknik samt DTU for Energistyrelsen på baggrund af Energistyrelsens ønske om at opdatere tidligere kortlægninger af produktionserhvervenes energisparepotentialer fordelt på brancher, energiarter og teknologier/ slutanvendelser.

Rapporten udgør den anden halvdel af afrapporteringen fra projektet, dvs. potentialefasen, hvor der i den første fase er udarbejdet en kortlægning af produktionserhvervenes slutfordbrug af energi fordelt på:

- Brancher
- Kvote/ikke-kvote-virksomheder
- Energiarter
- Slut anvendelser
- Temperaturniveauer
- Forsyningstyper

Projektets kortlægningsfase er gennemført i perioden oktober 2021 til og med februar 2022 med udgangspunkt data fra Danmarks Statistik og Energistatistikken (energidata for 2019) samt opdaterede materialer fra en lang række energisyn m.m. gennemført i perioden siden erhvervskortlægningen i 2015 (data fra 2012).

Projektets potentialefase er gennemført i perioden februar til juli 2022 med udgangspunkt i cases for energispareprojekter rapporteret i energisyn m.m. såvel som fra projektpartnerens erfaringer fra egne projekter. Potentialefasen har haft til formål at opgøre energisparepotentialer for hver af 21 slut anvendelser i produktionserhvervenes slutfordbrug af energi, dvs. for "smeltning"; "køling", "inddampning", "trykluft" osv. – så vidt, at potentialer kan sammenstilles for de enkelte slut anvendelser såvel som branchevis ved forskellige investeringsniveauer og tilbagebetalingstider.

Potentialeopgørelserne adskiller sig på flere områder fra tidligere potentialeopgørelser under Energistyrelsen:

- Det har af Energistyrelsen været ønsket at opgøre energisparepotentialer som en krævet investering (kr.) per opnået energibesparelse (kr./GJ) fremfor som tidligere ift. tilbagebetalingstider.

For hver slut anvendelse er der således opgjort energisparepotentialer ved en række forskellige forskellige investeringsniveauer på hhv. 280, 560, 975 og 1.400 kr./GJ/år

Der er efterfølgende sket en omregning af disse investeringsniveauer til den traditionelle opgørelsesmetode, dvs. energisparepotentialer med 0-2 års tilbagebetalingstid, 2-4 års tilbagebetalingstid, 4-10 års tilbagebetalingstid og > 10 års tilbagebetalingstid (som anvendt i tidligere potentialeanalyser).

- Der er ud over energisparepotentialer også opgjort potentialer for elektrificering af de termiske slut anvendelser i energikortlægningen, dvs. "tørring", "smeltning", "kogning" m.m.

I modsætning til opgørelse af energisparepotentialerne er der ikke opgjort investeringer, payback og omkostningseffektiviteter for elektrificeringspotentialerne, da denne opgørelse efterfølgende udføres i Energistyrelsens økonomimodeller ud fra en vurdering af tekniske potentialer og parametervariationer vedr. energipriser, afgifter, kvoteomkostninger m.m.

Projektteamet har dog valgt at supplere potentialeopgørelserne for elektrificering med en række cases fra egne arbejder for at illustrere, hvordan rentabiliteten for forskellige typer af elektrificeringsprojekter typisk ser ud.

- Det har fra Energistyrelsen været ønsket at differentiere besparelsepotentialerne yderligere ift. tidligere opgørelser:

- Der er således for hver slutanvendelse givet individuelle vurderinger af, hvordan potentialet adskiller sig for de enkelte brancher
- Der er for hver termisk slutanvendelse givet en vurdering af, hvordan energisparepotentialet er fordelt på temperaturniveauer

Endelig er der for hver slutanvendelse givet en overordnet vurdering af hvordan potentialet forventes at udvikle sig frem mod 2050.

1.1 Sammenfatning og konklusion

Produktionserhvervenes energisparepotentialer er først og fremmest analyseret ift. investeringsniveauer forstået på den måde, at det er opgjort hvor meget energi, som kan spares ved forskellige størrelse af investeringer.

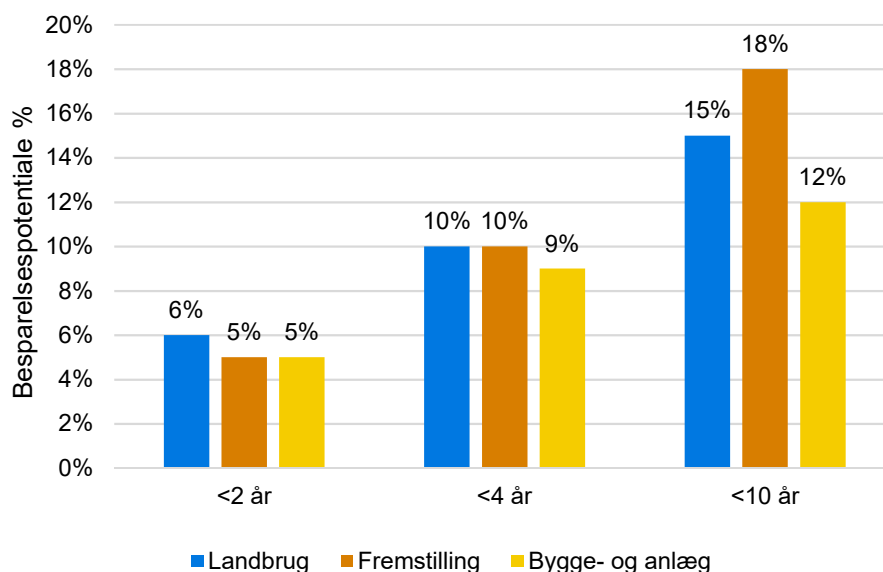
Disse opgørelser er sket på baggrund af indsamling af mere end 60 eksempler på energispareprojekter fra energisyn og særlige undersøgelser m.m.

Der er efterfølgende sket en "omregning" af disse potentialer ift. tilbagebetalingstider, dvs. hvor meget energi virksomhederne kan spare ved at acceptere op til 2 års tilbagebetalingstid, op til 4 års tilbagebetalingstid og endeligt også op til 10 års tilbagebetalingstid med antagne, gennemsnitlige energipriser svarende til niveau medio 2021.

I dette afsnit præsenteres kun resultaterne fra opgørelse af potentialer ift. tilbagebetalingstider, idet der henvises til senere afsnit i rapporten for præsentation af cases og potentialer ift. investeringsniveauer.

1.1.1 Energisparepotentialer fordelt på hovedsektorer

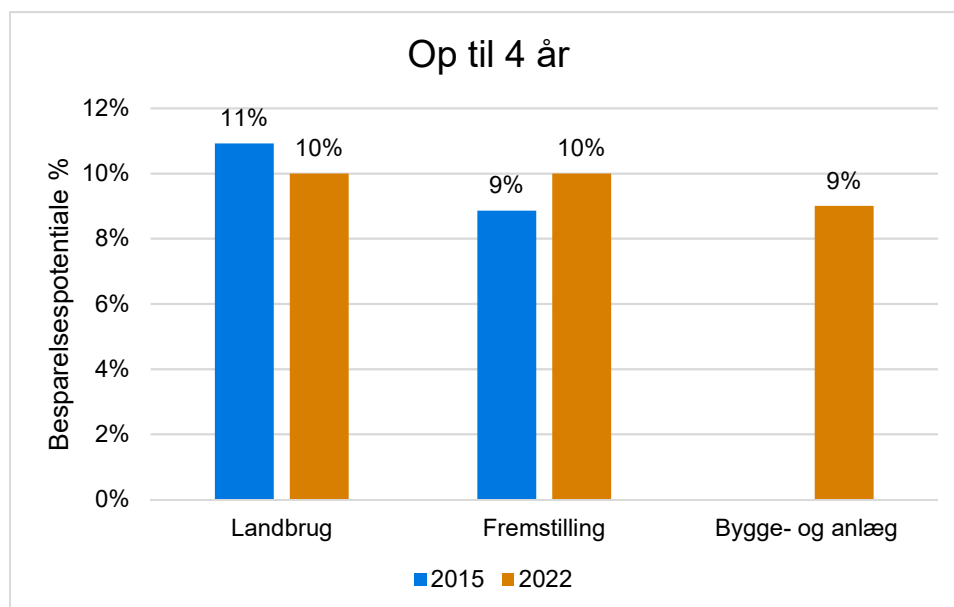
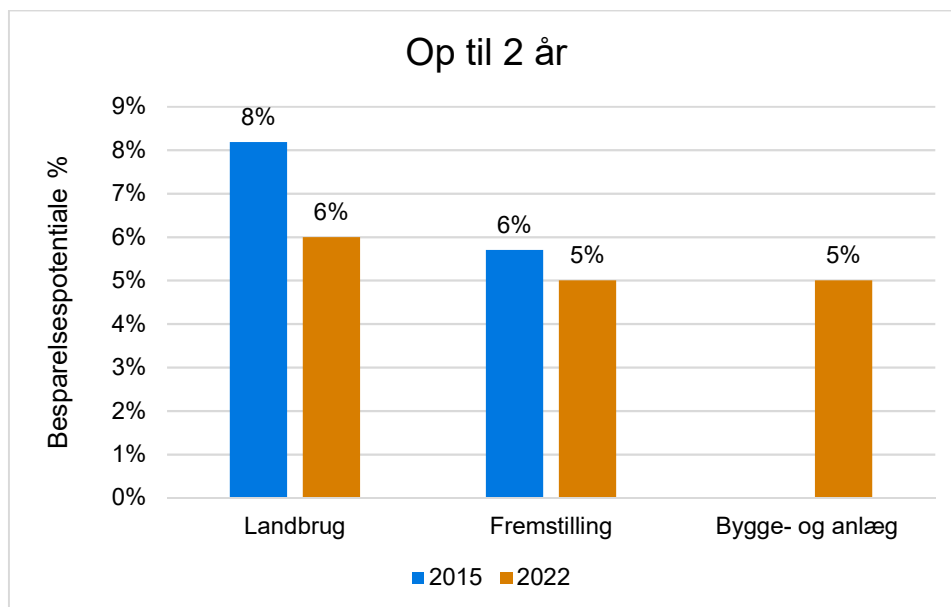
I figur 1 nedenfor er energisparepotentialerne (%) for hver hovedsektor opgjort ift. hhv. 2, 4 og 10 års tilbagebetalingstid.

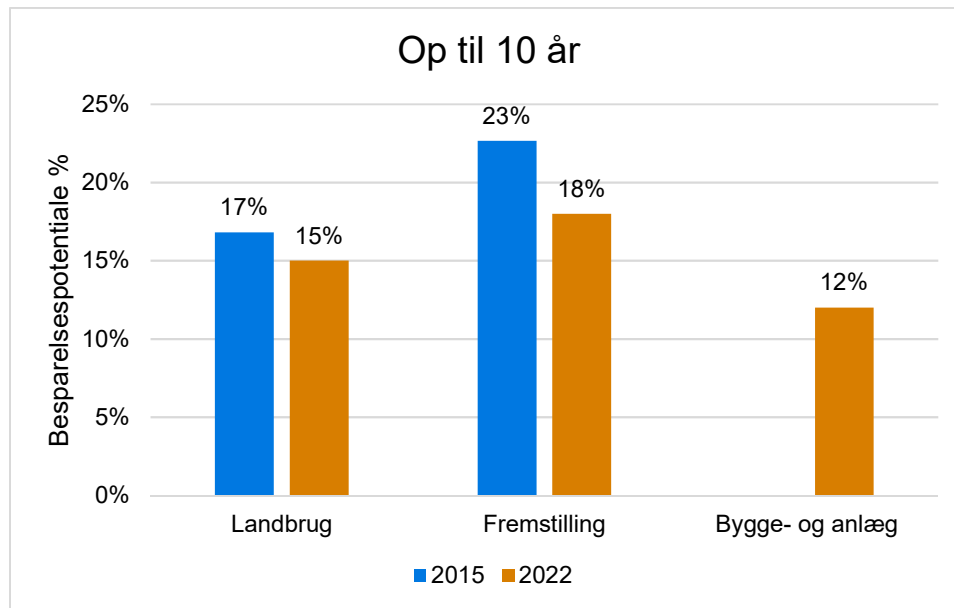


Figur 1. Energisparepotentialer for hovedsektorer (%) ved stigende tilbagebetalingstid 2, 4 og 10 år.

Det ses, at energisparepotentialerne for hver hovedsektor er nogenlunde ens, dog er 10-års potentialet i bygge- og anlægssektoren noget lavere end potentialet i de andre sektorer.

I nedenstående figur 2 er energisparepotentialerne for hovedsektorerne i 2022 med hhv. 2, 4 og 10 års tilbagebetalingstid sammenlignet med potentialerne opgjort i 2015 (i det bygge- og anlægssektoren dog ikke var omfattet af 2015-kortlægningen og derfor har 0-potentiale for 2015).





Figur 2. Energisparepotentialer for hovedsektorer (%) sammenholdt med potentialer anvist i 2015 (bygge- og anlægssektoren var ikke omfattet af erhvervskortlægningen i 2015).

Det ses at energieffektiviseringspotentialerne – på nær fremstillingsindustriens potentiale med 4 års tilbagebetalings-tid – generelt vurderes lavere i 2022 end i 2015, hvilket skyldes flere forhold:

- At potentialerne for varmegenvinding med varmepumper er trukket ud til fordel for at rubricere dette potenti-ale under "elektrificering" (se kapitel 4 nedenfor)
- At effektiviseringspotentialer for visse slutanvendelser er vurderet lavere end i 2015, for eksempel inden for "smeltning" og "brænding/sintring" – se nedenfor
- At visse slutanvendelser har gennemgået en meget stor effektivisering de senere år, for eksempel "belys-ning", hvor LED-løsninger er installeret i en meget stor andel af produktionserhvervene

Samlet set har produktionserhvervene dog fortsat betydelige energieffektiviseringspotentialer på op mod 10% af energiforbruget med en tilbagebetalingstid på 4 år.

1.1.2 Energisparepotentialer fordelt på slutanvendelser

I tabel 1 nedenfor er energisparepotentialerne (%) for hver af 21 slutanvendelser opgjort ift. hhv. 2, 4 og 10 års tilba-gebetalingstid.

Forbrug (TJ/år)		Besparelsespotentiale [%]		
		<2 år	<4 år	<10 år
Konverterings- og nettab	6.498	3%	6%	18%
Opvarmning og kogning	13.078	2%	6%	13%
Tørring	15.659	4%	9%	26%
Inddampning	2.624	3%	11%	17%
Destillation	1.966	3%	7%	18%
Brænding og sintring	5.726	0%	1%	3%
Smeltning	4.482	2%	4%	7%
Anden procesvarme	13.619	4%	9%	15%
Arbejds kørsel, intern transport	19.049	6%	9%	9%
Rumvarme	11.697	5%	9%	13%
Delsum (ikke-el)	94.398	4%	7%	14%
Rumkøling	298	7%	16%	28%
Belysning	3.425	5%	13%	22%
Pumpning	3.441	7%	15%	25%
Køl og frys	2.914	7%	16%	26%
Rumventilation	3.178	8%	15%	28%
Blæsere	3.070	4%	14%	32%
Trykluft	2.812	14%	22%	30%
Hydraulik	770	15%	26%	33%
Øvrige elmotorer	8.006	11%	20%	22%
IT og anden elektronik	1.116	3%	9%	15%
Anden elanvendelse	2.301	12%	24%	27%
Delsum (el)	31.331	9%	17%	25%
I alt	125.728	5%	10%	17%

Tabel 1. Energisparepotentiale (%) for slutanvendelser med 2, 4 og 10 års tilbagebetalingstid

Det ses samlet set at:

- Energisparepotentialet for termiske slutanvendelser er på 7% med tilbagebetalingstider op til 4 år og det dobbelte ved tilbagebetalingstider op til 10 år
- Energisparepotentialet for elektriske slutanvendelser er noget højere på 17% med tilbagebetalingstider op til 4 år og mere 25% ved tilbagebetalingstider op til 10 år

I figur 3 nedenfor er den sammenfattende tabel fra potentiale vurderingen fra 2015¹ vist således, at potentialerne kan sammenlignes.

Der ses ift. ovenstående hovedkonklusioner:

- At det termiske energisparepotentiale er nogenlunde ensartede med 2 og 4 års tilbagebetalingstid, medens 10 års potentialet er lidt lavere i 2022 (14%) end i 2015. Dette passer overens med erfaringen om at elektrificeringspotentialer (som er trukket ud af 2022-potentialet) typisk ligger med høje tilbagebetalingstid
- At det elektriske energisparepotentiale er vurderet en del lavere i 2022 end i 2015, idet 2 og 4-års potentialerne på 9 og 17% tidligere var på 15 og 22%, mens 10-års potentialet er reduceret fra 43 til 25%.

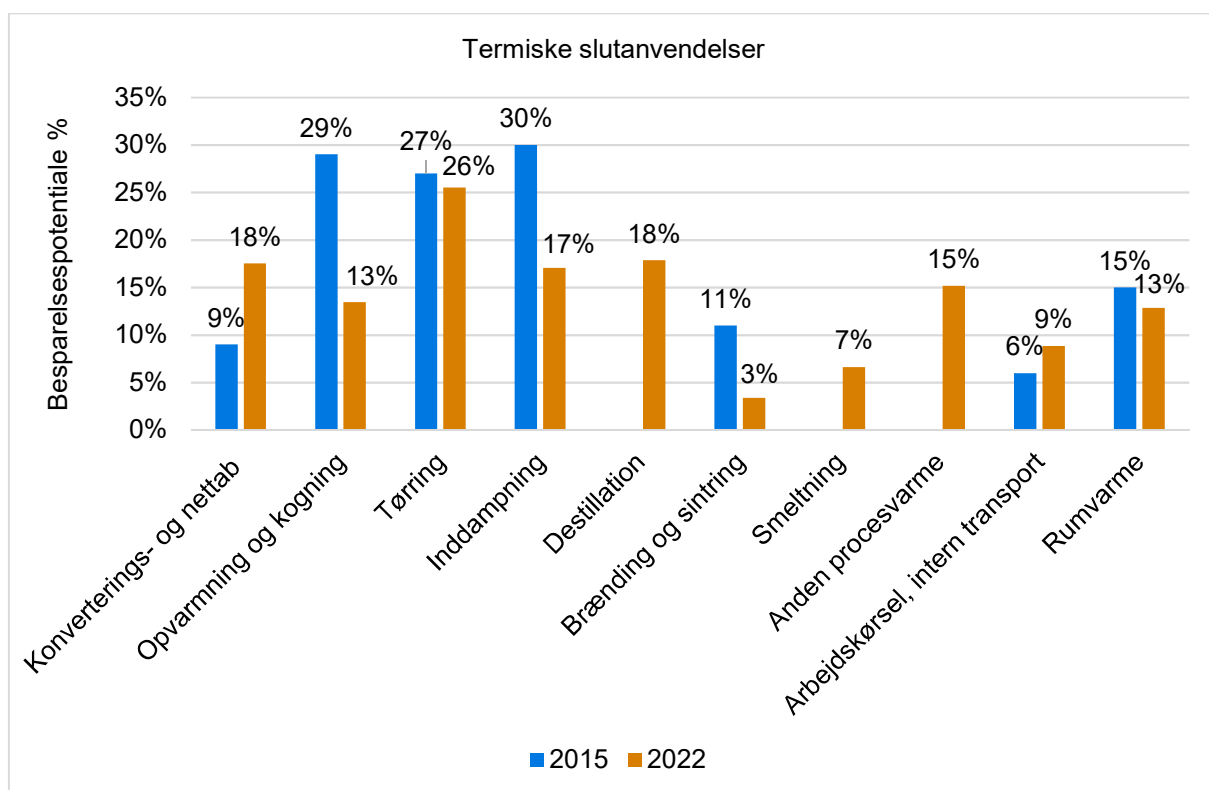
¹ https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/kortlaegning_energisparespotentiale_erhverv.pdf

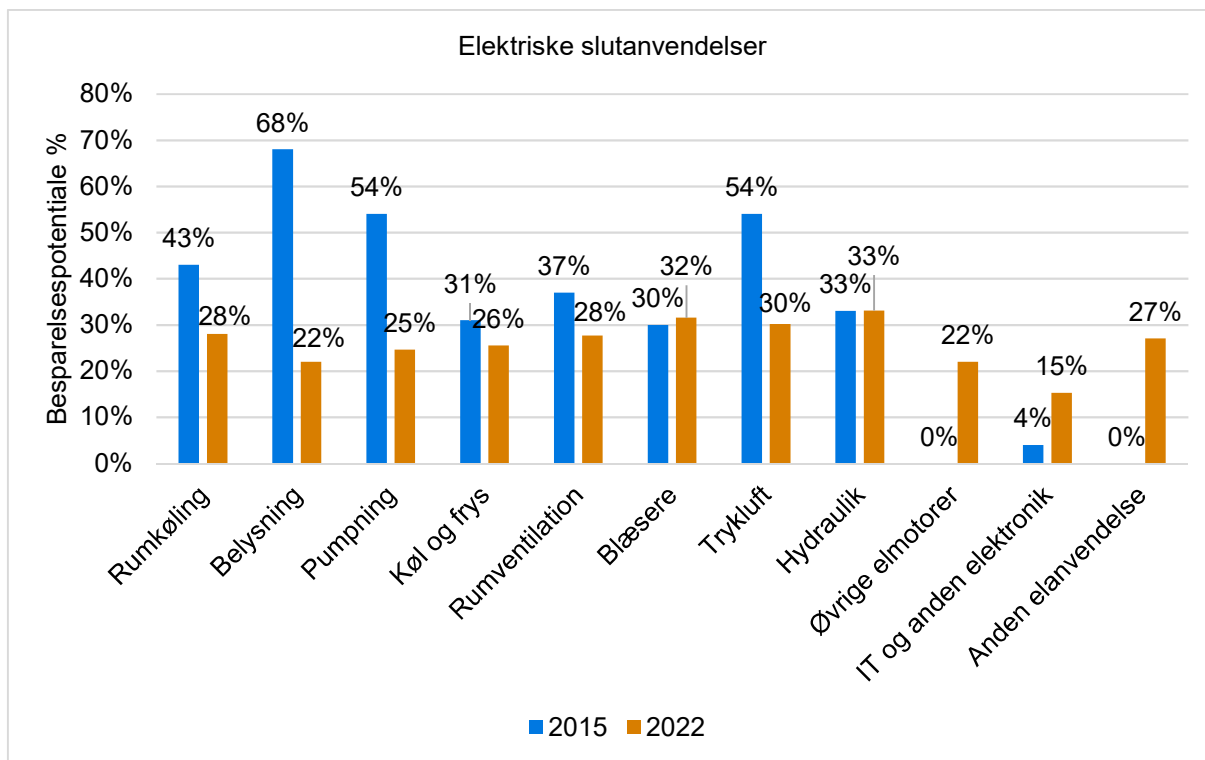
Tabel 4-1 Energisparepotentialet fordelt på tilbagebetalingstid (TJ/år og % af det områdets energiforbrug)

	Forbrug TJ/år	Besparesespotentiale TJ			Besparesespotentiale %		
		2	4	10	2	4	10
Konverterings- og nettab	8.476	204	441	737	2%	5%	9%
Opvarmning/kogning	16.214	1.135	1.946	4.653	7%	12%	29%
Tørring	13.567	1.119	1.899	3.677	8%	14%	27%
Inddampning	4.595	427	797	1.379	9%	17%	30%
Brænding/sintring	3.895	0	0	428	0%	0%	11%
Rumvarme	34.617	0	0	5.158	0%	0%	15%
Arbejdskørsel	18.098	1.162	1.162	1.162	6%	6%	6%
Delsum (ikke-el)	99.462	4.047	6.245	17.194	4%	6%	17%
Varmepumpers energiforbrug	617	26	43	68	4%	7%	11%
Rumkøling	2.233	221	364	951	10%	16%	43%
Køl/frys (ekskl. rumkøling)	6.217	631	870	1.912	10%	14%	31%
Rumventilation	5.451	1.379	1.785	2.008	25%	33%	37%
Pumpning	4.562	1.049	1.733	2.463	23%	38%	54%
Blæsere	2.952	289	565	874	10%	19%	30%
Trykluft	3.343	550	927	1.793	16%	28%	54%
Hydraulik	751	60	129	251	8%	17%	33%
Belysning	11.471	2.042	2.960	7.743	18%	26%	68%
It og anden elektronik	4.507	2	40	187	0%	1%	4%
Delsum (el)	42.104	6.250	9.417	18.250	15%	22%	43%
I alt	141.566	10.297	15.662	35.445	7%	11%	25%
<i>Heraf tværgående</i>							
Overskudsvarme, procesintegration	74.546	2.032	4.514	12.506	3%	6%	17%
Elmotorer og transmissioner	34.797	1.024	2.120	5.648	3%	6%	16%
Automation	133.187	679	2.850	4.049	1%	2%	3%

Figur 3. 2015-kortlægningens energisparepotentiale (%) for slutanvendelser med 2, 4 og 10 års tilbagebetalingstid

En uddybning af disse ændringer kan ses i figur 4 nedenfor for de enkelte slutanvendelser med op til 10 års tilbagebetalingstid.





Figur 4. Energisparepotentialer (%) for slutanvendelser i 2022 hhv. 2015 (10 års tilbagebetalingstid)

Der ses først og fremmest følgende udviklinger i potentialerne på slutanvendelsesniveau:

- Konverterings- og nettab vurderes at have betydeligt højere energisparepotentialer i 2022, hvilket først og fremmest skyldes at kortlægningen har vist meget store tab i landbrugssektoren
- Potentialet til opvarmning/kogning vurderes betydeligt lavere i 2022, hvilket først og fremmest skyldes at elektrificeringsmulighederne (varmepumper) er trukket ud af opgørelsen
- Også for inddampning af potentiale reduceret som følge af at MVR-anlæg (Mechanical Vapour Recompression) er overgået til at være et elektrificeringspotentiale
- Potentialet indenfor brænding og sintring er vurderet betydeligt lavere end i 2015, da større effektiviseringsprojekter på store smelte- og brændingsovne erfaringsmæssigt er meget omkostningstungt at realisere (med mere end 10 års tilbagebetalingstid).
- Potentialet inden for intern transport er vurderet noget højere end i 2015.
- Effektiviseringspotentialet inden for rumkøling er betydeligt lavere end tidligere, hvilket måske kan skyldes at afgiftslovgivningen de senere år har givet stort incitament til at effektivisere sådanne anlæg
- Energisparepotentialet for belysning er reduceret drastisk, hvilket kan henføres til at LED-løsninger de senere år har haft meget stor succes i produktionserhvervene
- Potentialet for at effektivisere trykluffanlæg er reduceret betydeligt ift. tidligere, hvilket kan skyldes at VSD-regulering (frekvensomformere) er ved at være standard på mange anlæg

Der er samlet set således tale om relativt store forskydninger i energieffektiviseringspotentialernes fordeling på tværs af de enkelte slutanvendelser.

1.1.3 Energisparepotentialer fordelt på brancher

I tabel 2 er 2022-kortlægningens potentialer for visse brancher vist med 2, 4 og 10 års tilbagebetalingstid.

	Forbrug TJ/år	Samlet besparelspotentiale TJ		
		<2 år	<4 år	<10 år
Landbrug	30.001	6%	10%	15%
Fødevarer	25.126	5%	11%	22%
Træ+papir	7.172	4%	9%	20%
Kemi+farma	11.038	6%	12%	21%
Byggematerialer	24.045	3%	6%	11%
Metal	3.723	5%	10%	16%
Fremstilling	17.712	6%	12%	18%
Byggeri og anlæg	6.911	5%	9%	12%
I alt	125.728	5%	10%	17%

Tabel 2. 2022-kortlægningens energisparepotentialer (%) for brancher med 2, 4 og 10 års tilbagebetalingstid

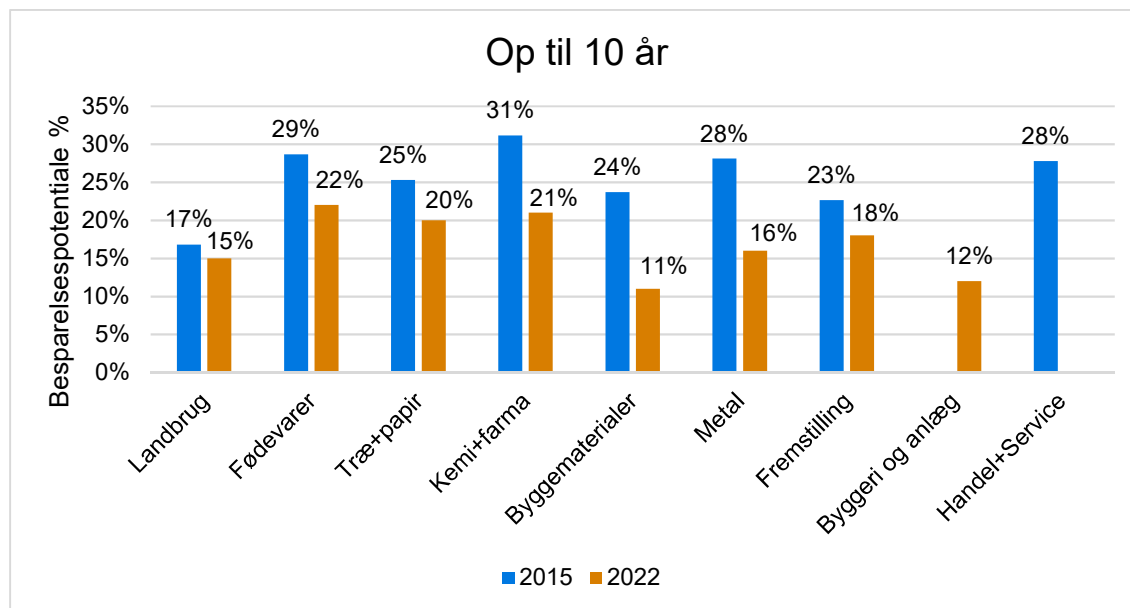
I figur 5 nedenfor er en tilsvarende opgørelse fra 2015 vist (i det %-potentialerne hér er givet ift. bruttopotentialer og ikke nettopotentialer som ovenfor).

Tabel 4-2 Energisparepotentialets fordeling på sektorer og overordnede områder for to, fire og 10 års TBT (TJ/år og % af det omfattede energiforbrug)

	Besparelspotentiale %			Forbrug TJ/år	Besparelspotentiale TJ		
	op til 2 år	op til 4 år	op til 10 år		2 år	4 år	10 år
Landbrug mv.	1,7%	2,2%	3,4%	28.828	2.359	3.149	4.844
Fødevarer mv.	1,3%	2,2%	4,5%	22.016	1.906	3.139	6.314
Træ+papir	0,4%	0,6%	1,1%	6.161	576	779	1.558
Kemi+farma	0,7%	1,2%	2,3%	10.224	983	1.635	3.186
Byggematerialer	0,5%	0,9%	2,3%	13.525	762	1.299	3.208
Metal	0,2%	0,3%	0,7%	3.277	268	423	921
Fremstilling	0,4%	0,7%	1,8%	10.961	625	971	2.483
Handel+Service	2,1%	3,0%	9,1%	46.574	2.937	4.267	12.931
I alt	7,4%	11,1%	25,0%	141.566	10.416	15.662	35.445

Figur 5. 2015-kortlægningens energisparepotentialer (%) for brancher med 2, 4 og 10 års tilbagebetalingstid

I figur 6 er energisparepotentialerne med op til 10 års tilbagebetalingstid for hhv. 2022 og 2015 vist sammenholdt ift. de enkelte branchers endelige energiforbrug.



Figur 6. Energisparepotentialer (%) for visse brancher i 2022 hhv. 2015 (10 års tilbagebetalingstid)

Der ses overordnet set nogenlunde samme udvikling som beskrevet for slutanvendelserne ovenfor, nemlig at potentialerne er reduceret noget i de brancher med elektrificeringspotentialer med varmepumper (fødevarer, træ/papir, kemi + farma) samt i indenfor fremstilling af byggematerialer (cement m.m.).

Desuden er potentialet inden for "byggematerialer" og "metal" reduceret betydeligt ift. 2015, da ombygning eller udskiftning af de energiintensive smelteovne er vurderet at være omkostningstunge.

1.1.4 Energisparepotentialers fordeling på temperaturniveauer

For den termiske andel af energisparepotentialerne er det opgjort hvorledes potentialerne fordeler sig på temperaturniveau:

- 46% af energisparepotentialet (svarende til 5.573 TJ/år) ligger ved temperaturer under 100 °C
- 12% af energisparepotentialet (svarende til 1.382 TJ/år) ligger ved temperaturer mellem 100 °C og 150 °C
- 14% af energisparepotentialet (svarende til 1.624 TJ/år) ligger ved temperaturer mellem 150 °C og 200 °C
- 29% af energisparepotentialet (svarende til 3.432 TJ/år) ligger ved temperaturer over 200 °C

At en stor andel af energisparepotentialer ligger under 100°C skyldes – udover at en stor del af varmemeforbruget også ligger under 100°, at varmegenvindingspotentialer typisk ligger ved lavere temperaturer (højtemperaturvarme udnyttes til lavtemperaturformål).

1.1.5 Fremskrivning af energisparepotentialer til 2050

Der er for de enkelte slutanvendelser givet en vurdering af hvorledes energisparepotentialet rent teknisk og investeringsmæssigt må forventes at udvikle sig frem mod 2050 givet fastholdelse af teknologiniveauet som anvendt i dag.

Opgørelsen viser på tværs af slutanvendelser at potentialet med et investeringsniveau på op til 975 kr./GJ/år vil stige fra 19.598 TJ/år til 23.803 TJ/år – en stigning på godt 20%.

Denne væsentlige stigning bunder i at det generelt vurderes at presset ift. at sikre grøn omstilling vil stimulere en væsentlig udvikling af løsninger og kosteffektiviteten af disse frem mod 2050.

1.1.6 Elektrificeringspotentialer

Opgørelsen af elektrificeringspotentialerne har modsat energieffektiviseringspotentialer ikke sat investeringsøkonomi på, men opgør alene de tekniske potentialer for følgende typer af løsninger:

- Traditionelle varmepumpeløsninger til rumvarme- og procesformål
- MVR-løsninger til inddampning og destillation og evt. tørring
- Højtryksvarmepumper op til 125 °C, som har et pænt teknisk potentiale, men er dyre i drift og installation
- Elovne og elvarmelegemer i processer (1:1 elektrificering)

Det er interessant at se, at opgørelserne af elektrificeringspotentialerne viser en meget betydelig reduktion i det primære energiforbrug for de fleste slutanvendelser, for eksempel 45% reduktion for tørring, 75% reduktion for destillation – men kun 4% for brænding/sintring (højtemperatur).

Således vil erhvervslivets samlede, endelige energiforbrug kunne halveres (besparelse på 49%) ved en fuld elektrificering. Denne reduktion forventes at stige frem mod 2050 i takt med at nye højtemperatur varmepumper forventes udviklet.

1.1.7 Generelt om indsatsområder

Overordnet ses der på tværs af slutanvendelse en række væsentlige indsatsområder:

- Der er generelt store potentialer ved at effektivisere varmeforsyningssystemer i de fleste sektorer:
 - o Der er store potentialer for halmkedler i landbrugssektoren, som traditionelt og fortsat har lave virkningsgrad og kan effektiviseres
 - o Ved omlægning af dampforsyning til varmtvandsforsyning vil mange sektorer reducere tab i kedler og forsyningsnet samt dels gøre det nemmere at udnytte store mængder spildvarme/overskudsvarme, dels gøre det muligt at integrere varmepumper i varmeforsyningen (elektrificering), hvilket rummer store tekniske potentialer

Mange virksomheder ser på dette lige nu, specielt inden for fødevarerindustrien, men det er også relevant inden for andre sektorer

- Der er generelt store potentialer ved at effektivisere tørreprocesser:
 - o Med varmegenvindingsanlæg
 - o Ved bedre og mere præcis styring
 - o Ved anvendelse af nye teknologier som overhedet damp

I varmegenvindingsløsninger kan der anvendes varmepumper (elektrificering), hvilket har et meget betydeligt potentiale i de fleste sektorer

- Der er store potentialer for varmegenvinding på tværs af områder – der er store mængder spildvarme fra processer og forsyningsanlæg (trykluft og køleanlæg) som kan bruges til rumvarme (udnyttelse af overskudsvarme) eller til opvarmning af vand til rengøringsformål, specielt inden for fødevarerindustri og pharma/kemi.
- Der er store potentialer for MVR-teknologi ("Mechanical Vapour Recompression") til inddampning og destillation – dette er dog relativt små forbrugsområder i det samlede billede.
- Der sker aktuelt en del teknologiuudvikling, som har betydelige energieffektiviseringspotentialer, for eksempel:

- WBG-teknologi (frekvensomformere med meget lave tab) til elmotorsystemer
- HVLS-blæsere (High Volume Low Speed)
- Inden for arbejdskørsel ses der fortsat store potentialer
- Generelt rummer styrings- og automationsløsninger store potentialer og den løbende udvikling af billigere måler-teknologi rummer store effektiviseringspotentialer i stort set alle sektorer.
 - Dette kan være simpel overvågning som beslutningsstøtte til operatører
 - Eller være mere avancerede adaptive kontrolsystemer
- For eksempel ser man ofte inddampnings- og tørreprocesser som har store tomgangstab, som har meget store udsving i rengøringssekvenser (CIP – Cleaning in Place)
- Generelt vurderes mulighederne inden for avanceret dataovervågning og Machine Learning at rumme meget store potentialer for stort set alle slutanvendelser. Man ser således stadig store "gaps" mellem hvad processer egentlig har af energibehov og hvad de forbruger af energi i praksis
- Generelt er det erfaringen at erhvervslivet er meget fokuseret på at reducere investeringsomkostninger (CAPEX) når der bygges nyt. Det giver "skrabede" løsninger, som i mange tilfælde reducerer energieffektivitet.

For eksempel kan varmegenvindingsløsninger fravælges i designfasen, og der ses også mange eksempler på nye køleanlæg, hvor avanceret styring af kondensatortryk ("flydende kondenseringstemperatur") er fravalgt, fordi det koster ekstra. Disse løsninger har tidligere været en fast designstandard i Danmark og er fordelagtigt når man ser på TCO ("Total Cost of Ownership") – man bør have metoder som sikrer at nyanlæg gøres mest muligt energieffektivt og bæredygtigt.

Ift. potentialer og indsatsområder skal det som ovenfor bemærkes, at mulighederne for at effektivisere de meget energiintensive højtemperatur brænding/sintrings- og smelteprocesser er nedjusteret ift. tidligere opgørelser, da det vurderes, at potentialerne er meget dyre at realisere.

Indhold

1	Indledning	3
1.1	Sammenfatning og konklusion	4
1.1.1	Energisparepotentialer fordelt på hovedsektorer	4
1.1.2	Energisparepotentialer fordelt på slutanvendelser.....	6
1.1.3	Energisparepotentialer fordelt på brancher.....	10
1.1.4	Energisparepotentialers fordeling på temperaturniveauer.....	11
1.1.5	Fremskrivning af energisparepotentialer til 2050.....	11
1.1.6	Elektrificeringspotentialer	12
1.1.7	Generelt om indsatsområder.....	12
2	Potentialeopgørelsernes metodegrundlag	16
2.1	Slutanvendelser.....	16
2.2	”Løgdiagrammet” og opgørelsesmetode.....	17
2.3	Brug af cases	18
2.4	Investeringsniveauer	19
2.5	Differentiering af levetider	20
2.6	Differentiering af potentialer på brancher.....	21
2.7	Energisparepotentialer fordelt på kvote- og ikke-kvote virksomheder	21
2.8	Energisparepotentialer fordelt på temperaturniveau	22
2.9	Fremskrivning af energisparepotentialer	22
2.10	Investeringsniveauer vs. tilbagebetalingstider.....	23
2.11	Elektrificering	23
2.11.1	Fremskrivning af elektrificeringspotentialer.....	25
2.11.2	Økonomisk potentiale for elektrificering.....	25
3	Sammenfatning af energisparepotentialer	27
3.1	Besparesespotentialer fordelt på slutanvendelser	27
3.2	Besparesespotentialer fordelt på hovedsektorer	32
3.3	Besparesespotentialer fordelt på brancher	33
3.4	Besparesespotentialer fordelt på kvote- og ikke-kvote virksomheder.....	36
3.5	Besparesespotentialer fordelt på temperaturniveau.....	38
3.6	Fremskrivning af besparesespotentialer til 2050	39
4	Sammenfatning af elektrificeringspotentialer	42
4.1	Elektrificeringspotentialer fordelt på slutanvendelser.....	42
4.2	Elektrificeringspotentialer fordelt på brancher.....	44
4.3	Elektrificeringspotentialer fordelt på kvote-/ikke-kvote-virksomheder	47
4.4	Fremskrivning af elektrificeringspotentialer til 2050.....	47
4.5	Tre cases med elektrificering	47
4.5.1	Varmepumpe til procesvarmeformål (spraytørring).....	48

4.5.2	Elektrificering af bageovn.....	48
4.5.3	Inddamperanlæg med MVR.....	49
4.6	De-centrale vs. tværgående elektrificeringsløsninger	49
4.7	Elektrificeringspotentialer for intern transport	50
5	Bilagsrapport B: Notater for slutanvendelser	51
6	Bilagsrapport C. Elektrificeringspotentialer.....	52

2 Potentialeopgørelsernes metodegrundlag

I det følgende beskrives potentialearbejdets metodegrundlag, det vil sige:

- Hvilke slutanvendelser arbejdet har omfattet
- Hvilken metodemæssig tilgang der er anvendt ved vurdering af energisparepotentialer
- Hvordan elektrificeringspotentialer er opgjort
- Hvilken differentiering og uddybninger der er arbejdet med for potentialerne

I det efterfølgende kapitel 3 sammenfattes resultaterne for energisparepotentialer, medens der i kapitel 4 gives en sammenfatning af elektrificeringspotentialer. I bilag A er vedlagt noter for hver enkelt slutanvendelse, medens der i bilag B er vedlagt en detaljeret rapportering af elektrificeringspotentialer.

2.1 Slut anvendelser

Potentialearbejdet har som i tidligere erhvervskortlægninger vurderet energisparepotentialer for hver af slutanvendelserne listet i tabel 3 nedenfor.

Hovedgruppe	Slutanvendelse
Intern energiforsyning	Konverterings- og nettab
Procesvarme	Opvarmning/kogning ¹⁾ Tørring ²⁾ Inddampning Destillation ³⁾ Brænding/sintring Smeltning/støbning ⁴⁾ Anden procesvarme ⁵⁾
Transport	Arbejdskørsel, intern transport
Rumvarme	Rumvarme ⁶⁾ Rumkøling ⁷⁾
Sekundær energi	Belysning Pumpning Køl/frys (ekskl. rumkøling) Rumventilation Blæsere Trykluft Hydraulik Øvrige elmotorer ⁸⁾ IT og anden elektronik Anden elanvendelse ⁹⁾

Tabel 3. Erhvervskortlægningens slutanvendelser

¹ Inklusive pasteurisering, blanchering, ekstraktion, sterilisering, rengøringsvand til produktionsanlæg og vask af råvarer

² Inklusive bagning og tørring/hærdning af lak

³ Inklusive deorisering

⁴ Inklusive varmholdelse af smeltede materialer, plaststøbmaskiner og varmelegemer i ekstrudere

⁵ Inklusive hærdning af stål, hærdning af betonelementer, afspændingsovne, svideovne og varmholdelse af tanke og rør

⁶ Inklusive varmt vand til lokalerengøring og komfortformål, men eksklusive rumvarme i særlige rum med driftstemperaturer på mindst 45°C samt i rum til lagring af oste, spegepølse m.m. (denne rumvarme indgår under Opvarmning/kogning)

⁷ For rumkøling menes køling hvor der tidligere er betalt en speciel afgift

⁸ Inklusive centrifugering, presning og intern, eldrebet transport

⁹ Inklusive svejsning og elektrolyse

Det skal bemærkes, at "rumkøling" er bevaret som en slutanvendelse på trods af, at sådan elanvendelse ikke længere har en selvstændig afgiftsopgørelse (årsagen til at rumkøling har været med i tidligere erhvervskortlægninger).

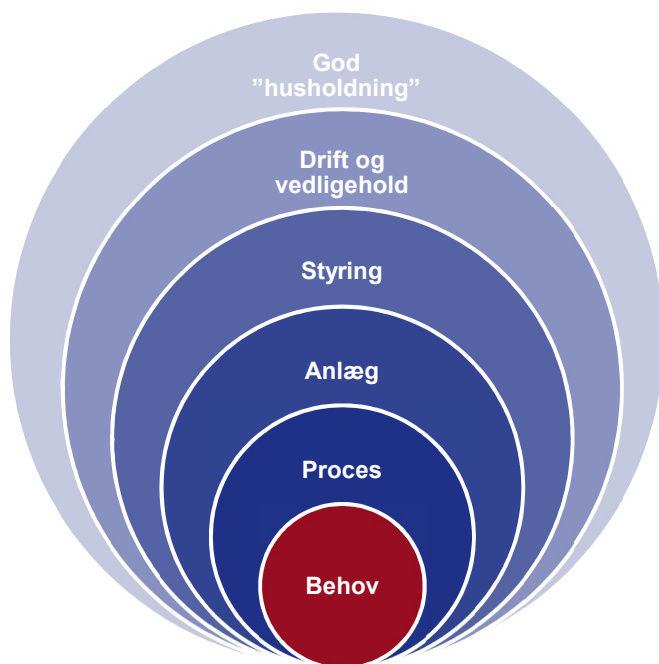
Potentialeopgørelserne har i sin grundform kun omfattet rene energieffektiviseringer for de enkelte slutanvendelser, hvor altså varmegenvinding/effektivisering ved anvendelse af varmepumper integreret lokalt i den enkelte slutanvendelse er set som en elektrificering og opgjort separat, se nedenfor.

Tværgående omlægning af energiforsyninger med anvendelse af varmepumper der udnytter spildvarme og overskudsvarme fra produktionsprocesser er således også set som en del af elektrificeringspotentialer, se nedenfor.

Dette betyder, at opgørelserne må forventes at vise en vis forskydning af energisparepotentialer til elektrificeringspotentialer for de slutanvendelser (termiske), hvor elektrificering er relevant.

2.2 "Løgdiagrammet" og opgørelsesmetode

Potentialeopgørelserne er som i tidligere erhvervskortlægninger opgjort med udgangspunkt i metoden illustreret i "løgdiagrammet" illustreret i figur 7 nedenfor.



Figur 7. Løgdiagrammet anvendt ved analyse af energieffektiviseringspotentialer.

For den enkelte slutanvendelse er der således beskrevet følgende typer af besparelser:

1. Kan behovet for slutanvendelsen minimeres?

Kan er givet produkt for eksempel afvandes bedre før det tørres, eller kan det undgås at produktet pga. dårlig styring og overvågning tørres mere end nødvendigt?

2. Hvilke potentialer er der for at ombygge processer og anlæg med højere investeringsniveauer?

Kan at givet anlægs energiforbrug reduceres ved at etablere varmegenvindingsanlæg eller ved at bestykke anlægget/processen med komponenter med bedre virkningsgrad

3. Findes muligheder for driftsoptimering og bedre regulering

Kan en given anlægsdrift optimeres med bedre og mere avanceret styring og regulering, herunder etablering af nye målere og dataopsamling/analyse

4. Er der adfærds- og vedligeholdsmæssige indsatser som med lav omkostning kan realisere besparelser

Kan operatører af processer og anlæg for eksempel trænes til at drive et givent procesanlæg mere præcist eller er der simple isolerings- og vedligeholdelsesprojekter som ikke er gennemført

Denne struktur kan genfindes i hvert af potentialenotaterne for de enkelte slutanvendelser samlet i Bilag A.

2.3 Brug af cases

Det har været centralt for potentialearbejdet, at der for hver slutanvendelse tages udgangspunkt i konkrete cases for energispareprojekter fra energisyn eller projektparternes øvrige arbejder, altså projekter som er gennemført eller dokumenteret som mulige at gennemføre. Dette for at sikre en realistisk erfaringsbase for potentialeopgørelserne.

Således er der for hver slutanvendelse identificeret 3 cases for hvert af følgende områder. Casene repræsenterer forskellige niveauer af omkostningseffektivitet og levetid:

Type af besparelse	Niveau af omkostningseffektivitet	Typisk levetid (år)
Adfærd & vedligehold	Typisk høj omkostningseffektivitet	3
Styring of driftoptimering	Typisk mellem omkostningseffektivitet	5
Anlægsoptimeringer	Typisk lavere omkostningseffektivitet	10

Tabel 4. 3 typer/niveauer af energispareprojekter identificeret for hver slutanvendelse

Disse cases er alle rapporteret i nedenstående format (eksempel fra slutanvendelsesnotat om "inddampning"):

Branche	9. Mejerier
Procesanlæg	Inddampningsanlæg
Energiforbrug	51.500 GJ/år
Løsning	Isolering
Energibesparelse	1.800 GJ/år (3,5%)
Investering	450.000 kr.
Tilbagebetalingstid	1,8 år
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	250 kr./GJ/år

Tabel 5. Eksempel på simpelt "adfærds- og vedligeholdelsesprojekt" for inddamperanlæg. Driftsbesparelsen er beregnet med en lav naturgaspris (proces) på ca. 0,30 kr./kWh.

Der er for hver case således taget udgangspunkt i det givne anlægs energiforbrug i en "før-situation" og opgjort hvor meget energisparetiltaget vil kunne realisere af besparelser (GJ og %), samt hvilken investering som er nødvendig for at opnå besparelsen.

På baggrund heraf kan der for casen beregnes en tilbagebetalingstid som et antal år med en given energipris (anført i casen) såvel som en "omkostningseffektivitet", som siger, hvor mange kroner der skal investeres for hver GJ der spares per år for det givne projekt.

For casen i tabel 5 opnås der for et inddamperanlæg således en besparelse på 3,5% ved at forbedre isoleringen af anlæg og rørinstallationer, hvilket for den givne virksomhed er tjent hjem på 1,8 år og – uafhængigt af energipris – har en omkostningseffektivitet på 250 kr. per sparet GJ/år.

Sidstnævnte "omkostningseffektivitet" er som angivet uafhængig af energiprisen, hvilket er en central parameter for Energistyrelsens modeller, hvor potentialeopgørelser kan simuleres ved variation i energipriser, afgifter og generel økonomisk udvikling.

Udover omkostningseffektiviteten er det i potentialeopgørelsen centralt at opgøre, hvor stort et potentiale der er for hver af de 3 typer af energispareprojekter – det vil sige:

- Hvor mange % besparelser kan der opnås ved den givne type/niveau af omkostningseffektivitet
- Skal omkostningseffektiviteten evt. justeres såfremt casen ikke er 100% repræsentativ for potentialet

Således vil nogen af de identificerede cases være mere økonomisk attraktive end det som man typisk vil erfare for tilsvarende projekter, medens andre har realiseret færre eller flere besparelser end gennemsnittet.

Hver case afrundes derfor med en generalisering af potentialet (%) for den givne type af energispareprojekt og med en generalisering af omkostningseffektiviteten. Desuden gives der efterfølgende en vurdering af hvordan omkostningseffektiviteten varierer fra branche til branche, se afsnit 2.5 nedenfor.

2.4 Investeringsniveauer

Da hver slutanvendelse beskriver typiske niveauer af forskellige energispareprojekter, skal disse summeres til et samlet potentiale med en Samlet omkostningseffektivitet.

For en given slutanvendelse (hér inddampning) er der for eksempel identificeret følgende energisparepotentialer med tilhørende omkostningseffektivitet:

1. Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 300 kr./GJ/år
2. Yderligere 5% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
3. Yderligere 5% kan spares ved et investeringsniveau på 700 kr./GJ/år

Disse erfaringsdata fører frem til nedenstående, sammenfattende tabel for den givne slutanvendelse.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
300	5	5	3
400	5	10	5
700	5	15	10

Tabel 6. Sammenfatning af akkumulerede og vægtede energisparepotentialer for slutanvendelsen inddampning.

Tabellen angiver således at der for slutanvendelsen i alt kan opnås en besparelse på 15%, hvis der investeres i projekter med en omkostningseffektivitet på op til 700 kr./GJ/år og at levetiden i dette leje vurderes at være 10 år.

Som et næste skridt i opgørelse af omkostningseffektiviteten generaliseres ovenstående tabel derefter til Energistyrelsens investeringsniveauer i nedenstående tabel 7. Ved konverteringen fra historiske cases til generaliserede investeringsniveauer tages der højde for, at besparelserne har været gunstige nok til at blive gennemført.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	5	5	4
560	11	16	8
975	4	20	10
1400	3	23	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen inddampning i Energistyrelsens format

Bemærk, at der i denne generalisering er angivet et yderligere, langsigtet investeringsniveau på 1.400 kr. per GJ/år, hvilket i energisparensammenhæng skal opfattes som store investeringer, der nærmer sig udskiftning af anlægget. Besparelser ved dette investeringsniveau er typisk ikke gjort på grund af energibesparelsen, men på grund af øget produktion eller lignende.

2.5 Differentiering af levetider

Der er ovenfor angivet typiske gennemsnitlige levetider på 3, 5, 10 og 15 år ved de forskellige investeringsniveauer, hvor levetiden i praksis vil være forskellig fra et område til et andet.

Der er for de enkelte slutanvendelser taget udgangspunkt i følgende forhold, som har været anvendt i Energistyrelsens Erhvervspulje:

- Ombygninger/udskiftninger af procesanlæg har lange levetider, da omkostningerne er høje og indebærer mange øvrige produktionsændringer, som kun sjældent gennemføres:
 - Optimering af styring og regulering 4 år
 - Ombygninger 8 år
 - Udskiftninger 10 år
- Ændringer i forsyningsanlæg for en vis dels vedkommende et relativt korte levetider, da løbende ombygninger og udvidelser ændrer grundlaget for de gennemførte besparelserprojekter:
 - Optimering af styring og regulering 4 år
 - Ombygninger 8 år
 - Udskiftninger 10 år
- Bygningsrelaterede besparelser (klimaskærm og faste installationer) har meget lange levetider, da bygningerne typisk "overlever" brugsændringer og øvrige omlægninger af produktion:
 - Optimering af HVAC og belysning 4 år
 - Udskiftning af HVAC og belysning 8 år
 - Optimering af klimaskærm 12 år
- Besparelser relateret til intern transport samt it & apparater har kort levetid:
 - Optimering af logistik m.m. 2 år
 - Udskiftninger af køretøjer 5 år

Ift. Erhvervskortlægningens besparelsesopgørelser skal det bemærkes, at det laveste investeringsniveau "adfærd og vedligehold" ikke er omfattet af Erhvervspuljens principper listet ovenfor.

Det skal desuden bemærkes, at området "procesanlæg" erfaringsmæssigt bør betragtes som 2 kategorier:

1. Normalt energiintensive processer:
 - a. Opvarmning/kogning
 - b. Inddampning
 - c. Tørring

- d. Destillation
- e. Anden procesvarme

2. Meget energitunge processer:

- a. Brænding/sintring
- b. Smeltning

Energispareprojekter for sidstnævnte vil typisk have meget lange levetider, da investeringerne er høje og virksomhederne opererer i helt specielle markeder.

Der arbejdes afhængigt af slutanvendelse derfor med følgende levetidsopgørelser for hvert investeringsniveau:

- 280 kr./GJ/år 2-4 års tilbagebetalingstid
- 560 kr./GJ/år 4-6 års tilbagebetalingstid
- 975 kr./GJ/år 8-12 års tilbagebetalingstid
- 1400 kr./GJ/år 12-16 års tilbagebetalingstid

Udover ovenstående ændringer er levetider i fremskrivningerne ensartet med de nuværende levetider.

2.6 Differentiering af potentialer på brancher

Det er for den enkelte slutanvendelse nødvendigt at vurdere hvordan energisparepotentialet fordeler sig fra branche til branche, da der er store forskelle i hvor store besparelser der kan opnås afhængigt af:

- Anlægsstørrelser – visse brancher har typisk energiforbruget fordelt på store virksomheder, hvor energisparepotentialer er mere omkostningseffektivt end i mindre virksomheder
- Driftstider – visse brancher kører 2- eller 3-holdsskift, hvorved der med samme investering opnås højere besparelser end i virksomheder som kun kører 1-holdsskift
- Energispareerfaring – visse brancher har i højere grad end andre været i gang med energisparearbejde, hvorfor det resterende energisparepotentiale kan være dyrere at realisere

For hver slutanvendelse er der således udarbejdet en tabel, hvor potentialer angivet i tabel 5 ovenfor multipliceres med en faktor typisk i intervallet 0,5 til 1,5, for enten at nedregulere potentialer eller opjustere det ift. gennemsnitsværdier angivet i tabellen ovenfor.

Det endelige energisparepotentiale for hver branche eller overalt er således ikke bestemt af tabellen ovenfor, men af et produkt af denne og branchefaktorerne.

2.7 Energisparepotentialer fordelt på kvote- og ikke-kvote virksomheder

Der er i kortlægningsrapporten (del 1 af erhvervs kortlægningen) givet en opgørelse af det endelige energiforbrugsfordeling på kvote-/ikke-kvote-virksomheder som gengivet i tabel 8 nedenfor.

Hovedenergiart	Energiart	Kvoteomfattet	Ikke kvoteomfattet	Samlet
Olieprodukter	LPG	109	1.329	1.442
	Gas-/dieselolie	195	24.062	24.257
	Fuelolie	1.040	356	1.396
	Petroleumskoks	6.863	852	7.715
	Olieprodukter i alt	8.207	26.600	34.811
Ledningsgas	Ledningsgas	16.012	13.843	29.855

Kul og koks	Kul og koks	3.310	1.241	4.551
Vedvarende energi	Affald, ikke-bionedbrydeligt	647	43	689
	Affald, bionedbrydeligt	529	314	843
	Halm	-	1.947	1.947
	Skovflis	1.481	179	1.660
	Træpiller	92	1.432	1.524
	Træaffald og brænde	562	3.475	4.037
	Biogas	325	642	968
	Varmepumper	-	-	3.246
	Vedvarende energi i alt	3.636	8.032	14.914
El	El i alt	-	-	36.744
Fjernvarme	Fjernvarme	-	-	4.853
Samlet	Samlet	31.165	49.716	125.728

Tabel 8. Fordeling af energiforbrug for energiarter på kvote/ikke-kvote-virksomhed (TJ/år)

Det vurderes at brancherne, hvor kvoteforbruget udgør en stor andel af det samlede energiforbrug, allerede har haft en fokuseret indsats med gennemførelse af energireducerende tiltag bl.a. med støtte fra diverse puljer, men også som følge af ekstraomkostningen ved CO₂-kvoter og deres typisk energitunge processer. Det er på denne baggrund vurderet at besparelsespotentialer for kvotevirksomheder er 10% lavere end for ikke-kvoteomfattede virksomheder.

Der tages udelukkende udgangspunkt i de kvoteomfattede energiarter, dvs. el og fjernvarme er ikke medtaget.

2.8 Energisparepotentialer fordelt på temperaturniveau

For det termiske slutanvendelser ("tørring", "inddampning" m.fl.) er der for hvert af slutanvendelsesnotaterne i Bilag A givet en vurdering af ved hvilket temperaturniveau besparelsespotentialerne kan opnås.

Ved opgørelser af de samlede potentialer gengives disse forhold ved brug af disse forhold.

2.9 Fremskrivning af energisparepotentialer

Der er for den enkelte slutanvendelse afslutningsvist givet en fremskrivning af energipotentialet frem mod 2050, hvilket angår, hvordan en teknologisk udvikling må forventes at influere på potentialerne.

Tabel 9 nedenfor viser således hvordan potentialer sammenfattet i tabel 7 ovenfor forventes at have udviklet sig i 2050. Det forventes at for at opnå de dyreste potentialer kræves væsentlige ombygninger og evt. forskning og udvikling for at nå hertil. Besparelser større end disse vil forventeligt kræve fundamentale ændringer og optimeringer og markant forskning og udvikling.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	6	4
560	20	8
975	23	10
1400	25	12

Tabel 9. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen inddampning i 2050

Det er på tværs af slutanvendelser generelt vurderet at energisparepotentialerne i 2050 vil være større end i dag, da den teknologiske udvikling dels vil give nye muligheder, dels vil gøre visse energispareløsninger billigere, for eksempel anvendelse af måleteknologi og data.

2.10 Investeringsniveauer vs. tilbagebetalingstider

Energisparepotentialerne opgøres først og fremmest for de forskellige investeringsniveauer overfor i tabel 5 som et relativt (%) potentiale.

Det vil sige, at potentialet for hver slutanvendelse opgøres som en procentsats (%) for det samlede potentiale ved et investeringsniveau op til kr. 280 kr./GJ/år, op til 560 kr./GJ/år osv.

For at muliggøre sammenligninger med tidligere kortlægninger er det også ønsket at opgøre potentialerne for hver slutanvendelse ift. en tilbagebetalingstid, altså et potentiale for investeringer som er tjent hjem med op til 2 års tilbagebetalingstid, op til 4 års tilbagebetalingstid og op til 10 års tilbagebetalingstid.

For at omregne fra potentialer i forhold til investeringsniveauer til potentialer i forhold til tilbagebetalingstider, benyttes de generaliserede potentialer for hver slutanvendelse, hvorved omkostningen for et givent potentialniveau konverteres med den relevante energipris. Derved beregnes tilbagebetalingstid for det givne potentialniveau. Efterfølgende benyttes en vægtet beregning for at tilpasse tilbagebetalingstiderne til et standardiseret format for følgende intervaller:

- Op til 2 år (< 2 år)
- Fra 2 år og op til 4 år (< 4 år)
- Fra 4 år og op til 10 år (< 10 år)

I tilfælde af at det beregnede potentiale for den ønskede tilbagebetalingstid er mindre end angivet for det generaliserende potentiale, akkumuleres de resterende besparelspotentialer gennem tilbagebetalingstiderne. Metoden integrerer ikke direkte information om projektets levetid og metoden indeholder heller ikke en diskontering.

Der er for at omregne mellem investeringsniveauer og tilbagebetalingstider taget udgangspunkt i følgende energipriser:

- For elprisen anvendes: **569 kr./MWh**, hvilket svarer til 157 kr./GJ
- For varmeprisen (damp) anvendes: **364 kr./MWh**, hvilket svarer til 101 kr./GJ

I denne varmepris er der taget højde for kedel- og distributionstab for typiske kedelanlæg.

Eksempel varme:

For slutanvendelsen tørring angives der et generaliserende potentiale på 5% ved en omkostning på 280 kr./GJ/år. Da den anvendte energipris er 101 kr./GJ, svarer dette potentiales tilbagebetalingstid til 2,8 år. For at finde besparelspotentialet for projekter med en tilbagebetalingstid på < 2 år, beregnes forholdet mellem den ønskede tilbagebetalingstid og den faktiske tilbagebetalingstid for omkostningen 280 kr./GJ/år, altså $2 \text{ år} / 2,8 \text{ år} = 0,71$. Dernæst multipliceres vægten med det generaliserede besparelspotentiale, hvilket resulterer i et besparelspotentiale på $0,71 \cdot 5\% = 3,6\%$ ved en tilbagebetalingstid på 2 år.

Samme fremgangsmetode anvendes for elektricitetsdrevne slutanvendelser.

2.11 Elektrificering

Analyser af elektrificeringspotentialerne har først og fremmest taget udgangspunkt i nedenstående tabel, som viser fordelingen af det termiske energiforbrug (TJ/år) i hovedsektorerne fordelt på typer af slutanvendelser og på temperaturniveauer. Det termiske energiforbrug er forbruget til opvarmningsformål til de forskellige slutanvendelser.

Denne kortlægning er udført for såvel kvote-virksomheder som ikke-kvote-virksomheder og resultaterne af en vægtet summering af disse data (TJ/år) er vist i tabel 8 nedenfor.

Sektor	Temperaturniveau	Procesvarme	Rumvarme mv.	Samlet
Landbrug	<100°C	6.774	327	7.101
	100-150°C	9	-	9
	150-200°C	-	-	-
	>200°C	-	-	-
	Samlet	6.783	327	7.110
Fremstilling	<100°C	10.264	8.436	18.699
	100-150°C	5.554	-	5.554
	150-200°C	6.802	-	6.802
	>200°C	21.312	-	21.312
	Samlet	43.932	8.436	52.368
Bygge- og anlæg	<100°C	717	280	997
	100-150°C	-	-	-
	150-200°C	-	-	-
	>200°C	-	-	-
	Samlet	717	280	997
Samlet	<100°C	17.755	9.043	26.798
	100-150°C	5.563	-	5.563
	150-200°C	6.802	-	6.802
	>200°C	21.312	-	21.312
	Samlet	51.432	9.043	60.475

Tabel 10. Fordeling af hovedsektoreernes termiske energiforbrug på hovedformål og temperaturniveau (TJ/år)

I nedenstående tabel 11 er vist en nedbrydning af procesvarmeforbruget i fremstillingsindustrien fordelt på slutanvendelser – også opgjort i kortlægningsrapporten.

Slutanvendelse	<100°C	100-150°C	150-200°C	>200°C	Samlet
Anden procesvarme	70	447	821	4.449	5.787
Brænding/sintring	15	22	-	5.689	5.726
Destillation	210	220	1.430	29	1.889
Inddampning	162	601	1.406	358	2.527
Opvarmning/kogning	5.215	1.454	285	5.079	12.033
Smeltning/støbning	3	-	14	2.650	2.668
Tørring	4.587	2.809	2.846	3.059	13.301
Samlet	10.264	5.554	6.802	21.312	43.932

Tabel 11. Fordeling af procesenergiforbrug i fremstillingsindustrien på slutanvendelser og temperaturniveau (TJ/år)

Opstillingen viser ikke forbruget til rumvarme, kedel- og konverteringstab samt transport (arbejdskørsel), hvor førstnævnte dog ses som en direkte elektrificeringsmulighed.

Analysen af elektrificeringspotentialer har dernæst taget udgangspunkt i følgende elektrificeringsteknologier og principper for potentialeopførelsen:

- Generelt ligger hele rumvarmeforbruget i produktionserhvervene ved temperaturniveauer under 100°C, hvorfor dette kan konverteres til traditionelle varmepumper (eks. NH₃-varmepumper) baseret på udeluft.
- For procesvarmeforbrug er det generelt antaget at traditionelle varmepumpeteknologier kan dække behov op til 150°C – enten med ammoniak eller med CO₂ eller andre kølemidler.

Der er her anvendt en underopdeling af procesvarmebehovet i flere temperaturniveauer således at der for varmepumper er arbejdet med 2 teknologier "lav" hhv. "høj".

Der er ligeledes anvendt differentierede data for spildvarme-/overskudsvarmepotentialerne i de enkelte sektorer, for derved at kunne beregne realistiske COP-værdier for de potentielle varmepumper og i sidste ende korrekte opgørelser for det endelige elforbrug efter elektrificering.

- For procesvarmeområdet er det for tørring, inddampning og destillation antaget, at der anvendes MVR-løsninger (Mechanical Vapour Recompression) op til 150 °C

Også her er der anvendt en underopdeling af procesvarmebehovet i en række temperaturintervaller som angivet ovenfor.

- Det resterende procesvarmebehov fra 150 °C og op til 1250 °C er for alle slutanvendelser antaget at skulle dækkes med elkedler/elvarmelegemer
- Procesvarmebehov over 1250 °C er ift. opgørelser af nuværende potentialer ikke anset som muligt at dække ved elektrificering

2.11.1 Fremskrivning af elektrificeringspotentialer

Ved fremskrivning af elektrificeringspotentialer til 2050 er det antaget, at 1:1-elektrificering med elvarmelegemer bliver muligt, hvorfor 100 % elektrificering vil være mulig for alle slutanvendelser og for alle brancher.

Ligeledes er det antaget at traditionelle varmepumpetyper, specielt dampproducerende varmepumper, vil være kommercielt tilgængelige op til 300 °C i 2050.

Endelig er det antaget at COP for varmepumper såvel som MVR-anlæg vil være forbedret med 15% i 2050.

2.11.2 Økonomisk potentiale for elektrificering

Der er ikke modelleret økonomiske potentialer for elektrificering, da en stor del af potentialet som udgangspunkt ikke vil være rentabelt med de nuværende energipriser og afgifter. Det vil sige at en elektrificeringsløsning ud over investeringen også vil føre til højere driftsomkostninger pga. at elprisen er højere end for eksempel naturgasprisen per leveret varmeeenhed.

Som sådan kan økonomiforholdene omkring elektrificeringspotentialet uddybes på følgende måde:

- Alm. traditionelle varmepumper til rumvarme- eller procesformål vil ofte kunne betale sig – betinget af sædvanlige forhold som anvendelses-/driftstider, effektivitet/COP og øvrige forhold omkring installationernes kompleksitet (investeringsbehov) m.m.
- At højtemperaturvarmepumper op til 150°C har relativt lav COP, hvorfor tilbagebetalingstiden ofte vil ligge over 10 år. Typisk vil højtemperaturvarmepumper også have udfordringer med at finde nemt tilgængelig spildvarme i tilstrækkelige mængde ved højere temperaturniveauer, hvilket vil gøre løsningerne dyrere.
- At MVR-anlæg i visse tilfælde vil kunne betale sig – givet, at der er en vis afdampningsrate fra processen hvor de anvendes
- At mange af de øvrige potentialer – specielt elvarmelegemer og elkedler, hvor der er tale om en 1:1-konvertering, som udgangspunkt ikke kan betale sig alene pga. energiomkostninger – med de nuværende energipriser og afgifter

Der er i afsnit 4.6 givet en række eksempler på rentabiliteten af forskellige elektrificeringspotentialer.

3 Sammenfatning af energisparepotentialer

Der gives i det følgende en sammenfatning af energisparepotentialerne opgjort i de enkelte slutanvendelsesnotater i bilag A:

1. Energisparepotentialer fordelt på slutanvendelser
2. Energisparepotentialer fordelt på brancher
3. Energisparepotentialer fordelt på hovedsektorer

For hvert område angives dels potentialer fordelt på omkostningsniveauer, dels en omregning af omkostningsniveauerne til tilbagebetalingstider. Desuden gives der hvad angår tilbagebetalingstider en sammenligning med potentialerne opgjort i den seneste erhvervskortlægning².

3.1 Besparelspotentialer fordelt på slutanvendelser

I nedenstående tabel 12 er vist en sammenfatning af besparelspotentialerne (TJ/år) ved forskellige investeringsniveauer som opgjort i det enkelte notater om slutanvendelser i Bilagsrapport B.

Forbrug (TJ/år)	Samlet besparelspotentiale (TJ/år)				
	<280 kr./GJ	<560 kr./GJ	<975 kr./GJ	<1400 kr./GJ	
Konverterings- og nettab	6.498	297	446	1115	1486
Opvarmning og kogning	13.078	346	864	1728	2592
Tørring	15.659	781	1562	3906	4687
Inddampning	2.624	111	355	444	511
Destillation	1.966	69	155	344	379
Brænding og sintring	5.726	38	95	191	286
Smeltning	4.482	117	176	293	439
Anden procesvarme	13.619	817	1362	2043	2724
Arbejdskørsel, intern transport	19.049	1497	1684	1684	1684
Rumvarme	11.697	868	1117	1489	1861
Delsum (ikke-el)	94.398	4.941	7.816	13.236	16.649
Rumkøling	298	19	42	64	74
Belysning	3.425	162	388	582	809
Pumpning	3.441	199	464	663	829
Køl og frys	2.914	175	408	583	728
Rumventilation	3.178	214	428	673	764
Blæsere	3.070	113	369	709	851
Trykluft	2.812	360	553	692	775
Hydraulik	770	105	175	210	224
Øvrige elmotorer	8.006	802	1444	1524	1604
IT og anden elektronik	1.116	33	88	132	198
Anden elanvendelse	2.301	241	482	530	602
Delsum (el)	31.331	2.423	4.841	6.362	7.459
I alt	125.728	7.364	12.657	19.598	24.107

Tabel 12. Sammenfatning af besparelspotentialer for slutanvendelser ved forskellige investeringsniveauer (TJ/år)

² Energistyrelsens erhvervskortlægning juni 2015, se https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/kortlaegning_energisparepotentialer_erhverv.pdf

I nedenstående tabel 13 er ovenstående tabel vist med angivelse af %-potentialer i stedet for TJ/år.

Forbrug (TJ/år)	Samlet besparelspotentiale [%]				
	<280 kr./GJ	<560 kr./GJ	<975 kr./GJ	<1400 kr./GJ	
Konverterings- og nettab	6.498	5%	7%	17%	23%
Opvarmning og kogning	13.078	3%	7%	13%	20%
Tørring	15.659	5%	10%	25%	30%
Inddampning	2.624	4%	14%	17%	19%
Destillation	1.966	4%	8%	18%	19%
Brænding og sintring	5.726	1%	2%	3%	5%
Smeltning	4.482	3%	4%	7%	10%
Anden procesvarme	13.619	6%	10%	15%	20%
Arbejdsførsel, intern transport	19.049	8%	9%	9%	9%
Rumvarme	11.697	7%	10%	13%	16%
Delsum (ikke-el)	94.398	5%	8%	14%	18%
Rumkøling	298	6%	14%	22%	25%
Belysning	3.425	5%	11%	17%	24%
Pumpning	3.441	6%	13%	19%	24%
Køl og frys	2.914	6%	14%	20%	25%
Rumventilation	3.178	7%	13%	21%	24%
Blæsere	3.070	4%	12%	23%	28%
Trykluft	2.812	13%	20%	25%	28%
Hydraulik	770	14%	23%	27%	29%
Øvrige elmotorer	8.006	10%	18%	19%	20%
IT og anden elektronik	1.116	3%	8%	12%	18%
Anden elanvendelse	2.301	10%	21%	23%	26%
Delsum (el)	31.331	8%	15%	20%	24%
I alt	125.728	6%	10%	16%	19%

Tabel 13. Sammenfatning af besparelspotentialer for slutanvendelser ved forskellige investeringsniveauer (%)

Det ses at der inden for erhvervslivets sædvanlige investeringsniveauer (op til 560 kr./GJ/år) kan opnås betydelige energieffektiviseringer:

- For termiske slutanvendelser ("ikke-el") af størrelsesordenen 8% af det endelige energiforbrug
- For elektriske slutanvendelser af størrelsesordenen 15% af det endelige energiforbrug
- Totalt set af størrelsesordenen 10% af det endelige energiforbrug.

Potentiale ved investeringsniveauerne 975 kr./GJ/år og 1400 kr./GJ/år skal tages med forbehold, da disse metode-mæssigt er meget vanskelige at beregne jf. afsnit 2.9.

I det følgende er besparelspotentialerne omregnet fra investeringsniveauerne i ovenstående tabeller til en mere traditionel opgørelse iht. tilbagebetalingstider i tabel 14 (som beskrevet i afsnit 2.9 ovenfor).

Tilbagebetalingstid (år)	Elektricitet (kr./GJ/år)	Varme (kr./GJ/år)
2	< 316	< 202
4	< 632	< 404
10	< 1581	< 1011

Tabel 14. Anvendte omregningsfaktorer mellem tilbagebetalingstid og investeringsniveauer.

Ved omregning fra investeringsniveauer til tilbagebetalingstider fås energibesparelspotentialerne gengivet i tabel 15 nedenfor.

Forbrug (TJ/år)	Besparelspotentiale TJ			
	<2 år	<4 år	<10 år	
Konverterings- og nettab	6.498	215	405	1.139
Opvarmning og kogning	13.078	250	720	1.760
Tørring	15.659	565	1.346	3.996
Inddampning	2.624	80	287	447
Destillation	1.966	50	131	351
Brænding og sintring	5.726	28	80	194
Smeltning	4.482	85	159	297
Anden procesvarme	13.619	590	1.211	2.068
Arbejdskørsel, intern transport	19.049	1.081	1.632	1.684
Rumvarme	11.697	627	1.048	1.502
Delsum (ikke-el)	94.398	3.569	7.018	13.440
Rumkøling	298	22	47	83
Belysning	3.425	183	438	753
Pumpning	3.441	225	524	847
Køl og frys	2.914	197	461	744
Rumventilation	3.178	242	483	880
Blæsere	3.070	128	416	968
Trykluft	2.812	406	625	849
Hydraulik	770	119	198	255
Øvrige elmotorer	8.006	906	1.630	1.760
IT og anden elektronik	1.116	37	99	171
Anden elanvendelse	2.301	272	544	622
Delsum (el)	31.331	2.736	5.465	7.931
I alt	125.728	6.305	12.484	21.371

Tabel 15. Sammenfatning af besparelspotentialer (TJ/år) for slutanvendelser ved forskellige tilbagebetalingstider (år)

I nedenstående tabel 16 er potentialerne ved forskellige tilbagebetalingstider vist for de enkelte slutanvendelser og totalt opgjort i %.

Forbrug (TJ/år)	Besparelspotentiale [%]			
	<2 år	<4 år	<10 år	
Konverterings- og nettab	6.498	3%	6%	18%
Opvarmning og kogning	13.078	2%	6%	13%
Tørring	15.659	4%	9%	26%
Inddampning	2.624	3%	11%	17%
Destillation	1.966	3%	7%	18%
Brænding og sintring	5.726	0%	1%	3%
Smeltning	4.482	2%	4%	7%
Anden procesvarme	13.619	4%	9%	15%
Arbejdskørsel, intern transport	19.049	6%	9%	9%
Rumvarme	11.697	5%	9%	13%
Delsum (ikke-el)	94.398	4%	7%	14%

Rumkøling	298	7%	16%	28%
Belysning	3.425	5%	13%	22%
Pumpning	3.441	7%	15%	25%
Køl og frys	2.914	7%	16%	26%
Rumventilation	3.178	8%	15%	28%
Blæsere	3.070	4%	14%	32%
Trykluft	2.812	14%	22%	30%
Hydraulik	770	15%	26%	33%
Øvrige elmotorer	8.006	11%	20%	22%
IT og anden elektronik	1.116	3%	9%	15%
Anden elanvendelse	2.301	12%	24%	27%
Delsum (el)	31.331	9%	17%	25%
I alt	125.728	5%	10%	17%

Tabel 16. Sammenfatning af besparelspotentialer (%) for slutanvendelser ved forskellige tilbagebetalingstider (år)

Det ses overordnet at produktionserhvervene med op til 10 års tilbagebetalingstid må forventes at kunne opnå energieffektiviseringer svarende til 17% af det endelige energiforbrug – mest for elanvendelser (25%) og lidt mindre for termiske slutanvendelser (14% for "ikke-el").

Ved %-opgørelserne for de enkelte slutanvendelser er det muligt at sammenligne med energisparepotentialerne opgjort i den seneste erhvervskortlægning (2015) som gengivet i nedenstående figur 8.

	Forbrug TJ/år	Besparelspotentiale TJ			Besparelspotentiale %		
		2	4	10	2	4	10
Konverterings- og nettab	8.476	204	441	737	2%	5%	9%
Opvarmning/kogning	16.214	1.135	1.946	4.653	7%	12%	29%
Tørring	13.567	1.119	1.899	3.677	8%	14%	27%
Inddampning	4.595	427	797	1.379	9%	17%	30%
Brænding/sintring	3.895	0	0	428	0%	0%	11%
Rumvarme	34.617	0	0	5.158	0%	0%	15%
Arbejdskørsel	18.098	1.162	1.162	1.162	6%	6%	6%
Delsum (ikke-el)	99.462	4.047	6.245	17.194	4%	6%	17%
Varmepumpers energiforbrug	617	26	43	68	4%	7%	11%
Rumkøling	2.233	221	364	951	10%	16%	43%
Køl/frys (ekskl. rumkøling)	6.217	631	870	1.912	10%	14%	31%
Rumventilation	5.451	1.379	1.785	2.008	25%	33%	37%
Pumpning	4.562	1.049	1.733	2.463	23%	38%	54%
Blæsere	2.952	289	565	874	10%	19%	30%
Trykluft	3.343	550	927	1.793	16%	28%	54%
Hydraulik	751	60	129	251	8%	17%	33%
Belysning	11.471	2.042	2.960	7.743	18%	26%	68%
It og anden elektronik	4.507	2	40	187	0%	1%	4%
Delsum (el)	42.104	6.250	9.417	18.250	15%	22%	43%
I alt	141.566	10.297	15.662	35.445	7%	11%	25%
<i>Herof tværgående</i>							
Overskudsvarme, procesintegration	74.546	2.032	4.514	12.506	3%	6%	17%
Elmotorer og transmissioner	34.797	1.024	2.120	5.648	3%	6%	16%
Automation	133.187	679	2.850	4.049	1%	2%	3%

Figur 8. Energisparepotentialer opgjort i seneste erhvervskortlægning (2015).

En sammenligning af 2015-potentialer og 2022-potentialer viser specielt følgende udvikling:

- Konverterings- og nettab
 - o Her vurderes potentialerne i 2022 noget højere end i 2015 med et samlet potentiale (2022) på 18% ved 10 års tilbagebetalingstid mod 9% opgjort 2015.

Det er teamets opfattelse at 2022-vurderingen er mere retvisende specielt ift. at store konverteringstab i landsbrugssektorens portionsfyrede biomassekedler er indregnet i opgørelserne.
- Opvarmning/kogning, tørring og inddampning
 - o Her vurderes potentialerne i 2022 noget lavere end i 2015, hvilket dog skyldes at elektrificeringsmuligheder (almindelige varmepumper og MVR) er trukket ud af selve energieffektiviseringsvurderingerne til fordel for en særskilt opgørelse af elektrificeringspotentialet.
- Brænding
 - o Her er potentialerne generelt vurderet en del lavere end i 2015.
- Arbejdskørsel
 - o Her viser 2022-kortlægningen langt større potentialer end i 2015 for 10-års potentialet med 9% mod tidligere 6%

Det er teamets opfattelse at 2022-tallene er langt mere retvisende, da de blandt andet bygger på målte data for tomgangskørsel af landbrugets maskiner, hvor der tabes stort i energieffektivitet.
- Rumkøling og køl/frys
 - o Her er potentialerne i 2022 vurderet lidt lavere end i 2015 – for 10-års-potentialerne 13%-point lavere men noget mere sammenligneligt for 2- og 4 års potentialer.

Dog bemærkes det, at 10-års-potentialerne for rumkøling er vurderet at ligge på 17% mod tidligere 43%.
- Pumpning
 - o Her er 2022-potentialerne vurderet at ligge en del lavere end 2015-potentialerne – for 10 års tilbagebetalingstid 20% mod tidligere 54% og tilsvarende for andre intervaller.
- Belysning
 - o Her opgøres 10-års-potentialerne betydeligt lavere i 2022 end i 2015 – 18% mod tidligere 68%.

Det er teamets opfattelse, at der de seneste 10 år har været en meget betydelig indfasning af LED-belysning i produktionserhvervene, hvorfor det reducerede potentiale er retvisende.
- Hydraulik
 - o Her opgøres potentialerne med kort tilbagebetalingstid betydeligt højere end tidligere – for 2-års-potentialet 26% mod tidligere 8%.

Der ses samlet set en reduktion af energisparepotentialerne i 2022:

- For termiske slutanvendelser er 10-års-potentialet på 15% mod tidligere 17%
- For elektriske slutanvendelser er 10-års-potentialet på 22% mod tidligere 43%
- Totalt set af størrelsesordenen 17% af det endelige energiforbrug mod tidligere 25%

Som nævnt ovenfor skyldes en del af denne ændring at elektrificeringsløsninger (varmepumper) er trukket ud af opgørelserne.

3.2 Besparelspotentialer fordelt på hovedsektorer

Nedenfor er besparelspotentialerne opgjort for hovedsektorerne ift. investeringsniveauer. Det ses, at besparelspotentialerne relativt er lidt større for landbrugssektoren end for de andre sektorer. Det ses desuden at særligt i investeringsniveauet op til 560 kr./GJ er der mindre at komme efter indenfor fremstillingssektoren. Dette kan skyldes, at investeringer op til dette niveau har relativt gode levetider og er blevet gennemført i væsentlig grad.

Hovedsektor	Forbrug (TJ/år)	Samlet besparelspotentiale TJ			
		<280 kr./GJ	<560 kr./GJ	<975 kr./GJ	<1400 kr./GJ
Landbrug	30.001	2.127	3.111	4.263	5.129
Fremstilling	88.816	4.782	8.911	14.509	18.060
Bygge- og anlæg	6.911	454	636	793	886
I alt	125.728	7.364	12.658	19.565	24.075

Tabel 17. Energisparepotentialer (TJ/år) opgjort for hovedsektorer ift. investeringsniveauer

Hovedsektor	Forbrug (TJ/år)	Samlet besparelspotentiale [%]			
		<280 kr./GJ	<560 kr./GJ	<975 kr./GJ	<1400 kr./GJ
Landbrug	30.001	7%	10%	14%	17%
Fremstilling	88.816	5%	10%	16%	20%
Bygge- og anlæg	6.911	7%	9%	11%	13%
I alt	125.728	6%	10%	16%	19%

Tabel 18. Energisparepotentialer (%) opgjort for hovedsektorer ift. investeringsniveauer

Nedenfor er besparelspotentialerne opgjort for hovedsektorerne ift. tilbagebetalingstider.

Hovedsektor	Forbrug (TJ/år)	Besparelspotentiale [TJ]		
		<2	<4 år	<10 år
Landbrug	30.001	1.681	3.050	4.596
Fremstilling	88.816	4.252	8.793	15.927
Bygge- og anlæg	6.911	370	641	861
I alt	125.728	6.304	12.483	21.384

Tabel 19. Energisparepotentialer (TJ/år) opgjort for hovedsektorer ift. tilbagebetalingstid

Hovedsektor	Forbrug (TJ/år)	Besparelspotentiale [%]		
		<2	<4 år	<10 år
Landbrug	30.001	6%	10%	15%
Fremstilling	88.816	5%	10%	18%
Bygge- og anlæg	6.911	5%	9%	12%
I alt	125.728	5%	10%	17%

Tabel 20. Energisparepotentialer (%) opgjort for hovedsektorer ift. tilbagebetalingstid

Det ses at besparelspotentialerne er nogenlunde ensartede på tværs af sektorer selvom der er påtrykt branchefaktorer for differentiering af potentialerne efter brancher.

3.3 Besparelspotentialer fordelt på brancher

I nedenstående tabel 21 er besparelspotentialet (TJ/år) for de enkelte brancher opgjort ved stigende tilbagebetalingstid.

	Energiforbrug [TJ]	Samlet besparelspotentiale [TJ]		
		<2 år	<4 år	<10 år
Landbrug	30.001	1.681	3.050	4.596
1 Landbrug	18.134	1.061	1.991	3.196
2 Gartneri	4.268	200	418	725
3 Maskinstationer	2.427	169	261	280
4 Skovbrug	440	32	49	54
5 Fiskeri	4.732	219	330	341
Fremstilling	88.816	4.252	8.793	15.927
6 Indvinding Af Grus Og Sten	2.563	102	246	554
7 Slagterier	4.182	237	513	953
8 Fiskeindustri	2.515	117	271	587
9 Mejerier	6.444	332	742	1438
10 Bagerier, Brødfabrikker Mv.	2.840	161	351	764
11 Fremstilling Af Foderblandinger	2.228	147	314	582
12 Fremstilling Af Sukker	1.666	62	156	311
13 Øvrige Anden Fødevareindustri	3.206	153	332	590
14 Drikkevarerindustri	2.044	84	197	428
15 Tekstilindustri, Beklædningsindustri Samt Læder- Og Fodtøjsindustri	690	43	87	149
16 Træindustri	4.767	190	407	944
17 Papirindustri	2.405	118	243	479
18 Trykkerier Mv.	611	41	77	114
19 Fremstilling Af Industrigasser	760	78	158	189
20 Fremstilling Af Enzymer	1.803	147	284	416
21 Øvrige Basiskemikalier	692	39	83	148
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	4.707	211	481	945
23 Medicinalindustri	3.076	185	370	589
24 Plast- Og Gummiindustri	2.783	152	295	461
25 Glasindustri Og Keramisk Industri	1.604	65	121	191
26 Fremstilling Af Cement	12.641	247	506	880
27 Fremstilling Af Teglsten Mv.	1.787	34	79	190
28 Fremstilling Af Asfalt Og Tagpap	1.420	68	143	293
29 Fremstilling Af Stenuld Mv.	2.566	77	152	259
30 Øvrig Betonindustri Og Teglværker	1.464	88	171	326
31 Fremst. Af Metal	3.723	192	375	609

32 Metalvareindustri	4.047	251	476	782
33 Fremst. Af Computere Og Kommunikationsudstyr Mv., Andet Elektronisk Udstyr, Elektriske Motorer Mv. Samt Led- ninger Og Kabler	1.295	90	165	236
34 Fremst. Af Husholdningsapparater, Lamper Mv.	138	8	16	25
35 Fremst. Af Motorer, Vindmøller Og Pumper	2.729	199	362	516
36 Fremst. Af Andre Maskiner	2.225	138	251	378
37 Fremst. Af Motorkøretøjer Og Dele Hertil Og Fremst. Af Skibe Og Andre Transportmidler	719	51	96	145
38 Møbelindustri	1.268	71	138	255
39 Fremst. Af Medicinske Instrumenter Mv.	209	13	26	42
40 Legetøj Og Anden Fremstillingsvirksomhed	425	17	33	50
41 Reparation Og Installation Af Maskiner Og Udstyr	573	42	76	111
Bygge- og anlæg	6.911	370	641	861
42 Bygge- Og Anlægsvirksomhed	6.911	370	641	861

Tabel 21. Sammenfatning af besparelspotentialer (TJ/år) for 42 brancher ved forskellige tilbagebetalingstider (år)

Med ovenstående tabel er der mulighed at sammenligne energisparepotentialerne i nærværende opgørelse med potentialerne opgjort i 2015 som gengivet i nedenstående tabel 22-23 og figur 9.

	Forbrug TJ/år	Samlet besparelspotentiale TJ		
		<2 år	<4 år	<10 år
Landbrug	30.001	1.681	3.049	4.580
Fødevarer	25.126	1.294	2.875	5.653
Træ+papir	7.172	308	650	1.422
Kemi+farma	11.038	661	1.376	2.287
Byggematerialer	24.045	681	1.418	2.692
Metal	3.723	192	375	609
Fremstilling	17.712	1.117	2.097	3.263
Byggeri og anlæg	6.911	370	641	861
I alt	125.728	6.304	12.482	21.368

Tabel 22. Sammenfatning af besparelspotentialer (TJ/år) for branchegrupperinger ift. tilbagebetalingstider

	Forbrug TJ/år	Samlet besparelspotentiale TJ		
		<2 år	<4 år	<10 år
Landbrug	30.001	6%	10%	15%
Fødevarer	25.126	5%	11%	22%
Træ+papir	7.172	4%	9%	20%
Kemi+farma	11.038	6%	12%	21%
Byggematerialer	24.045	3%	6%	11%
Metal	3.723	5%	10%	16%
Fremstilling	17.712	6%	12%	18%
Byggeri og anlæg	6.911	5%	9%	12%
I alt	125.728	5%	10%	17%

Tabel 23. Sammenfatning af besparelspotentialer (%) for branchegrupperinger ift. tilbagebetalingstider

Tabel 4-2 Energisparepotentialets fordeling på sektorer og overordnede områder for to, fire og 10 års TBT (TJ/år og % af det omfattede energiforbrug)

	Besparelsespotentiale %			Forbrug TJ/år	Besparelsespotentiale TJ		
	op til 2 år	op til 4 år	op til 10 år		2 år	4 år	10 år
Landbrug mv.	1,7%	2,2%	3,4%	28.828	2.359	3.149	4.844
Fødevarer mv.	1,3%	2,2%	4,5%	22.016	1.906	3.139	6.314
Træ+papir	0,4%	0,6%	1,1%	6.161	576	779	1.558
Kemi+farma	0,7%	1,2%	2,3%	10.224	983	1.635	3.186
Byggematerialer	0,5%	0,9%	2,3%	13.525	762	1.299	3.208
Metal	0,2%	0,3%	0,7%	3.277	268	423	921
Fremstilling	0,4%	0,7%	1,8%	10.961	625	971	2.483
Handel+Service	2,1%	3,0%	9,1%	46.574	2.937	4.267	12.931
I alt	7,4%	11,1%	25,0%	141.566	10.416	15.662	35.445

Figur 9. Energisparepotentialer (% og TJ/år) opgjort i erhvervskortlægningen i 2015.

Det ses følgende udviklinger ved sammenligning af tabel 23 og figur 9 (%-tal i tabel 23 er ikke "normerede")

- I landbruget er besparelsespotentialerne noget lavere med 2 og 4 års tilbagebetalingstid, meden det 10-årige potentiale er stort set uændret når der tages højde for sektorens større energiforbrug.
- For fødevarerektoren er potentialet reduceret noget – på trods af at sektorens energiforbrug er steget. Det skyldes først og fremmest at elektrificeringspotentialerne er trukket ud.
- Indenfor kemi-farma er potentialet også reduceret pga. separat opgørelse af elektrificeringspotentialer
- Inden for fremstilling er potentialet steget, men sektorgrupperingen har også større forbrug end før

Nedenfor er ovenstående tabel 24 gengivet med en %-mæssig opgørelse af potentialerne i alle brancherne.

	Samlet besparelsespotentiale TJ			
		<2 år	<4 år	<10 år
Landbrug	30.001	6%	10%	15%
1 Landbrug	18.134	6%	11%	18%
2 Gartneri	4.268	5%	10%	17%
3 Maskinstationer	2.427	7%	11%	12%
4 Skovbrug	440	7%	11%	12%
5 Fiskeri	4.732	5%	7%	7%
Fremstilling	88.816	5%	10%	18%
6 Indvinding Af Grus Og Sten	2.563	4%	10%	22%
7 Slagterier	4.182	6%	12%	23%
8 Fiskeindustri	2.515	5%	11%	23%
9 Mejerier	6.444	5%	12%	22%
10 Bagerier, Brødfabrikker Mv.	2.840	6%	12%	27%
11 Fremstilling Af Foderblandinger	2.228	7%	14%	26%
12 Fremstilling Af Sukker	1.666	4%	9%	19%
13 Øvrige Anden Fødevarerindustri	3.206	5%	10%	18%

14 Drikkevarerindustri	2.044	4%	10%	21%
15 Tekstilindustri, Beklædningsindustri Samt Læder- Og Fodtøjsindustri	690	6%	13%	22%
16 Træindustri	4.767	4%	9%	20%
17 Papirindustri	2.405	5%	10%	20%
18 Trykkerier Mv.	611	7%	13%	19%
19 Fremstilling Af Industrigasser	760	10%	21%	25%
20 Fremstilling Af Enzymer	1.803	8%	16%	23%
21 Øvrige Basiskemikalier	692	6%	12%	21%
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	4.707	4%	10%	20%
23 Medicinalindustri	3.076	6%	12%	19%
24 Plast- Og Gummiindustri	2.783	5%	11%	17%
25 Glasindustri Og Keramisk Industri	1.604	4%	8%	12%
26 Fremstilling Af Cement	12.641	2%	4%	7%
27 Fremstilling Af Teglsten Mv.	1.787	2%	4%	11%
28 Fremstilling Af Asfalt Og Tagpap	1.420	5%	10%	21%
29 Fremstilling Af Stenuld Mv.	2.566	3%	6%	10%
30 Øvrig Betonindustri Og Teglværker	1.464	6%	12%	22%
31 Fremst. Af Metal	3.723	5%	10%	16%
32 Metalvarerindustri	4.047	6%	12%	19%
33 Fremst. Af Computere Og Kommunikationsudstyr Mv., Andet Elektronisk Udstyr, Elektriske Motorer Mv. Samt Ledninger Og Kabler	1.295	7%	13%	18%
34 Fremst. Af Husholdningsapparater, Lamper Mv.	138	6%	11%	18%
35 Fremst. Af Motorer, Vindmøller Og Pumper	2.729	7%	13%	19%
36 Fremst. Af Andre Maskiner	2.225	6%	11%	17%
37 Fremst. Af Motorkøretøjer Og Dele Hertil Og Fremst. Af Skibe Og Andre Transportmidler	719	7%	13%	20%
38 Møbelindustri	1.268	6%	11%	20%
39 Fremst. Af Medicinske Instrumenter Mv.	209	6%	12%	20%
40 Legetøj Og Anden Fremstillingsvirksomhed	425	4%	8%	12%
41 Reparation Og Installation Af Maskiner Og Udstyr	573	7%	13%	19%
Bygge- og anlæg	6.911	5%	9%	12%
42 Bygge- Og Anlægsvirksomhed	6.911	5%	9%	12%

Tabel 24. Sammenfatning af besparelspotentialer (%) for 42 brancher ved forskellige tilbagebetalingstider (år)

3.4 Besparelspotentialer fordelt på kvote- og ikke-kvote virksomheder

Besparelspotentialerne fordelt på kvote- og ikke-kvoteomfattede virksomheder tager udgangspunkt i besparelsesniveauet ved op til 10 års tilbagebetalingstid. Besparelspotentialerne er summeret på tværs af de forskellige slut-anvendelser, hvor der indgår kvoterelevante brændsler. Konverterede energiarter, såsom elektricitet og fjernvarme, indgår ikke.

De relevante slutanvendelser er dermed reduceret til proces- og rumvarme, arbejdskørsel, samt konverterings- og nettab.

	Kvoteforbrug [TJ]	Ikke-kvoteforbrug [TJ]	Samlet besparelspotentiale TJ		
			Kvote	Ikke-kvotekvote	Samlet
Landbrug	445	20.478	63	2.271	2.334
1 Landbrug	0	11.732	0	1.429	1.429
2 Gartneri	445	1.313	63	209	272
3 Maskinstationer	0	2.309	0	250	250
4 Skovbrug	0	392	0	42	42
5 Fiskeri	0	4.732	0	341	341
Fremstilling	30.721	23.686	4.158	4.217	8.375
6 Indvinding Af Grus Og Sten	1.353	926	256	217	473
7 Slagterier	1.018	1.119	203	257	461
8 Fiskeindustri	1.529	416	380	68	449
9 Mejerier	2.085	1.894	442	357	799
10 Bagerier, Brødfabrikker Mv.	724	960	189	287	476
11 Fremstilling Af Foderblandinger	77	1.185	20	291	311
12 Fremstilling Af Sukker	1.131	280	200	40	240
13 Øvrige Anden Fødevarerindustri	595	1.267	93	228	321
14 Drikkevarerindustri	994	418	188	95	283
15 Tekstilindustri, Beklædningsindustri Samt Læder- Og Fodtøjsindustri	0	237	0	46	46
16 Træindustri	622	3.181	106	612	718
17 Papirindustri	992	560	178	110	288
18 Trykkerier Mv.	0	117	0	16	16
19 Fremstilling Af Industrigasser	0	16	0	2	2
20 Fremstilling Af Enzymer	140	241	25	47	72
21 Øvrige Basiskemikalier	307	3	63	0	63
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	2.716	669	488	127	616
23 Medicinalindustri	290	644	47	124	171
24 Plast- Og Gummiindustri	0	622	0	70	70
25 Glasindustri Og Keramisk Industri	972	17	73	2	75
26 Fremstilling Af Cement	10.035	1.191	531	64	595
27 Fremstilling Af Teglsten Mv.	1.549	68	151	4	156
28 Fremstilling Af Asfalt Og Tagpap	292	983	56	202	258
29 Fremstilling Af Stenuld Mv.	855	1.419	71	121	192
30 Øvrig Betonindustri Og Teglværker	593	372	121	82	203
31 Fremst. Af Metal	1.694	297	254	43	297

32 Metalvareindustri	0	1.715	0	277	277
33 Fremst. Af Computere Og Kommunikationsudstyr Mv., Andet Elektronisk Udstyr, Elektriske Motorer Mv. Samt Ledninger Og Kabler	0	288	0	42	42
34 Fremst. Af Husholdningsapparater, Lamper Mv.	0	52	0	9	9
35 Fremst. Af Motorer, Vindmøller Og Pumper	159	367	22	55	76
36 Fremst. Af Andre Maskiner	0	1.017	0	144	144
37 Fremst. Af Motorkøretøjer Og Dele Hertil Og Fremst. Af Skibe Og Andre Transportmidler	0	226	0	34	34
38 Møbelindustri	0	725	0	119	119
39 Fremst. Af Medicinske Instrumenter Mv.	0	46	0	7	7
40 Legetøj Og Anden Fremstillingsvirksomhed	0	54	0	6	6
41 Reparation Og Installation Af Maskiner Og Ud- styr	0	94	0	12	12
Bygge- og anlæg	0	5.552	0	543	543
42 Bygge- Og Anlægsvirksomhed	0	5.552	0	543	543

Tabel 25. Sammenfatning af besparelspotentialer TJ for 42 brancher fordelt på kvote- og ikke-kvoteomfattet forbrug

3.5 Besparelspotentialer fordelt på temperaturniveau

Det samlede forbrug til hver termisk slutanvendelse fordelt på temperaturniveauer er vist i Tabel 26. De største forbrug ligger under 100 °C og over 200 °C, hvor tørring, opvarmning/kogning og anden procesvarme udgør store andele.

Slutanvendelse	<100C	100-150C	150-200C	>200C	Samlet
Anden procesvarme	6.121	456	821	4.449	11.847
Brænding/sintring	15	22	-	5.689	5.726
Destillation	210	220	1.430	29	1.889
Inddampning	162	601	1.406	358	2.527
Opvarmning/kogning	5.241	1.454	285	5.079	12.059
Smeltning/støbning	3	-	14	2.650	2.668
Tørring	6.002	2.809	2.846	3.059	14.716
Rumvarme	9.043	-	-	-	9.043
Samlet	26.798	5.563	6.802	21.312	60.475

Tabel 26. Samlet forbrug til slutanvendelser fordelt på temperaturniveauer

Det samlede besparelspotentiale for de forskellige slutanvendelser fordelt på temperaturniveauer er vist i Tabel 27. De største besparelser findes for de største forbrugere, hvor især tørring viser sig til at have et stort besparelspotentiale. De største besparelspotentialer følger i høj grad forbrugsmønsteret og er hhv. under 100 °C og over 200 °C.

Slutanvendelse	<100C	100-150C	150-200C	>200C	Samlet
Anden procesvarme	1.224	91	164	890	2.369
Brænding og sintring	1	1	-	284	286
Destillation	41	42	276	6	364
Inddampning	32	117	274	70	492
Opvarmning og kogning	1.039	288	57	1.007	2.390

Smeltning	0	-	1	260	261
Tørring	1.798	842	853	916	4.408
Rumvarme	1.439	-	-	-	1.439
Samlet	5.573	1.382	1.624	3.432	12.010

Tabel 27. Samlede besparelspotentialer i TJ fordelt på temperaturniveauer

Når man ser på de relative besparelspotentialer, opnår tørring de største besparelspotentialer. Det findes dog, at der relativt set er mindst besparelspotentialer over 200 °C, mens de største relative besparelspotentialer findes i intervallet fra 100 °C til 150 °C.

Slutanvendelse	<100C	100-150C	150-200C	>200C	Samlet
Anden procesvarme	20%	20%	20%	20%	20%
Brænding og sintring	5%	5%	-	5%	5%
Destillation	19%	19%	19%	19%	19%
Inddampning	19%	19%	19%	19%	19%
Opvarmning og kogning	20%	20%	20%	20%	20%
Smeltning	10%	-	10%	10%	10%
Tørring	30%	30%	30%	30%	30%
Rumvarme	16%	-	-	-	16%
Samlet	21%	25%	24%	16%	20%

Tabel 28. Samlede besparelspotentialer i % fordelt på temperaturniveauer

3.6 Fremskrivning af besparelspotentialer til 2050

Der er for hver slutanvendelse lavet et forsigtigt bud på de forventede besparelspotentialer frem mod 2050. Disse er opsummeret i tabel 28 og 29, der kan sammenlignes med tabel 10 og 11, hvor potentialet for de forskellige slutanvendelser kan ses.

Forbrug (TJ/år)	Samlet besparelspotentiale (TJ/år)				
	<280 kr./GJ	<560 kr./GJ	<975 kr./GJ	<1400 kr./GJ	
Konverterings- og nettab	6.498	372	594	1263	1709
Opvarmning og kogning	13.078	346	1037	2074	3111
Tørring	15.659	937	4375	5468	6249
Inddampning	2.624	133	444	511	555
Destillation	1.966	86	327	379	431
Brænding og sintring	5.726	38	191	286	477
Smeltning	4.482	146	293	439	585
Anden procesvarme	13.619	817	1362	2043	2860
Arbejdskørsel, intern transport	19.049	1497	1871	2245	2619
Rumvarme	11.697	868	1241	1613	2109
Delsum (ikke-el)	94.398	5.240	11.734	16.321	20.705
Rumkøling	298	22	48	71	80
Belysning	3.425	194	582	873	1067
Pumpning	3.441	199	663	829	995
Køl og frys	2.914	233	583	670	787
Rumventilation	3.178	275	520	764	917
Blæsere	3.070	170	426	709	908

Trykluft	2.812	415	636	775	885
Hydraulik	770	119	189	224	246
Øvrige elmotorer	8.006	963	1604	1765	2005
IT og anden elektronik	1.116	55	132	176	275
Anden elanvendelse	2.301	289	578	626	650
Delsum (el)	31.331	2.935	5.962	7.483	8.815
I alt	125.728	8.175	17.695	23.803	29.521

Tabel 29. Sammenfatning af fremskrivningen af besparelspotentialer for slutanvendelser ved forskellige investeringsniveauer (TJ/år)

De samlede fremskrevne besparelser er omtrent 7.000 TJ højere i 2050 end nu. Dette er fortrinsvis at finde under proces- og rumvarme, hvor potentialet stiger fra 16.600 TJ til 22.400 TJ.

Forbrug (TJ/år)	Samlet besparelspotentiale (TJ/år)				
	<280 kr./GJ	<560 kr./GJ	<975 kr./GJ	<1400 kr./GJ	
Konverterings- og nettab	6.498	6%	9%	19%	26%
Opvarmning og kogning	13.078	3%	8%	16%	24%
Tørring	15.659	6%	28%	35%	40%
Inddampning	2.624	5%	17%	19%	21%
Destillation	1.966	4%	17%	19%	22%
Brænding og sintring	5.726	1%	3%	5%	8%
Smeltning	4.482	3%	7%	10%	13%
Anden procesvarme	13.619	6%	10%	15%	21%
Arbejdskørsel, intern transport	19.049	8%	10%	12%	14%
Rumvarme	11.697	7%	11%	14%	18%
Delsum (ikke-el)	94.398	6%	12%	17%	22%
Rumkøling	298	8%	16%	24%	27%
Belysning	3.425	6%	17%	25%	31%
Pumpning	3.441	6%	19%	24%	29%
Køl og frys	2.914	8%	20%	23%	27%
Rumventilation	3.178	9%	16%	24%	29%
Blæsere	3.070	6%	14%	23%	30%
Trykluft	2.812	15%	23%	28%	31%
Hydraulik	770	15%	25%	29%	32%
Øvrige elmotorer	8.006	12%	20%	22%	25%
IT og anden elektronik	1.116	5%	12%	16%	25%
Anden elanvendelse	2.301	13%	25%	27%	28%
Delsum (el)	31.331	9%	19%	24%	28%
I alt	125.728	7%	14%	19%	23%

Tabel 30. Sammenfatning af fremskrivningen af besparelspotentialer for slutanvendelser ved forskellige investeringsniveauer (TJ/år)

De samlede potentialer forventes at stige fra 19% til 23% med omtrent en 4 procentpoint stigning for både el og ikke-el. De største stigninger ligger i de tre høje investeringsniveauer, hvor det lave investeringsniveau kun har en forventning om at stige med omtrent 1 procentpoint.

4 Sammenfatning af elektrificeringspotentialer

Der gives i det følgende en sammenfatning af elektrificeringspotentialerne opgjort Excel-arkene i bilag B:

1. Elektrificeringspotentialer fordelt på slutanvendelser
2. Elektrificeringspotentialer fordelt på brancher
3. Elektrificeringspotentialer fordelt på hovedsektorer

I modsætning til energieffektiviseringspotentialerne er der alene tale om en teknisk potentialeopgørelse, i det Energi-styrelsen har ønsket et sådant input til modellering af produktionserhvervenes grønne omstilling ved variation i energipriser, skatter og afgifter m.m.

Sidst i kapitlet gengives dog business cases for 3 eksempler på elektrificering for tørring og inddampning m.m.

4.1 Elektrificeringspotentialer fordelt på slutanvendelser

I tabel 31 nedenfor er elektrificeringspotentialet opgjort for de enkelte termiske slutanvendelser således som opgjort i Bilag C.

Slutanvendelse	Elektrificeringspotentialer	Ændring i endeligt termisk energiforbrug
Konverterings- og nettab	100%	-39%
Opvarmning og kogning	100%	-39%
Tørring	99%	-45%
Inddampning	100%	-80%
Destillation	100%	-75%
Brænding/sintring	5%	-4%
Smeltning/støbning	100%	-44%
Anden procesvarme	100%	-56%
Rumvarme	100%	-74%
Total (vægtet gennemsnit)	92%	-49%

Tabel 31. Elektrificeringspotentialer for slutanvendelser og resulterende endeligt energiforbrug (%)

Det ses, at der på nær "brænding/sintring" teknisk kan opnås 100 % elektrificering af alle slutanvendelser, og at disse kan opnå en betydelig samlet reduktion af det endelige energiforbrug:

- For opvarmning/kogning og tørring kan det endelige energiforbrug reduceres med op mod 40%, hvilket skyldes at varmepumper kan dække en stor del af behovet og med en COP-faktor mindsker behovet for primær energi betydeligt.
- For inddampning og destillation kan det endelige energiforbrug reduceres med 80 %, hvilket skyldes at MVR-anlæg har store potentialer og meget høje effektfaktorer.

Interessant i disse opgørelser er det også at smeltning/støbning kan opnå en betydelig elektrificering og heraf reduktion i det endelige energiforbrug. Realisering af dette potentiale kan dog have væsentlige praktiske udfordringer i produktionsfaciliteterne.

I tabel 32 nedenfor er elektrificeringspotentialet for de enkelte slutanvendelser nedbrudt på teknologier, altså varmepumper, MVR, elkedler m.m. som beskrevet i afsnit 2.10.

Slutanvendelse	Nuværende energiforbrug (%)	Energiforbrug efter elektrificering fordelt på teknologier								
		VP omgivelser (%)	VP overskud (lavtemperatur) (%)	VP overskud (højtemperatur) (%)	MVR (%)	Elvarme (%)	Andet (%)	Samlet elforbrug (%)	Brændselsforbrug (%)	Samlet energiforbrug (%)
Konverterings- og nettab	100%	0%	8%	16%	0%	37%	0%	61%	0%	61%
Opvarmning/kogning	100%	0%	14%	6%	0%	41%	0%	61%	0%	61%
Tørring	100%	0%	0%	0%	11%	42%	0%	54%	1%	55%
Inddampning	100%	0%	0%	0%	19%	0%	0%	20%	0%	20%
Destillation	100%	0%	0%	0%	17%	7%	0%	25%	0%	25%
Brændingsintring	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	95%	96%
Smeltning/støbning	100%	0%	0%	5%	0%	51%	0%	56%	0%	56%
Anden procesvarme	100%	0%	21%	12%	0%	11%	0%	44%	0%	44%
Rumvarme	100%	26%	0%	0%	0%	0%	0%	26%	0%	26%
Total (TJ/år)	75645	3008	5248	3787	2609	18129	0	32782	5877	38659

Tabel 32. Elektrificeringspotentiale for slutanvendelser nedbrudt på teknologier (%)

Af denne opgørelse ses det først og fremmest:

- At almindelig varmepumper (omgivelsesvarme og "lavtemperatur") har relativt lavt anvendelsespotentiale alene indenfor "rumvarme", "Anden procesvarme" og "opvarmning/kogning" samt "konvertering og nettab"
- At højtemperaturvarmepumper og MVR rummer et vist og noget større potentiale end traditionelle varmepumper
- At størstedelen af elektrificeringspotentialet med de i dag tilgængelige teknologier vil ligge på traditionelle elvarmelegemer og elkedler

I nedenstående tabel 33 er ovenstående fordeling af elektrificeringspotentialet på teknologier vist i energimængder (TJ/år).

Slutanvendelse	Nuværende energiforbrug (TJ/år)	Energiforbrug efter elektrificering fordelt på teknologier								
		VP omgivelser (TJ/år)	VP overskud (lavtemperatur) (TJ/år)	VP overskud (højtemperatur) (TJ/år)	MVR (TJ/år)	Elvarme (TJ/år)	Andet (TJ/år)	Samlet elforbrug (TJ/år)	Brændselsforbrug (TJ/år)	Samlet energiforbrug (TJ/år)
Konverterings- og nettab	6583	0	508	1048	0	2461	0	4017	0	4017
Opvarmning/kogning	12176	0	1678	746	0	4980	0	7404	0	7404

Tørring	15697	0	0	0	1758	6660	0	8418	188	8606
Inddampning	2624	0	0	0	508	9	0	517	0	517
Destillation	1966	0	0	0	343	142	0	485	0	485
Brænding-sintring	5978	0	0	8	0	15	0	23	5689	5712
Smeltning/støbning	4482	0	0	219	0	2283	0	2502	0	2502
Anden procesvarme	14594	0	3061	1767	0	1579	0	6407	0	6407
Rumvarme	11546	3008	0	0	0	0	0	3008	0	3008
Total	75645	3008	5248	3787	2609	18129	0	32782	5877	38659

Tabel 33. Elektrificeringspotentiale for slutanvendelser fordelt på teknologier (TJ/år)

Det er en væsentlig konklusion at det endelige energiforbrug ved en fuld elektrificering pga. effektiviteten af varmepumper og MVR-anlæg vil kunne reduceres til 51%.

4.2 Elektrificeringspotentialer fordelt på brancher

I nedenstående tabel 34 er elektrificeringspotentialer beskrevet ovenfor fordelt på brancher.

Branche	Elektrificeringspotentiale	Ændring i endeligt termisk energiforbrug [%]
01 Landbrug	100%	-70%
02 Gartneri	100%	-67%
03 Maskinstationer	100%	-86%
04 Skovbrug	100%	-86%
05 Fiskeri	100%	-66%
06 Indvinding Af Grus Og Sten	68%	-34%
07 Slagterier	100%	-64%
08 Fiskeindustri	99%	-72%
09 Mejerier	100%	-60%
10 Bagerier, Brødfabrikker Mv.	100%	-30%
11 Fremstilling Af Foderblandinger	100%	-40%
12 Fremstilling Af Sukker	100%	-62%
13 Øvrige Anden Fødevarerindustri	100%	-62%
14 Drikkevarerindustri	100%	-38%
15 Tekstilindustri, Beklædningsindustri Samt Læder- Og Fodtøjsindustri	100%	-78%
16 Træindustri	100%	-73%
17 Papirindustri	100%	-76%
18 Trykkerier Mv.	100%	-85%
19 Fremstilling Af Industrigasser	100%	-86%
20 Fremstilling Af Enzymer	100%	-83%

21 Øvrige Basiskemikalier	100%	-68%
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	100%	-65%
23 Medicinalindustri	100%	-79%
24 Plast- Og Gummiindustri	100%	-68%
25 Glasindustri Og Keramisk Industri	100%	-90%
26 Fremstilling Af Cement	64%	-16%
27 Fremstilling Af Teglsten Mv.	33%	-5%
28 Fremstilling Af Asfalt Og Tagpap	100%	-37%
29 Fremstilling Af Stenuld Mv.	100%	-4%
30 Øvrig Betonindustri Og Teglværker	100%	-20%
31 Fremst. Af Metal	100%	-42%
32 Metalvareindustri	100%	-78%
33 Fremst. Af Computere Og Kommunikationsudstyr Mv., Andet Elektronisk Udstyr, Elektriske Motorer Mv. Samt Ledninger Og Kabler	100%	-88%
34 Fremst. Af Husholdningsapparater, Lamper Mv.	100%	-84%
35 Fremst. Af Motorer, Vindmøller Og Pumper	100%	-80%
36 Fremst. Af Andre Maskiner	100%	-74%
37 Fremst. Af Motorkøretøjer Og Dele Hertil Og Fremst. Af Skibe Og Andre Transportmidler	100%	-69%
38 Møbelindustri	100%	-76%
39 Fremst. Af Medicinske Instrumenter Mv.	100%	-78%
40 Legetøj Og Anden Fremstillingsvirksomhed	100%	-43%
41 Reparation Og Installation Af Maskiner Og Udstyr	100%	-81%
42 Bygge- Og Anlægsvirksomhed	100%	-83%

Tabel 34. Elektrificeringspotentiale (%) og resulterende endeligt energiforbrug fordelt på brancher

Det ses at at det kun er brancherne "cement", "tegl" og "sten og grus" som ikke kan elektrificeres fuldt ud, hvilket skyldes de høje temperaturkrav i disse brancher.

Det ses desuden at specielt fødevarer virksomheder og virksomheder med høje rumvarmebehov kan opnå en meget høj grad af elektrificering.

Nedenfor er elektrificeringspotentialet i de enkelte brancher (TJ/år) vist fordelt på type af elektrificering.

Branche	Energi-anvendelse	Elektrificering									
		VP om-givelser	VP over-skud lav	VP over-skud høj	MVR	Ei-varme	Andet	Sam-let	Brænd-selsfor-brug	Sam-let energi	Elektrifice-ringspo-tentiale
01 Landbrug	100%	1%	8%	19%	2%	0%	0%	30%	0%	30%	100%
02 Gartneri	100%	0%	2%	31%	0%	0%	0%	33%	0%	33%	100%
03 Maskinstationer	100%	12%	1%	0%	0%	0%	0%	14%	0%	14%	100%
04 Skovbrug	100%	12%	1%	0%	0%	0%	0%	14%	0%	14%	100%
05 Fiskeri	100%	0%	0%	34%	0%	0%	0%	34%	0%	34%	100%
06 Indvinding Af Grus Og Sten	100%	1%	4%	2%	5%	22%	0%	33%	32%	66%	68%
07 Slagterier	100%	3%	6%	7%	1%	28%	0%	46%	0%	46%	100%

08 Fiskeindustri	100%	3%	4%	9%	7%	5%	0%	28%	1%	28%	99%
09 Mejerier	100%	4%	4%	8%	2%	21%	0%	40%	0%	40%	100%
10 Bagerier, Brødfabrikker Mv.	100%	2%	2%	3%	1%	62%	0%	70%	0%	70%	100%
11 Fremstilling Af Foderblandinger	100%	1%	6%	7%	2%	44%	0%	60%	0%	60%	100%
12 Fremstilling Af Sukker	100%	2%	4%	6%	7%	19%	0%	38%	0%	38%	100%
13 Øvrige Anden Fødevarerindustri	100%	5%	2%	7%	4%	21%	0%	38%	0%	38%	100%
14 Drikkevarerindustri	100%	0%	9%	6%	2%	45%	0%	62%	0%	62%	100%
15 Tekstilindustri, Beklædningsindustri Samt Læder- Og Fodtøjsindustri	100%	5%	5%	8%	4%	0%	0%	22%	0%	22%	100%
16 Træindustri	100%	2%	2%	6%	11%	7%	0%	27%	0%	27%	100%
17 Papirindustri	100%	3%	0%	3%	13%	4%	0%	24%	0%	24%	100%
18 Trykkerier Mv.	100%	12%	0%	2%	1%	0%	0%	15%	0%	15%	100%
19 Fremstilling Af Industrigasser	100%	13%	0%	0%	0%	1%	0%	14%	0%	14%	100%
20 Fremstilling Af Enzymer	100%	7%	1%	3%	2%	4%	0%	17%	0%	17%	100%
21 Øvrige Basiskemikalier	100%	4%	3%	6%	6%	12%	0%	32%	0%	32%	100%
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	100%	2%	3%	6%	9%	15%	0%	35%	0%	35%	100%
23 Medicinalindustri	100%	8%	2%	3%	5%	3%	0%	21%	0%	21%	100%
24 Plast- Og Gummiindustri	100%	7%	0%	12%	0%	13%	0%	32%	0%	32%	100%
25 Glasindustri Og Keramisk Industri	100%	2%	0%	5%	0%	3%	0%	10%	0%	10%	100%
26 Fremstilling Af Cement	100%	0%	0%	4%	2%	42%	0%	48%	36%	84%	64%
27 Fremstilling Af Teglsten Mv.	100%	0%	0%	1%	0%	26%	0%	28%	67%	95%	33%
28 Fremstilling Af Asfalt Og Tagpap	100%	1%	0%	0%	8%	54%	0%	63%	0%	63%	100%
29 Fremstilling Af Stenuld Mv.	100%	1%	0%	0%	0%	96%	0%	96%	0%	96%	100%
30 Øvrig Betonindustri Og Teglværker	100%	3%	0%	2%	0%	75%	0%	80%	0%	80%	100%
31 Fremst. Af Metal	100%	2%	0%	38%	0%	18%	0%	58%	0%	58%	100%
32 Metalvarerindustri	100%	8%	0%	3%	0%	11%	0%	22%	0%	22%	100%
33 Fremst. Af Computere Og Kommunikationsudstyr Mv., Andet Elektronisk Udstyr, Elektriske Motorer Mv. Samt Ledninger Og Kabler	100%	12%	0%	0%	0%	0%	0%	12%	0%	12%	100%
34 Fremst. Af Husholdningsapparater, Lamper Mv.	100%	9%	0%	0%	0%	7%	0%	16%	0%	16%	100%
35 Fremst. Af Motorer, Vindmøller Og Pumper	100%	11%	0%	3%	0%	5%	0%	20%	0%	20%	100%
36 Fremst. Af Andre Maskiner	100%	11%	0%	1%	0%	14%	0%	26%	0%	26%	100%
37 Fremst. Af Motorkøretøjer Og Dele Hertil Og Fremst. Af Skibe Og Andre Transportmidler	100%	10%	0%	0%	0%	20%	0%	31%	0%	31%	100%
38 Møbelindustri	100%	9%	0%	0%	3%	11%	0%	24%	0%	24%	100%
39 Fremst. Af Medicinske Instrumenter Mv.	100%	11%	0%	6%	0%	6%	0%	22%	0%	22%	100%
40 Legetøj Og Anden Fremstillingsvirksomhed	100%	6%	0%	0%	0%	51%	0%	57%	0%	57%	100%
41 Reparation Og Installation Af Maskiner Og Udstyr	100%	12%	0%	0%	0%	7%	0%	19%	0%	19%	100%
42 Bygge- Og Anlægsvirksomhed	100%	6%	0%	1%	10%	0%	0%	17%	0%	17%	100%

Tabel 35. Elektrificeringspotentiale (%) i brancher fordelt på teknologier

4.3 Elektrificeringspotentialer fordelt på kvote-/ikke-kvote-virksomheder

Elektrificeringspotentialer afhænger i høj grad af de aktuelle slutanvendelser, som varierer meget mellem brancher. Elektrificeringspotentialer er lavt for brancher, der kræver direkte brænding for at opnå høje temperaturer eller direkte flamme som kalcinerings ved cementproduktion og brænding af tegl. Potentialer er til gengæld højt i de fleste andre brancher.

Teknologisk er det muligt at elektrificere med direkte elvarme i mange brancher, både kvote- og ikkekvote-virksomheder på tværs af mange slutanvendelser, hvis det ikke er muligt at bruge varmepumper eller MVR.

4.4 Fremskrivning af elektrificeringspotentialer til 2050

Nedenfor er elektrificeringspotentialer i 2050 opgjort med udgangspunkt i de udviklingspotentialer som er beskrevet i afsnit 2.10.1 ovenfor.

Slutanvendelse	Elektrificering								Brændsel (TJ/år)	Samlet energi (TJ/år)
	Endeligt Energiforbrug (TJ/år)	VP omgivel- ser (TJ/år)	VP over- skud (lav) (TJ/år)	VP overskud (høj) (TJ/år)	MVR (TJ/år)	Elvarme (TJ/år)	Andet (TJ/år)	Samlet (TJ/år)		
Konverterings- og nettab	100%	0%	7%	39%	0%	0%	0%	46%	0%	46%
Opvarmning/kogning	100%	0%	12%	6%	0%	39%	0%	58%	0%	58%
Tørring	100%	0%	0%	0%	17%	4%	0%	21%	0%	21%
Inddampning	100%	0%	0%	0%	17%	0%	0%	17%	0%	17%
Destillation	100%	0%	0%	0%	16%	0%	0%	16%	0%	16%
Brænding-sintring	100%	0%	0%	0%	0%	10%	32%	42%	34%	75%
Smeltning/støbning	100%	0%	0%	4%	0%	51%	0%	55%	0%	55%
Anden procesvarme	100%	0%	18%	16%	0%	0%	0%	34%	0%	34%
Rumvarme	100%	23%	0%	0%	0%	0%	0%	23%	0%	23%

Tabel 36. Elektrificeringspotentialer for slutanvendelser

Det ses overordnet, at de endelige energiforbrug reduceres for de fleste slutanvendelser, hvilket skyldes, at det er forventet at COP-værdien for alle typer af varmepumper er forøget.

Det ses desuden, at specielt det endelige energiforbrug til "tørring" er reduceret drastisk, hvilket skyldes at MVR-anlæg forventes at få stor betydning dér med relativt lavt merforbrug af energi.

4.5 Tre cases med elektrificering

Der er i regi af Dansk Industri og Industriens Fond m.fl. gennemført et stort antal cases i løbet af 2020-2022 vedr. elektrificering af fødevarerindustrien³, hvilket har angået flere af de slutanvendelser om også er behandlet i nærværende projekt.

³ <https://eliindustrien.dk/>

4.5.1 Varmepumpe til procesvarmeformål (spraytørring)

Denne case består i at integrere en traditionel ammoniakvarmepumpe i forvarmning af den luft, som tilføres et spraytørringsanlæg, og som efterfølgende opvarmes yderligere til sluttemperaturen vha. damp (lavet på naturgas), se en mere detaljeret beskrivelse i referencematerialet⁴.

Ved at integrere en varmepumpe i denne energiforsyning kan en del af dampforbruget (naturgas) elimineres – i den konkrete case ca. 21%, således at projektets hovednøgletal er som gengivet i nedenstående tabel.

Branche	9. Mejerier
Procesanlæg	Spraytørringsanlæg
Energiforbrug (naturgas)	69.120 GJ/år
Løsning	Ammoniakvarmepumpe til forvarmning
Reduktion af gasforbrug	14.400 GJ/år (21%) - ikke indregnet stigning i elforbrug
Investering	4.800.000 kr.
Tilbagebetalingstid	4,4 år
Levetid af besparelse	15 år
Omkostningseffektivitet	333,33 kr./GJ/år (ikke indregnet stigning i elforbrug)

Tabel 37. Nøgletal for installation af traditionelt ammoniakvarmepumpeanlæg ved delvis elektrificering af tørreproces.

Elforbruget til varmepumpen vil udgøre 0,77 mio. kWh/år eller svarende til 2.772 GJ/år. Der opnås således en ret betydelig, overordnet energieffektivisering ved at elektrificere.

4.5.2 Elektrificering af bageovn

Denne case består i at udskifte en ældre naturgasfyret bageovn med en moderne elovn, se en mere detaljeret beskrivelse i referencematerialet⁵. Ved at vælge en elovn kan naturgasforbruget udfases 100%, således at projektets hovednøgletal er som gengivet i nedenstående tabel.

Branche	10. Bagerier, brødfabrikker m.m.
Procesanlæg	Bageovn (tørring)
Energiforbrug (naturgas)	11.376 GJ/år
Løsning	MVR-inddampning
Reduktion af gasforbrug	11.376 GJ/år (100%) - ikke indregnet stigning i elforbrug
Investering	4.695.000 kr. (ekstra investering ift. gasfyret ovn)
Tilbagebetalingstid	N/A
Levetid af besparelse	15 år
Omkostningseffektivitet	412,71 kr./GJ/år (ikke indregnet stigning i elforbrug)

Tabel 38. Nøgletal ved udskiftning af naturgasfyret bageovn med en elovn

Elforbruget til bageovnen vil udgøre 1,43 mio. kWh/år eller svarende til 5.148 GJ/år – altså en halvering af forbruget sammenholdt med den naturgasfyrede oven. Der opnås således en ret betydelig energieffektivisering ved at elektrificere, hvilket skyldes at tabene ved forbrænding og bortledning af røggas elimineres.

⁴ <https://eliindustrien.dk/cases/arla-foods-ingredients/>

⁵ <https://eliindustrien.dk/cases/schulstad/>

Samlet set kan udskiftningen ikke betale sig alene set med energieffekviseringsøjne, men i en situation, hvor en ældre naturgasfyret ovn skal udskiftes med en moderne ovn vil ekstrainvesteringen til en elovn (ca. 2,6 mio. kr.) være tjent hjem på ca. 10 år.

4.5.3 Inddamperanlæg med MVR

Denne case består i at udskifte et traditionelt termisk inddamperanlæg med MVR-inddampning, altså en proces, hvor inddampningen drives af en højtryksblæser/kompressor, se en mere detaljeret beskrivelse i referencematerialet⁶.

Ved udskiftningen opnås en udfasning af naturgasforbruget til fordel for et mindre elforbrug til kompressoren, således at projektets hovednøgletal er som gengivet i nedenstående tabel.

Branche	22. Fremst. af maling og sæbe mv.
Procesanlæg	Inddamperanlæg
Energiforbrug (naturgas)	64.800 GJ/år
Løsning	MVR-inddampning
Reduktion af gasforbrug	64.800 GJ/år (100%) - ikke indregnet stigning i elforbrug
Investering	35.000.000 kr.
Tilbagebetalingstid	6,2 år
Levetid af besparelse	15 år
Omkostningseffektivitet	540 kr./GJ/år (ikke indregnet stigning i elforbrug)

Tabel 39. Nøgletal ved udskiftning af termisk inddamperanlæg med et MVR-inddamperanlæg.

Elforbruget til at drive inddamperens kompressor vil udgøre ca. 1 mio. kWh/år eller svarende til 3.600 GJ/år. Tilbagebetalingstiden er indregnet sparede kvoter til naturgasforbruget, da virksomheden som har inddamperen, er en kvotevirksomhed.

Det er muligt at gennemføre en del af projektet ved ombygning af den eksisterende inddamper, hvilket vil have noget kortere tilbagebetalingstid end angivet i tabellen ovenfor.

4.6 De-centrale vs. tværgående elektrificeringsløsninger

I visse sektorer, specielt fødevarerindustrien, er det dels muligt at elektrificere de enkelte slutanvendelser som tørring, inddampning og destillation, dels muligt at installere varmepumper i tværgående forsyningsløsninger.

Sidstnævnte kræver i dag en delvis konvertering fra dampsystemer til varmtvandssystemer, hvilket er relativt bekosteligt, men kan nå en høj dækningsgrad af virksomhedens samlede varmebehov såvel som en bred opsamling af spildvarme/overskudsvarme.

Der er en række virksomheder som arbejder med sådanne løsninger, først og fremmest Arla Foods og CP Kelco, hvor man ser elektrificeringspotentialer på op til 40 % til 50 %. Løsningerne er oftest integreret med en samtidig energieffektivisering.

I takt med at nye varmepumpeteknologier fremkommer vil der nok være en tendens til at der etableres centrale, dampproducerende varmepumper, som umiddelbart kan indpasses i eksisterende dampforsyningsnet uden at skulle foretage en dyr etablering af et varmtvandssystem.

Udfordringen ved sådanne dampproducerende varmepumper vil nok være, at det er vanskeligt at opsamle nok spildvarme, specielt ved høj temperatur, hvorfor COP kan blive lav og almindelige elkedler nok vil være billigere at anvende totaløkonomisk.

⁶ <https://eliindustrien.dk/cases/cpkelco/>

4.7 Elektrificeringspotentiale for intern transport

Elektrificeringspotentialet indenfor intern transport er opgave- og branchebestemt. Såfremt der er tale om forcerede udskiftninger, vil tilbagebetalingstiden være forholdsvis lang, hvorimod den ved naturlig udskiftning af maskiner bliver nogle få år. Sammenlagt betyder det, at elektrificering af kørsel med læssemaskiner og trucks vil kunne reducere den samlede slutanvendelse med op til 10 %.

Det vurderes, at frem mod 2050 vil langt det meste af dette potentiale være realiseret.

Landbrug

Den væsentligste udfordring for elektrificering af arbejdskørsel, er den manglende energitæthed i forhold til de forholdsvis effektkrævende opgaver der ligger i markarbejde, som er den væsentligste del af erhvervets arbejdskørsel. Læsseopgaver og lette transportopgaver henført til arbejdskørsel i erhvervet, er derimod oplagte potentialer for elektrificering. Dette især fordi der er tale om momentane opgaver, hvor der ikke er behov for maksimal effekt i lang tid ad gangen. Endvidere vil der ofte være mulighed for opladning ind i mellem opgaverne i løbet af en arbejdsdag. Til disse opgaver vurderes elektrificeringspotentialet derfor at være højt – vel op i mod 100 % frem mod 2050. Dette vil reducere energiforbruget til disse opgaver med mere end 50 %, dels fordi tabet i en eldrevet motor- og transmissionslinje er meget begrænset set i forhold til en tilsvarende dieselmotor-drevet transmission, men også fordi der i et eldrevet system ikke vil være noget tomgangstab.

Bygge- og anlæg

I bygge- og anlægssektoren ligner opgaverne meget de der i landbruget betegnes som lette transportopgaver og læsseopgaver, dog er der en større del af læsseopgaverne der er af tungere kaliber. Elektrificeringspotentialet for de lette opgaver vurderes til at være på samme niveau som landbruget ved disse opgaver.

For den del af opgaverne som kræver større effekt end dette vurderes potentialet for elektrificering at have lidt længere tidshorisont – p.t. er der meget begrænset teknologi, der er markedsmodent.

Fremstillingserhverv

I disse brancher udgør intern transport kun en lille del af det samlede energiforbrug. Forbruget omfatter primært intern transport med trucks, varebiler og læssemaskiner. Elektrificeringspotentialet for disse brancher skal derfor vurderes på samme måde som lette transportopgaver og læsseopgaver i bygge- og anlægssektoren og i landbruget, altså et stort elektrificeringspotentiale på op mod frem mod 2050.

5 Bilagsrapport B: Notater for slutanvendelser

I det følgende er vedlagt notater som beskriver energieffektiviseringspotentialer for hver af følgende 21 slutanvendelser:

1. Konverterings- og nettab
2. Opvarmning/kogning
3. Tørring
4. Inddampning
5. Destillation
6. Brænding/sintring
7. Smeltning/støbning
8. Anden procesvarme
9. Arbejds kørsel, intern transport
10. Rumvarme
11. Rumkøling
12. Belysning
13. Pumpning
14. Køl/frys (ekskl. rumkøling)
15. Rumventilation
16. Blæsere
17. Trykluft
18. Hydraulik
19. Øvrige elmotorer
20. IT og anden elektronik
21. Anden elanvendelse

Af disse slutanvendelser er 1-10 først og fremmest termiske slutanvendelser, medens 11-21 anvender elektricitet.

6 Bilagsrapport C. Elektrificeringspotentialer

Arbejdsnotat og Excel-model opstillet af DTU