

El, varme og affaldsforbrænding

-Analyse af økonomi ved import af affald i et langsigtet perspektiv

13-04-2016



Udarbejdet af:

Ea Energianalyse
Frederiksholms Kanal 4, 3. th.
1220 København K
T: 88 70 70 83
F: 33 32 16 61
E-mail: info@eaea.dk
Web: www.eaea.dk

Indhold

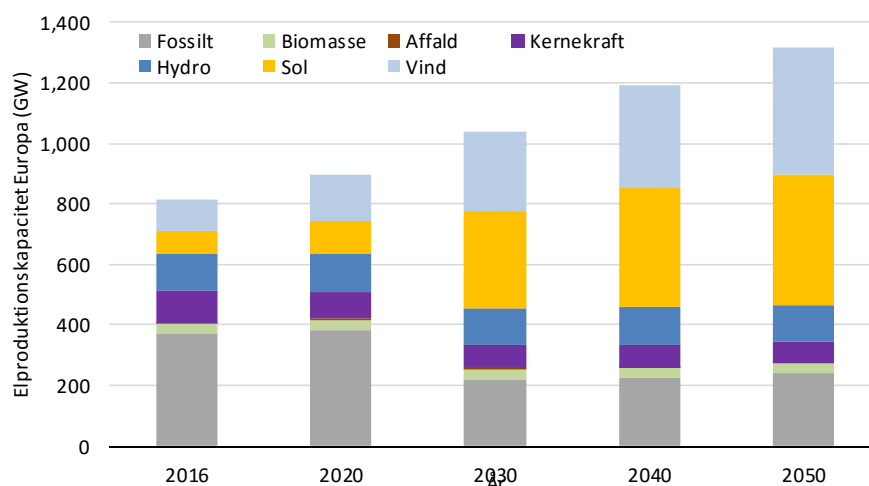
1	Resumé og konklusioner	5
2	Energisystemets udvikling.....	14
2.1	Affaldsforbrænding og fjernvarme	16
3	Rammer for affaldsforbrænding.....	18
3.1	Affaldsmængder	19
3.2	Behandling og produktion af affald	20
3.3	Lovgivning	22
3.4	Alternative teknologier til håndtering af affaldsressourcen	27
4	Det internationale affaldsmarked	30
4.1	Baggrund.....	30
4.2	EU landenes produktion og anvendelse af husholdningsaffald	32
4.3	Bud på import/eksport priser	37
4.4	Bud på import/eksport mængder.....	40
5	Modelanalyser af affaldsforbrænding	42
5.1	Analysens scenarier	43
5.2	Beregningsår	44
5.3	Modelværktøj	44
5.4	Anvendelse af Balmorel i denne analyse.....	44
5.5	Affaldstransportmodulet	46
6	Forudsætninger	48
6.1	Opdeling af den danske fjernvarme i modellen	48
6.2	Brændsels- og CO ₂ -priser.....	49
6.3	Afgifter og tilskud	50
6.4	Fjernvarmeforbrug	51
6.5	Udbygning med vedvarende energi	51
6.6	Teknologidata for eksisterende produktionsanlæg.....	52

6.7	Teknologidata for affaldsanlæg.....	52
6.8	Affalds- og biomasseressourcer	53
7	Elsystemet mod 2050.....	55
8	Scenarier for affaldsforbrænding i Danmark mod 2050.....	57
8.1	Udvikling i fjernvarmeproduktion	57
8.2	Udvikling af affaldsforbrænding.....	59
8.3	Transport af affald	62
8.4	Økonomi	65
8.5	Udvikling af CO ₂ -udledning i el- og fjernvarmesektoren	66
9	Følsomhedsanalyser	67
10	Loft på investeringer i forbrændingskapacitet	69
11	Referencer	71
	Appendiks A: Investerings- og driftsomkostninger ved affaldsforbrænding.	74
11.1	Anvendte investeringsomkostninger i analysen.....	76
11.2	Omkostninger til drift og vedligehold.....	77
11.3	Indflydelse på virkningsgraden	78

1 Resumé og konklusioner

I 2012 indgik et bredt flertal af folketingets partier den seneste af en række energiaftaler med målsætninger for energisektoren frem til 2020. Aftalen ses som et skridt på vejen, til at gøre Danmark uafhængig af fossile brændsler i 2050. Som opfølgning på energiaftalen offentliggjorde Energistyrelsen i 2014 en række analyser af udviklingen af det danske energisystem frem mod 2050.

EU's nyeste energi- og klimamål for 2030 blev fremlagt i januar 2014, bl.a. som en forberedelse til klimatopmødet i Paris. De mest fremtrædende elementer i de strategiske rammer er målet på 40% CO2 reduktion i 2030. Hertil kommer mål for energieffektivitet og VE, samt reformering af EU's emissionshandelsordning. Figur 1 viser en modelberegning af hvordan el kapaciteten i Nordeuropa kan udvikle sig i harmoni med EU kommissionens fremlagte "Energikøreplan 2050".

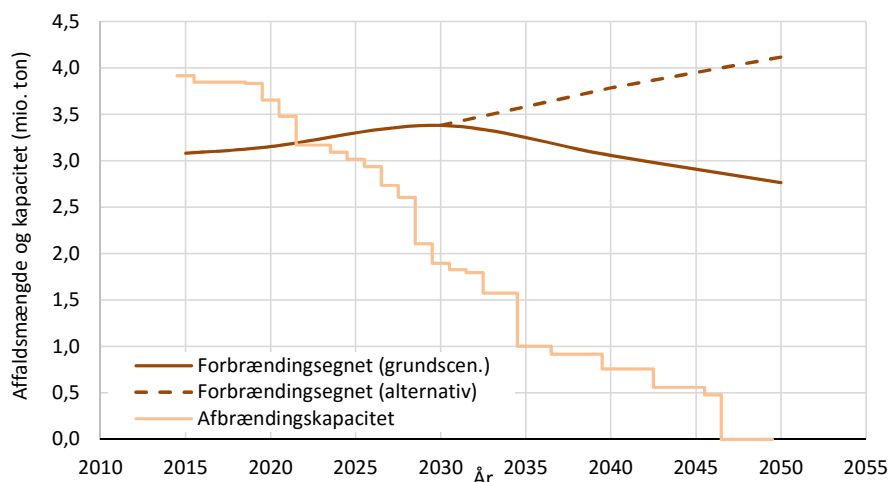


Figur 1: Fremskrivning af elproduktionskapaciteten i Nord-Vesteuropa. Fremskrivningen er udarbejdet med elmarkedsmodellen Balmorel til dette projekt.

Fjernvarme er den mest udbredte opvarmningsform i Danmark, og varmeproduktion fra affaldsforbrænding udgjorde i 2015 godt 24% af fjernvarmeproduktionen i Danmark (DAF, 2015).

Rammerne for affaldsforbrænding er under forandring, idet EU har gjort det muligt at handle en række affaldsfraktioner internationalt. I Danmark opleves der stigende udveksling af affald mellem de kommunale og fælleskommunale selskaber, og der er drøftelser om forskellige grader af liberalisering af forbrændingssektoren.

I Danmark er der i dag forbrændingskapacitet, som overstiger de nationale forbrændingsegnede affaldsmængder på ca. 3,3 mio. ton¹ (DAF, 2015). Samtidig viser seneste prognose udgivet af Miljøministeriet i 2015, at affaldsmængderne ventes at stige frem mod 2030. Figur 2 viser udvikling af nationale affaldsmængder til energiudnyttelse fra Miljøstyrelsens FRIDA fremskrivning. Ligeledes fremgår den eksisterende og forventede kapacitet til denne udnyttelse.



Figur 2: Udviklingen i den eksisterende affaldsforbrændingskapacitet i Danmark i mio. ton/år, under forudsætning af 30 års levetid. Endvidere affaldsfremskrivning til 2030 (FRIDA), samt to scenarier for udviklingen i affaldsmængder mod 2050.

Figuren viser, at der i de kommende år skal tages en række beslutninger om skrotninger, reinvesteringer og/eller nyinvesteringer i affaldsforbrændingsanlæg².

I den forbindelse er der rejst to spørgsmål som denne rapport søger at belyse:

- Hvilken rolle kan affaldsforbrænding spille i det danske energisystem frem mod 2050?
- Hvad er konsekvenserne af en målrettet importstrategi for affald til forbrænding?

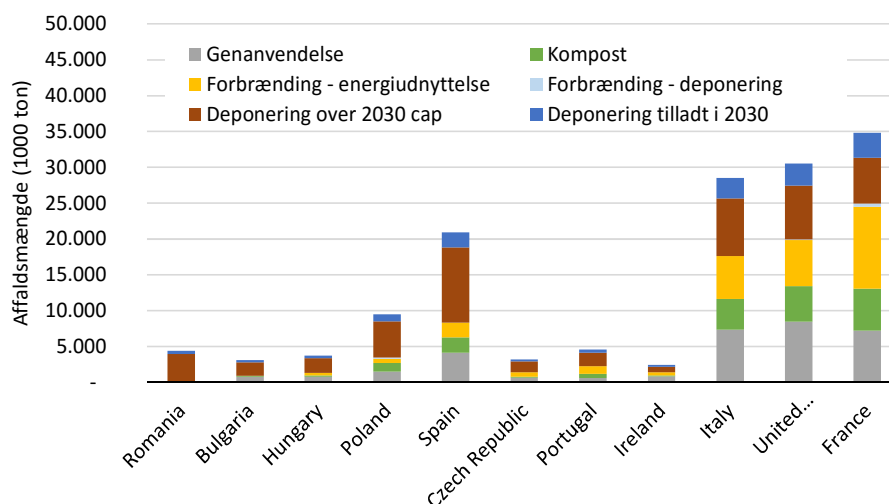
Affald internationalt

Figur 3 viser affaldshåndtering i en række udvalgte EU lande. Knap 50 mio. tons affald, der i dag sendes til deponi i de viste lande, skal i henhold til bin-

¹ Indenlandske affaldsmængderne i denne rapport tager udgangspunkt i fremskrivning af primære affaldskilder med Miljøstyrelsens FRIDA model. Da sekundære kilder ikke er medtaget, er mængden af forbrændingseget affald i udgangspunktet sandsynligvis undervurderet med ca. 0,2 mio. tons.

² Evt. andre teknologier til energiudnyttelse af affald er ikke særskilt analyseret, men indgår som følsomhed i 2050.

dende EU-mål finde anden behandlingsform senest i 2030 (rød farve i figuren). Anden behandlingsform kan bl.a. være forbrænding med energidnyttelse.



Figur 3: Behandlingsmetoder for kommunalt indsamlet affald i udvalgte EU lande i 2013 (tusind ton). (Eurostat, 2016).

På grund af geografisk nærhed til Danmark, forekommer Polen, Storbritannien og muligvis Frankrig at være de bedste kandidater til fremtidig eksport til Danmark. Storbritannien eksporterede i 2015 i alt 2,8 mio. tons forbehandlet affald til en række lande, herunder 200.000 tons til Danmark. Det vurderes at eksporten fra Storbritannien vil fortsætte i en længere årrække, samt at mængderne til Danmark kan stige, evt. til priser an forbrændingsanlæg på over 300 kr./ton.

På længere sigt er mængder og priser naturligvis mere usikre. Men ses alene på det engelske marked, viser en vurdering af omkostningerne til affaldsforbrænding i England (uden varmesalg), at et modtagegebyr i Danmark på 260-300 kr./ton er konkurrencedygtigt. Vi vurderer det sandsynligt, at eksportmængder fra Storbritannien på længere sigt vil ligge i området 0- 4 mio tons/år. Storbritannien har iværksat lukrative støtteordninger for forbrænding af biomasseaffald til varmeudnyttelse. Derfor ventes en del indenlandsk kapacitet etableret frem mod 2030.

Modelanalyser

Der er gennemført en række modelanalyser for udviklingen i el- varme og affaldsforbrænding for perioden 2015 – 2050. Scenarierne er ikke gennemført som traditionelle målscenarier, men som konsekvensscenarier med forskellige sæt af forudsætninger og rammer. Bl.a. udgør det danske afgiftssystem, til-

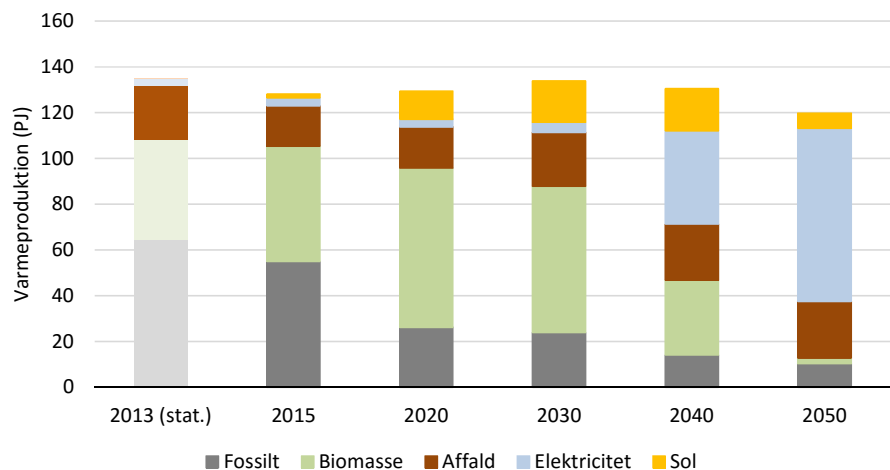
skud til vedvarende energi, mulighederne for salg af varme, priserne i elmarkedet, brændselspriser samt CO₂ kvoteprisen vigtige forudsætninger for investeringsbeslutninger i el- og varmeproduktionsanlæg i Danmark.

Vedrørende afgiftssystemet, er det i denne rapport en grundantagelse, at afgifter og tilskud over tid tilpasses, så de forvridende effekter mindskes og forsvinder. Hermed menes, at miljø- og klimabegrundede afgifter skal have en adfærdseffekt, mens provenubegrundede afgifter så vidt muligt skal være adfærdsnegle. Beregningsmæssigt er det håndteret ved, at energiafgifter er halveret i 2030, og helt bortfalder fra 2040³.

Der er således i modellen overensstemmelse mellem selskabs- og samfundsøkonomiske incitamenter fra 2040 og fremad. Analyserne er gennemført med Balmorel modellen, som her anvendes med et særligt integreret transportmodul, således at affaldstransportomkostninger indgår i optimeringen når der træffes beslutninger om nye affaldsforbrændingsanlæg.

Affaldsimport, fire scenarier

Det antages, at affald der evt. importeres til Danmark har et CO₂-indhold på ca. 38 kg/GJ. Der er analyseret fire scenarier for udviklingen af det danske energisystem frem mod 2050. Et grundscenarie uden mulighed for affaldsimport samt tre scenarier med tilladt affaldsimport, og med importpriser på henholdsvis -200, -300, og -400 kr./ton. Figur 4 viser hvordan produktion af fjernvarme i Danmark udvikler sig i scenariet uden affaldsimport. Betegnelsen "elektricitet" dækker varmepumpevarme fra forskellige varmekilder.

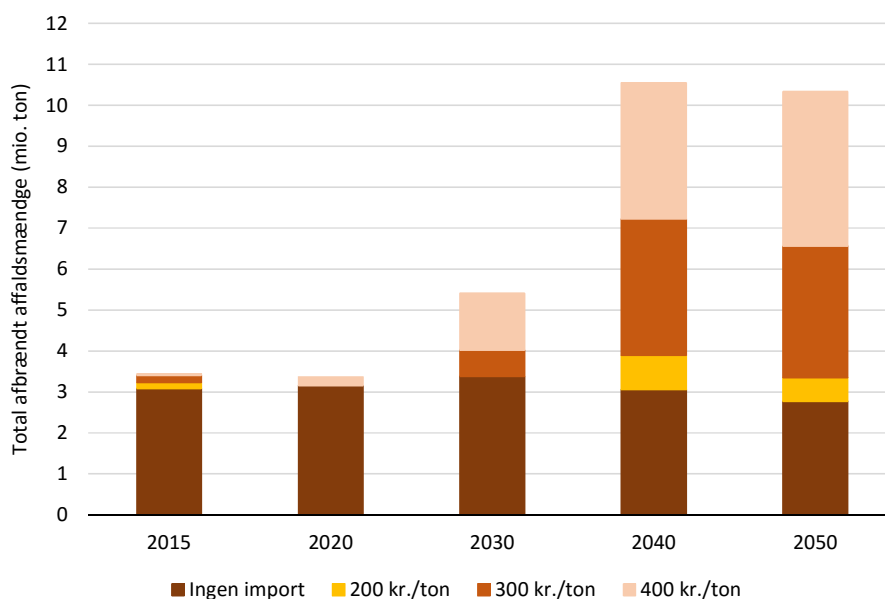


Figur 4: Udvikling af fjernvarmeproduktion i 'Ingen import' scenariet sammen med statistik for 2013 fra Energistyrelsens energistatistik 2014.

³ Det har samme effekt i modelberegningerne som indførelse af adfærdsnegle afgifter.

Efterhånden som eksisterende el- og varmekapacitet udfases, investeres der i de nye anlæg, som giver den bedste økonomi. På affaldsområdet medfører dette en betydelig centralisering, idet der her er en væsentlig skalafordel ved større anlæg.

I de scenarier hvor der tillades affaldsimport, øger modellen investeringerne i affaldsforbrænding, når disse investeringer er bedre end det bedste alternativ. Dog kun i de byer hvor der allerede i dag indgår affaldsvarme i varmforsyningen. Bortkøling af affaldsvarme tillades ikke.

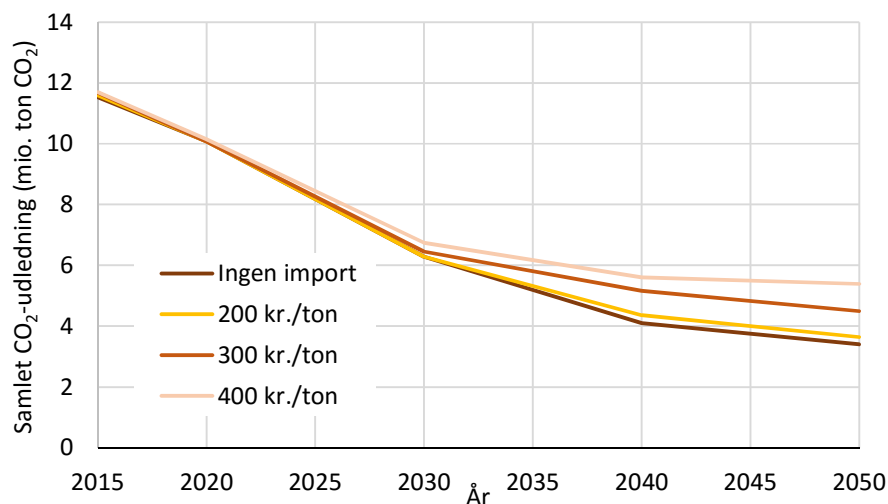


Figur 5: Udvikling i anvendelse af affald i scenarierne.

Figur 5 viser, at med 400 kr./ton affald af dansk havn, er konsekvensen af den økonomiske optimering at der i Danmark fra 2040 blive behandlet ca. 3,5 gange den indenlandske forbrændingsegne affaldsmængde. Da der ikke tillades bortkøling af affaldsvarme, investeres samtidig i store sæsonvarmelagre. 400 kr./ton er altså et tilstrækkeligt højt modtagegebyr til at trække investeringer i både forbrændingsanlæg og varmelagring.

Udvikling i CO₂ emissioner

Scenarierne viser, at med de forudsætninger og rammer der er valgt, falder den samlede CO₂-udledning for el- og fjernvarmesektoren fra knap 12 mio. tons i 2015 til 2,7 mio. tons i 2050 i grundscenariet. I 2050 skyldes CO₂ emissionen primært afbrænding af naturgas og affald. Ved import af affald øges CO₂ emissionen betydeligt, såfremt der ikke gøres en særlig indsats for at reducere fossilt kulstof i affaldet.



Figur 6: Udvikling i CO₂-udledning i el- og fjernvarmesektoren i de fire scenarier.

Økonomi

Affaldstransport indgår i den samlede optimering af investeringer og drift, og omkostningerne til indenlandsk transport ligger i alle årene og i alle fire scenarier mellem 150 mio. kr./år og 220 mio. kr./år. Importeret affald tilføres altså især anlæg der etableres tæt ved importhavne, når dette er muligt.

Tabel 1 og Tabel 2 viser henholdsvis den selskabsøkonomiske og den samfundsøkonomiske gevinst ved de tre importsценарier sammenlignet med grundscenariet. I årene 2015, 2020 og delvist i 2030 indgår afgifter med en forvridende effekt, hvorfor der er stor forskel mellem selskabs- og samfundsøkonomi i disse år. I 2015 er der kun tale om import til anlæg der var i drift i 2015.

(mio. kr.)	2015	2020	2030	2040	2050
200 kr./ton	6	0	0	2	-3
300 kr./ton	48	0	6	166	-37
400 kr./ton	87	3	146	773	291

Tabel 1: Udvikling i selskabsøkonomi i el- og varmesektoren fra 2015 til 2050 i forhold til scenariet med ingen import.

(mio. kr.)	2015	2020	2030	2040	2050
200 kr./ton	89	0	0	15	-5
300 kr./ton	241	0	112	202	-43
400 kr./ton	308	97	467	842	286

Tabel 2: Udvikling i samfundsøkonomi i el- og varmesektoren fra 2015 til 2050 i forhold til scenariet med ingen import.

Det kan udledes af tabellerne, at øget affaldsimport i 2015 vil give anledning til et betydeligt provenu til staten (størstedelen af forskellen mellem samfunds- og selskabsøkonomi), da en del af den øgede affaldsvarme fortrænger afgiftsfri VE-varme.

Følsomhed: Loft for investeringer

Investeringer i forbrændingskapacitet til håndtering af mere end tre gange de danske affaldsmængder, i tiltro til vedvarende høje affaldspriser, er nok ikke et realistisk scenarie. Derfor er der udarbejdet et særligt scenarie, hvor der ved kapacitetstilpasning sigtes mod en konstant overkapacitet i affaldsforbrænding på 15%. Tabel 3 viser de samfundsøkonomiske gevinster ved en sådan investeringsstrategi, sammenlignet med grundscenariet. Selskabsøkonomisk er der dog et tab de første år, som følge af øgede afgiftsbetalinger. Her er det vigtigt at notere, at det ikke er analyseret hvordan gevinster og tab fordeles mellem de forskellige aktører (affaldsleverandører, varmeproducenter, varmemeforbrugere).

(mio. kr.)	2015	2020	2030	2040	2050
200 kr./ton	89	85	106	126	-15
300 kr./ton	241	142	154	172	22
400 kr./ton	308	177	203	215	59

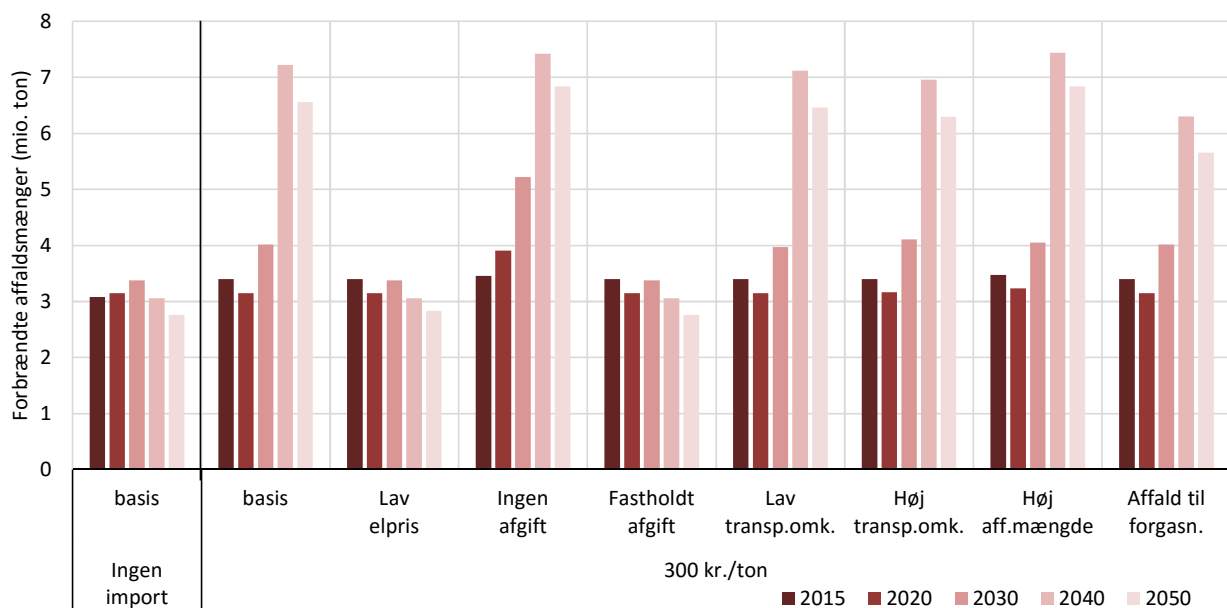
Tabel 3: Udvikling i samfundsøkonomi i el- og varmesektoren fra 2015 til 2050 i forhold til scenariet med ingen import når der kun må etableres 15% overkapacitet af forbrændingsanlæg.

Resultaterne indikerer, at det er en samfundsøkonomisk robust strategi at kapacitetstilpasse affaldsforbrænding i Danmark til en begrænset overkapacitet.

Øvrige følsomheder

Med udgangspunkt i et af importscenarierne (300 kr./ton affald) er der beregnet en række følsomheder. Det ses heraf, at resultaterne især er følsomme over for elprisudviklingen og over for afgiftsregimet. Vi anser det dog som et ekstremt scenarie, at elpriserne vedvarende har det meget lave niveau som er oplevet i Norden i 2015.

I følsomheden "Affald til forgasning" antages det, at en væsentlig del af affaldet anvendes til produktion af biobrændstoffer med varmelevering til de store fjernvarmebyer.



Figur 7: Total mængde afbrændt affald i el- og fjernvarmesektoren i mio. ton. for scenariet uden import og scenariet med en import modtagerpris på 300 kr./ton og følsomheder på det sidstnævnte scenarie.

Konklusioner

En konklusion fra analyserne er, at den rolle som affaldsforbrænding har i den danske varmeforsyning i dag, kan fortsætte frem mod 2050. Dog vil der sandsynligvis ske en strukturændring, så nye forbrændingsanlæg især placeres ved de større byer, og at varmeforsyningen i de mindre byer i højere grad baseres på biomasse og solvarme i en overgangsperiode, og herefter især på varmepumper. Afgifter har stor indflydelse på denne udvikling.

Det er sandsynligt, at der vedvarende vil være importmuligheder for forbrændingsegnet affald til Danmark til priser omkring 300 kr./ton. Danmark, Sverige og andre lande har en komparativ fordel ved håndtering af dette affald på grund af den udbredte fjernvarmeforsyning.

Det er endog meget sandsynligt, at der vil være en samfundsøkonomisk gevinst på ca. 150 mio. kr./år ved at vedligeholde en dansk overkapacitet på ca. 15%, sammenlignet med en kapacitetstilpasning der præcist svarer til den danske affaldsprogno. Hertil kommer yderligere gevinster såfremt prognosen viser sig fejlagtig. Dette er ikke analyseret.

De affaldsfyrede kraftvarmeverker vil i stigende grad konkurrere på varmemarkederne med afgiftsfri varmeforsyning. Dette påvirker selskabsøkonomien i affaldsforbrænding negativt.

Denne rapport's resultater bygger på en række forudsætninger, herunder at CO₂-kvotemarkedet i stigende grad bliver styrende for investeringer i el- og varmesektoren i Europa. Endvidere antages det, at VE-tilskud over tid harmoniseres på et lavere niveau end i dag. Disse to elementer har betydning for elproduktionen internationalt og for elprisen i Danmark.

Med de rammer og brændselspriser der indgår, bliver el- og varmforsyningen ikke uafhængig af fossile brændsler i 2050. Det fossile indhold i affald er kun en del af årsagen hertil.

2 Energisystemets udvikling

1970'ernes oliekrise, håndteringen af de globale klimaudfordringer, men også liberaliseringen af elsektoren, har haft betydelig indflydelse på udviklingen af det danske energisystem. Energiforsyningsens afhængighed af fossile brændsler (olie og kul) er faldet markant og systemet er udbygget med øget energieffektivitet og vedvarende energi (VE).

Efter oliekrise kom der fokus på effektivisering og diversificering i energisektoren. De danske kraftværker blev omstillet til kraftvarmedrift, og olie blev udskiftet med kul - og igen i de seneste år med biomasse. Det decentrale kraftvarmeprogram blev udbygget, og naturgassen fik prioritet i varmeplanlægningen. Endelig blev Danmark op igennem 1980'erne eksportør af både olie og gas.

Liberaliseringen af elsektoren fundamentalt ændret rammerne for el- og varmeproducenterne. I dag er Danmark en integreret del af et internationalt elmarked, hvor elproduktion fra vind, sol og biomasse spiller en betydelig rolle.

Klimadagsordenen i Danmark og EU

Efter Kyotoprotokollen blev vedtaget i 1998, fik ønsket om at reducere CO₂ i Danmark og de øvrige EU lande en betydelig indflydelse på energisystemets udvikling.

I 2012 indgik et bredt flertal af folketingets partier den seneste af en række energiaftaler med målsætninger for energisektoren frem til 2020. Aftalen ses som et skridt på vejen til at gøre Danmark uafhængig af fossile brændsler i 2050. Aftalen skal bl.a. sikre:

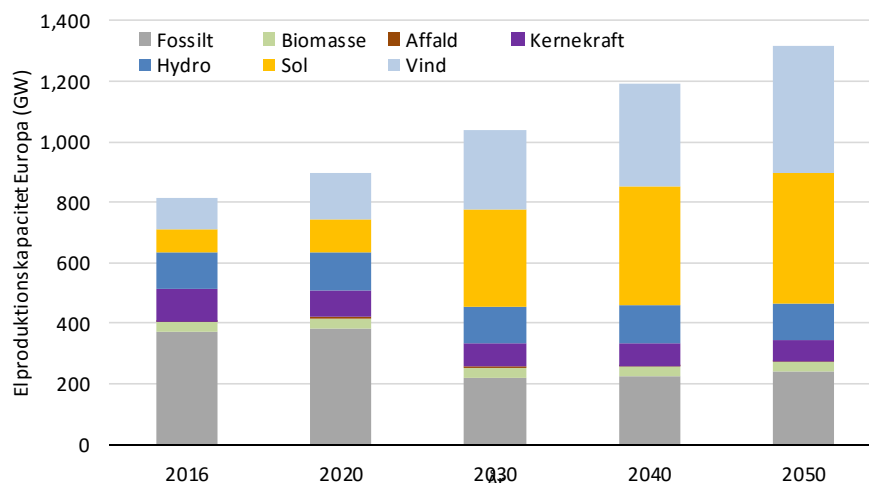
- 12 % reduktion af bruttoenergiforbruget i 2020 i forhold til 2006
- Ca. 35 % vedvarende energi i 2020
- Ca. 50 % vind i det danske elforbrug i 2020

Den Europæiske Union (EU) har fremsat adskillige ambitiøse målsætninger og strategier på energi- og klimaområdet i kampen mod klimaforandringer, med overordnet fokus på drivhusgasudledning, vedvarende energi (VE) og energieffektivisering.

EU som lavemissionsøkonomi 2050

EU-kommissionen fremlagde i 2011 en langsigtet køreplan med ambitionen om at blive en konkurrencedygtig lavemissionsøkonomi i 2050. Målsætningen er en 80-95% reduktion i drivhusgasudledningen sammenlignet med niveauet

fra 1990. Samme år blev EU's "Energikøreplan 2050" offentliggjort, som satte fokus på energisektorens bidrag til EU's omstilling. Gennemgående er der særlig fokus på EU's forsyningsikkerhed, konkurrenceevne og en omkostningseffektiv omstilling med betydelige energibesparelser og stigning i andelen af vedvarende energikilder.



Figur 8: Fremskrivning af elproduktionskapaciteten i Europa (modelområde forklaret senere og vist i Figur 19). Fremskrivningen er udarbejdet med elmarkedsmodellen Balmorel til dette projekt.

Energiunion og 2030 målene

EU's nyeste energi- og klimamål for 2030 blev fremlagt i januar 2014, bl.a. som en forberedelse til klimatopmødet i Paris. De mest fremtrædende elementer i de strategiske rammer er målet på 40% CO₂ reduktion i 2030. Hertil kommer mål for energieffektivitet og VE, samt reformering af EU's emissions-handelsordning (EU ETS):

- Mindst 40% reduktion i udledningen af drivhusgasser i forhold til 1990
- Mindst 27% forøgelse af energieffektiviteten i forhold til udgangspunktet, som et vejledende mål på EU-niveau
- Mindst 27% vedvarende energi i 2030, som et bindende mål på EU-niveau

Historisk klimaaftale

Den 12. december 2015 vedtog 195 lande i FN en historisk klimaaftale ved COP21 i Paris, "The Paris Agreement", som bl.a. satte mål for en maksimal temperaturstigning på to grader celsius i 2100 (og opfordring til blot 1,5 grader). Med aftalen erstattes den tidligere differentiering mellem udviklingslande og industrialiserede lande med en fælles ramme, der forpligter alle lande, til at igangsætte ambitiøse nationale indsatser og samtidig stiller krav til regelmæssig rapportering om emissionsudledning, implementering og fremdrift.

2.1 Affaldsforbrænding og fjernvarme

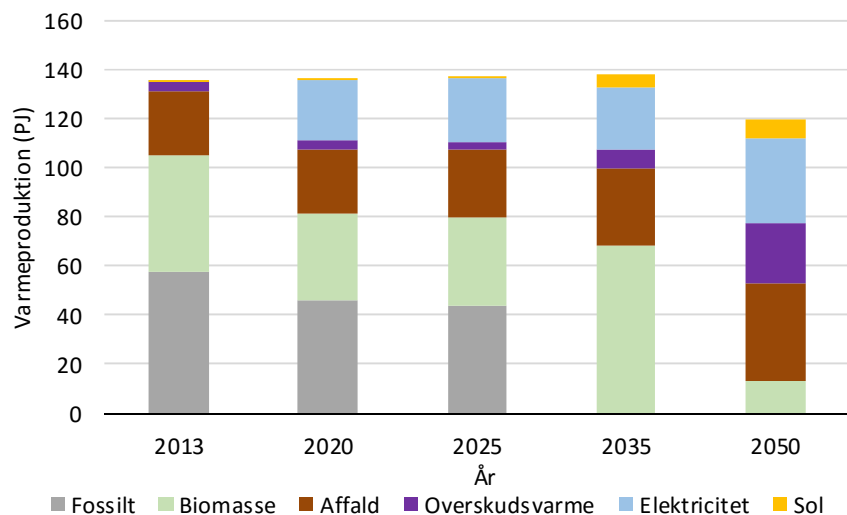
Fjernvarme er den mest udbredte opvarmningsform i Danmark, med forsyning til omkring 60% af danske husstande (Energistyrelsen, 2016). Selvom olie i vidt omfang er udfaset, er det danske fjernvarmesystem stadig i høj grad baseret på fossile brændsler som kul og naturgas. Hertil kommer forbrændingsegnet affald der udgør en væsentlig brændselsressource.

Udviklingen af fjernvarmesystemet er underlagt de rammer, der følger af dansk- og europæisk lovgivning. De økonomiske rammebetingelser styres især af brændselspriser, samt afgifter, tilskud og prisen på CO₂-kvoter.

Historisk har affaldsmængderne til forbrænding været bestemt af produktionen af affald fra de enkelte affaldsselskabers oplandskommuner. Rammerne for affaldsforbrændingsanlæggene er imidlertid under forandring, idet EU har gjort det muligt at handle en række affaldsfraktioner internationalt. Dette har også konsekvenser for Danmark, hvor der opleves stigende udveksling af affald mellem de forskellige affaldsoplade, samt import til de danske forbrændingsanlæg fra udlandet. Endvidere drøftes forskellige modeller for liberalisering af forbrændingssektoren.

Fjernvarmeanalysen

Som opfølgning på energiaftalen fra 2012, offentliggjorde Energistyrelsen i 2014 en række analyser af udviklingen af det danske energisystem frem mod 2050. Figur 9 viser scenarier for den danske fjernvarmeproduktion i energistyrelsens fjernvarmeanalyse⁴ i det samfundsøkonomiske vind-forløb, uden afgifter og tilskud (Ea Energianalyse, 2014).



Figur 9: Fjernvarmeproduktion i Danmark i det såkaldte vindscenarie. Forløbet er beregnet med samfundsøkonomiske priser (uden indflydelse af afgifter og tilskud).

⁴ Fjernvarmeanalysen blev udarbejdet af Ea Energianalyse og COWI for Energistyrelsen i 2014.

Vindforløbet er det ene af tre optimeringsforløb, og viser den samfundsøkonomiske⁵ optimale udbygning af energisystemet under antagelse af ambitiøse CO2 reduktionsmål og knappe biomasseressourcer frem mod 2050. Scenariet viser en overgang til VE- og affald i 2050. Uden incitamentstrukturen fra afgifter og tilskud, udfases kul og naturgas først i 2035, når anvendelsen af kul og naturgas i energisystemet "forbydes" i beregningerne, i overensstemmelse med den tidligere regerings målsætning. Solvarme har ikke stor betydning i scenariet.

⁵ Uden afgifter og tilskud.

3 Rammer for affaldsforbrænding

Affaldssektoren er i dag under forandring. Hvor reguleringen af affaldsforbrændingssektoren førhen i højere grad fokuserede på kapacitetssikkerhed, via bl.a. kommunal forpligtigelse til håndtering af affaldet, er der nu i højere grad fokus på at sikre udnyttelsen af ressourcerne i affaldet.

Affald bliver i dag udnyttet ved forbrænding, genanvendelse eller deponering. Affaldshierarkiet⁶ spiller en væsentlig rolle i Danmarks affaldsbehandling og i den politiske og lovgivningsmæssige prioritering. Politisk har der været et stigende fokus på at udnytte en større del af affaldsressourcen, hvilket har medvirket til et markant fald i andelen af deponeret affald siden midten af 90'erne. Danmark indførte den 1. januar 1997 et stop for deponering af forbrændingsegnet affald. Det førte til en betydelig udbygning af forbrændingskapaciteten i slutningen af 90'erne og begyndelsen af 00'erne. Målet har været at sikre maksimal energiudnyttelse og at flytte mest muligt affald over på kraftvarmeanlæg, hvor affaldets energiindhold omsættes til både el og varme.

I de senere år, har genanvendelse af affald været i fokus (Regeringen, 2013), hvilket med den nye samlede strategi for affaldsforebyggelse fra 2015 (Regeringen, 2015), er skiftet over mod affaldsforebyggende initiativer indenfor bl.a. ressourceeffektivisering og minimering af affaldsproduktionen (affaldsforebyggelse).

Sammenlignet med den indenlandske affaldsproduktion er der i dag overskydende af forbrændingskapacitet i Danmark, især i den østlige del af landet. Det skyldes dels, at affaldsmængderne til forbrænding ikke er steget så meget, som man tidligere forventede, dels at der er foretaget betydelige investeringer i ny forbrændingskapacitet i de senere år, særligt på Sjælland. Overkapaciteten udnyttes på nogle forbrændingsanlæg ved at importere affald. Da affaldsforbrændingsanlæg er meget kapitaltunge, kan der være god økonomi i at transportere affald fra lande med underskudskapacitet til lande med overskudskapacitet.

Spørgsmålet er, om affaldsforbrænding kommer til at spille en stigende eller faldende rolle i fremtiden og hvilken betydning faktorer som stigende ressour-

⁶ Affaldshierarkiet giver prioriteringen for affaldshåndtering: 1) Forberedelse med henblik på genbrug/ affaldsforebyggelse, 2) Genanvendelse. 3) Anden nyttiggørelse og 4) Bortskaffelse.

ceknaphed, faldende transportomkostninger og overskud af dansk forbrændingskapacitet på den ene side og øget genanvendelse og affaldsforebyggelse samt høje CO₂ priser på den anden, kommer til at få.

3.1 Affaldsmængder

Den samlede danske affaldsproduktion (ekskl. jord) svarende til det primært producerede affald i Danmark, blev i 2014 opgjort til ca. 12. mio. tons, hvoraf 3,27 mio. tons blev forbrændt eller midlertidigt lagret med henblik på forbrænding (DAF, 2015). Den samlede danske affaldsproduktion (ekskl. jord) er stigende, og ligeledes er mængden af affald som genanvendes, dog er andelen affaldsgenanvendelse faldende per år (se Figur 10).

Indenlandske affaldsmængderne i denne rapport tager udgangspunkt i fremskrivning af primære affaldskilder med Miljøstyrelsens FRIDA model. Da sekundære kilder ikke er medtaget, er mængden af forbrændingseget affald i udgangspunktet sandsynligvis undervurderet med ca. 0,2 mio. tons. Dette bekræftes af seneste affaldsbenchmark (BEATE). Cirka halvdelen af affald til forbrænding i 2015 kom fra kommunalt affald og den anden halvdelen var industrielt affald.

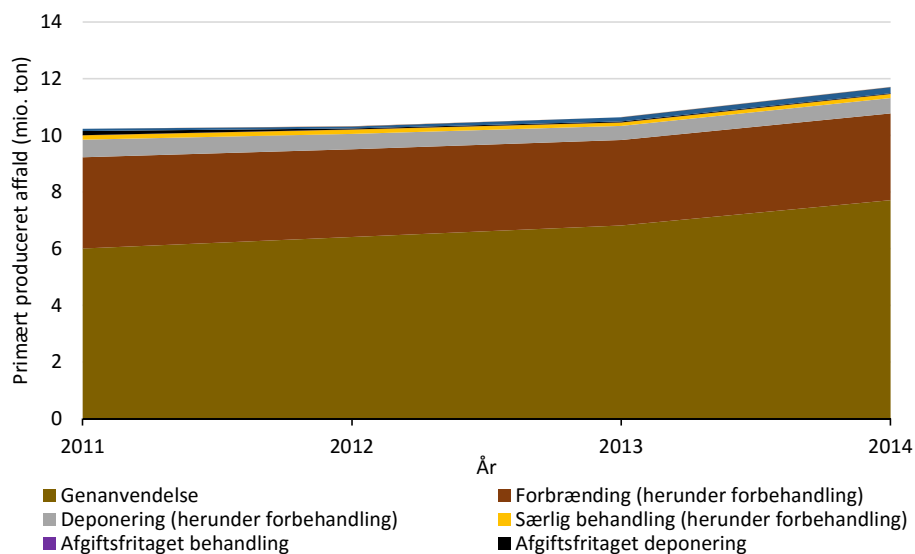
Behandlingsform	2011	2012	2013	2014
(1) Genanvendelse ⁷ (herunder forbehandling)	6,01	6,41	6,82	7,71
(2) Deponering (herunder forbehandling)	0,62	0,55	0,51	0,54
(3) Særlig behandling ⁸ (herunder forbehandling)	0,16	0,15	0,12	0,15
(4) Afgiftsfritaget behandling				
(5) Afgiftsfritaget deponering	0,15	0,04	0,04	0,03
(6) Uoplyst behandlingsform		0,02		
Sum [1;6]	6,94	7,15	7,48	8,43
(7) Forbrænding (herunder forbehandling)	3,22	3,10	3,02	3,07
(8) Midlertidig oplagring ⁹	0,09	0,06	0,14	0,20
Sum [7;8]	3,30	3,16	3,15	3,27
Total [1;8]	10,24	10,31	10,64	11,70

Tabel 4: Primært produceret affald (ekskl. jord) i Danmark opdelt på behandlingsform (mio. tons) Kilde: Miljøministeriet, [ADS Portal](#).

⁷ I det følgende skal genanvendelse forstås som indsamlet til genanvendelse. Efter sortering og oparbejdning af dette affald går en mindre del videre til forbrænding og/eller deponering, som såkaldt sekundært affald.

⁸ Særlig behandling er i bekendtgørelsen om affaldsdatasystemet (BEK nr. 1306 af 17. december 2012) defineret ved dét affald, som behandles særskilt ved en særlig behandlingsform eller ved dét affald, der forventes at blive behandlet særskilt ved en særlig behandlingsform. Særlig behandling omfatter alene farligt affald, herunder klinisk risikoaffald.

⁹ Midl. oplagring er i bekendtgørelsen om affaldsdatasystemet (BEK nr. 1306 af 17. december 2012) defineret som affald til forbrænding (herunder forbehandling), der er anvist til midlertidig oplagring. Denne behandling omfatter udelukkende affald, som på et senere tidspunkt vil blive ført til forbrænding.



Figur 10: Primært produceret affald (ekskl. jord) i Danmark opdelt på behandlingsform (mio. ton).

Af Figur 10 fremgår ikke den samlede affaldsmængde til forbrænding på danske forbrændingsanlæg, da import af udenlandske affaldsmængder ikke indgår i den primære danske affaldsproduktion (ekskl. jord). Den samlede danske mængde importerede affald til forbrænding var i 2013 og 2014 hhv. 101.000 ton og 259.000 ton ifølge Beate Benchmarking data (DAF, 2015).

I 2015 dækkede affald ca. 24 % af den samlede danske fjernvarmeproduktion og 4% af den samlede elproduktion (DAF, 2015). Dermed er affaldsforbrændingsanlæg en vigtig leverandør af varme og el i den danske energiforsyning.

3.2 Behandling og produktion af affald

Der eksisterer omfattende regler for affaldshåndtering i Danmark, både overordnet for affaldssektoren, men også særligt møntet på affaldsproducenten (husholdninger eller virksomheder), -håndtering, -behandling og -fraktioner.

Affald inddeles i 14 affaldsfraktioner, som det af forskellige årsager (miljø-mæssigt, økonomisk, ressourcemæssigt) er fordelagtigt at behandle særskilt, og grundlæggende skal alt affald i Danmark behandles via enten genanvendelse, forbrænding eller deponering.

Der skelnes mellem affald produceret af virksomheder eller husholdninger. Husholdningsaffald er kommunalt tilknyttet afhentningsordninger, hvorimod virksomhederne er forpligtede til selv at afsætte deres affald til affaldsbehandlingssystemer.

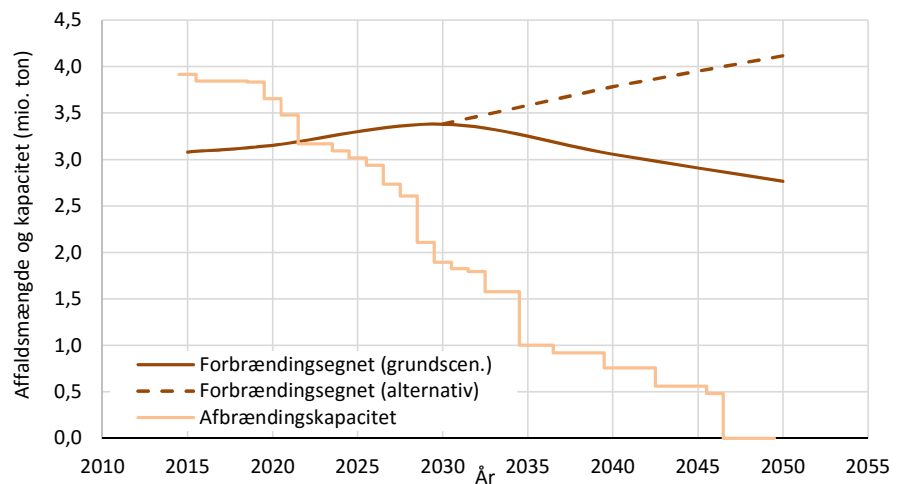
Kommunalt ansvar

Som medlem af EU er Danmark underlagt EU's Affaldsdirektiv (EU, 2008), som udstikker retningslinjer for de nationale affaldssystemer. Medlemslandene er egenrådige i den nationale organisering af affaldssystemet og i Danmark er kommunerne pålagt ansvaret for tilsynet med og håndteringen af både affaldsindsamlingen og –behandlingen. Kommunernes størrelse har haft indflydelse på organiseringen, hvor fælleskommunale affaldsselskaber står for affaldshåndteringen i størstedelen af de mindre kommuner, står de større kommuner selv for håndteringen. Selve affaldsindsamlingen er oftest udliciteret til private virksomheder (Dors, 2013).

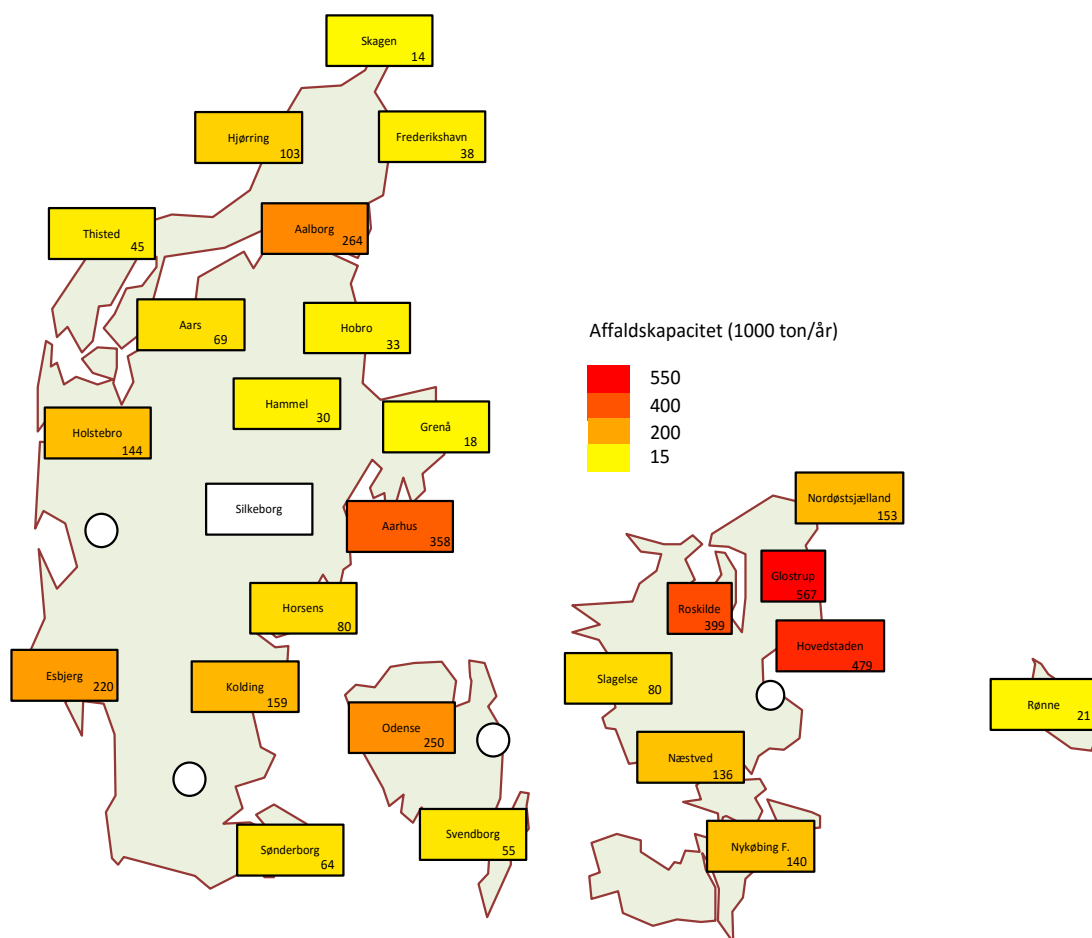
Danske affaldsforbrændingsanlæg

Danmark har en overkapacitet af forbrændingsanlæg i forhold til den nationale mængde forbrændingseget affald. Som vist i Figur 11 er de nationale mængder affald i 2015 på ca. 3 mio. ton, med en kapacitet til at afbrænde næsten 4 mio. ton.

Figuren viser også udfasningen af den allerede etablerede affaldsforbrændingskapacitet. Efter 2022 vil det være nødvendigt at etablere nye anlæg. Kortet på Figur 12 viser den eksisterende forbrændingskapacitet i 2015. Disse er den teoretiske kapacitet udregnet fra indfyret kapacitet og 8000 fuldlaststimer.



Figur 11: Udviklingen i den samlede affaldsforbrændingskapacitet i Danmark i mio. ton/år. Her vises kun eksisterende og planlagte værker. Mængderne er baseret på data fra Ressourcestrategien 2015-2030. I perioden efter 2030 er affaldsmængderne beregningsmæssigt forudsat at falde 1% årligt i grundscenariet. I et alternativt scenarie brugt som følsomhed antages der samme udvikling efter 2030 som fra 2020 til 2030.



Figur 12: Områder i Danmark som har affaldsforbrænding i 2015, samt modeloptimeret behandlet affaldsmængde på anlæggene. (modelberegninger af 2015).

Udvikling i affaldsmængderne til forbrænding vil i høj grad være afhængig af implementeringen af målsætningerne fra ressourcestrategien (Miljøstyrelsen, 2015). De viste mængder i Figur 11 er derfor baseret på fremskrivningen af affaldsmængder til forbrænding fra ressourcestrategien, hvor kommende initiativer indregnes.

3.3 Lovgivning

EU's affaldsdirektiv (2008/98/EC) fastsætter de overordnede rammer for medlemsstaternes håndtering af affald i EU, og er i Danmark udmøntet via Miljøbeskyttelsesloven (LBK nr 1317 af 19. november 2015) og affaldsbekendtgørelsen (BEK nr. 1309 af 18. december 2012).

Nyttiggørelsesanlæg

Alle nuværende danske kommunale affaldsforbrændingsanlæg er ifølge DAKOFA (DAKOFA 2015) klassificeret som nyttiggørelsesanlæg, hvilket vil sige, at anlæggene foretager nyttiggørelse af affald som brændsel eller andre midler til energifremstilling, som defineret i bilag 5B til bekendtgørelsen om affald

(BEK nr. 1309 af 18. december 2012). Et kommunalt anlæg klassificeres som nyttiggørelsesanlæg, hvis en række minimumskrav til anlæggets energieffektivitet er opfyldt. Minimumskrav til energieffektiviteten fremgår af BEK nr. 1309 af 18. december 2012 og beregnes ud fra R1-formlen i EU-kommissionens affaldsdirektiv Annex II (2008/98/EC).

Affaldsdirektivet blev den 10. juli 2015 fremlagt i revideret udgave¹⁰ (COM, 2015) efter at beregningsfaktoren (R1), som definerer anlægs energieffektivitet, var blevet kritiseret for at begunstige anlæg, som producerede både elektricitet og varme og som opererede i køligere klima. Resultatet har været, at en række anlæg som pga. varmere klimatiske forhold ikke har kunne afsætte varmen (bl.a. i Sydeuropa), er blevet defineret som bortskaffelsesanlæg og derfor ikke har haft mulighed for at importere affald fra andre EU-lande. For at opnå lige konkurrencevilkår i EU tilføjede EU-Kommissionen en klimakorrektionsfaktor til affaldsdirektivets Annex II, som kompenserer forbrændingsanlæg der rammes af lokale klimaforhold. Revisionen forventes ikke at have betydning for klassificeringen af de danske anlæg, men kan bidrage til en øget konkurrence på affaldsimportområdet, hvis antallet af importerende anlæg stiger.

Transportforordningen

Affald til nyttiggørelse (hovedsagligt genanvendelse og forbrænding) inddeles i transportforordningen i to forskellige affaldstyper: grønt og orange affald, for hvilke der gælder forskellige regler for grænseoverskridende transport.

Orange affald er omfattet af et krav om anmeldelse, og der skal foreligge skriftligt samtykke fra de kompetente myndigheder, før overførslen finder sted. Ifølge BILAG IV til transportforordningen er bl.a. husholdningsaffald kategoriseret som orange affald. Affald, der ikke er opført på nogen liste (ulistet affald), skal følge proceduren for orange affald.

I modsætning til ulistet og orangelistet affald, kan import/eksport af grønlistet affald til nyttiggørelse ske uden skriftlig samtykke og anmeldelse til Miljøstyrelsen. Dog skal det til hver en tid være muligt at spore affaldet, som derfor anføres et såkaldt ledsagerdokument (Bilag VII), som bl.a. giver oplysninger om indehaver og modtager af affaldet.

Affaldsstrategi

Regeringens politik på affaldsområdet er beskrevet i "Danmark uden affald II" fra april 2015. Strategien er den første samlede strategi for affaldsforebyggelse og er bl.a. udformet efter krav fra EU's affaldsdirektiv (2008/98/EC) om

¹⁰ 2015/1127/EC

nationale affaldsforebyggelsesplaner. Strategien er bygget op om 72 initiativer fordelt på fem indsatsområder (mindre madspild, bygge og anlæg, tøj og tekstiler, elektronik og emballage), og har overordnet fokus på at minimere produktionen af affald, undgå spild, og øge ressourceeffektiviteten blandt danske virksomheder og forbrugere. Strategien kommer i forlængelse af ressourcestrategien "Danmark uden affald" fra oktober 2013, som særligt satte fokus på genanvendelsen af affald og inddragelse af de enkelte kommuner i udarbejdelsen af lokale løsninger.

Affaldsressourcerne til forbrænding forventes ifølge regeringens ressourcestrategi at aftage frem til 2022 (Regeringen, 2015). Det skyldes primært, at en større del af det affald, der i dag forbrændes, i fremtiden skal genanvendes.

Skatter, afgifter og tilskud

Det danske afgiftssystem på energiområdet består af historiske grunde af en blanding af afgifter på udbudssiden og på efterspørgselssiden. Energiafgift, CO₂-afgifter, samt diverse tilskud og rådighedsbeløb er de vigtigste. Hertil kommer virkningerne af EU's kvotehandelssystem for CO₂.

Affald der forbrændes beskattes kvantitativt som fossile brændsler. Energiafgiften der gælder for fossile brændsler er dog på affaldsområdet opdelt i tre afgifter:

- Affaldsvarmeafgift
- Tillægsafgift
- CO₂-afgift på ikke-bionedbrydeligt affald

Afgifterne baseres på energiindhold (frem for vægt, som tidligere blev anvendt). Afgifterne betyder, at afgiftsniveauet pr. produceret enhed affaldsvarme er sammenligneligt med afgiftsniveauet for varme produceret på basis af kul, olie og naturgas. Tillægsafgiften og CO₂ afgiften betales dog typisk af affaldsproducenten, mens affaldsvarmeafgiften dækkes af varmesalget. NO_x afgift og SO₂ afgift er ofte fællesomkostninger (se Tabel 5 for afgiftsoverblik).

	Kort beskrivelse	Affald fritaget for afgift under visse forudsætninger
Affaldsvarmeafgift	Afgift på den leverede eller udnyttede varme.	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasseaffald • Kødme, benmel og fedt, som stammer fra forarbejdning af animalsk affald • Fiberfraktioner, der fremkommer efter afgangning og separering af husdyrgødning • Affald uden indhold af ikke-bionedbrydeligt affald (fx plast, mineralolieprodukter mv.) i hele selvstændige læs.
Tillægsafgift	Afgift på affaldets brændværdi, som betales, uanset om energien udnyttes eller ej (pr. GJ produceret varme).	Biomasseaffald. <ul style="list-style-type: none"> • Kødme, benmel og fedt, som stammer fra forarbejdning af animalsk affald. • Fiberfraktioner, der fremkommer efter afgangning og separering af husdyrgødning • Affald uden indhold af ikke-bionedbrydeligt affald (fx plast, mineralolieprodukter mv.) i hele selvstændige læs. • Talolie og VE-affald (fx træaffald, husdyrgødning m.m.).
CO ₂ -afgift på ikke-bionedbrydeligt affald	Afgift af mængden af CO ₂ -indholdet i affaldet.	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasseaffald. • Kødme, benmel og fedt, som stammer fra forarbejdning af animalsk affald. • Fiberfraktioner, der fremkommer efter afgangning og separering af husdyrgødning. • Talolie og VE-affald (fx træaffald, husdyrgødning m.m.). • Affald med et vægtindhold af ikke-bionedbrydeligt affald på mindre end 1 %.
NO _x afgift	Affaldsanlæg med en indfyret effekt på mere end 10 MW. Afgift af brændsler, hvor der ved forbrænding sker udledning af NO _x (NO ₂ -ækvivalenter) til luften.	

Tabel 5: Afgiftsoverblik

CO₂-kvoteordning

Affaldsforbrændingsanlæg over 20 MW indfyret effekt (med enkelte undtagelser) blev fra 2013 omfattet af CO₂-kvotesystemet, på lige fod med andre el- og varmeproducenter. Ændringen har betydet, at størstedelen af de danske affaldsforbrændingsanlæg tildeles gratis kvoter. Udledes der mere CO₂ end man har fået tildelt kvoter til, skal anlægget både købe til den del, der vedrører varmesiden (betales af affaldsvarmekunderne) såvel som til elproduktion (betales som en fælles omkostning mellem affaldsvarmekunde og affaldsproducent/leverandør).

Den fossile drivhusgasudledning stammer hovedsagligt fra plastik-fraktionen af affaldet. Denne fraktion kan enten minimeres ved for eksempel at fremme

alternativer til plastik-emballage, især miljøbelastende plasttyper, eller ved at sørge for at de fossile fraktioner bliver frasorteret til genanvendelse enten ved kilden eller ved bearbejdningen (evt. fremme typer af plast der nemt kan genbruges).

Hvile-i-sig-selv princippet

Affaldsafbrændingsanlæggene afsætter varme til fjernvarmenettet og er i dag, som en række andre forsyningsområder, underlagt hvile-i-sig-selv-princippet (varmeforsyningslovens § 20) af konkurrencemæssige hensyn, for bl.a. at beskytte forbrugerne mod monopoldannelse. Princippet indebærer, at den opkrævede betaling for ydelsen ikke må overstige de faktiske omkostninger ved produktion og levering af ydelsen. Princippet sikrer lave priser for forbrugerne, men giver på den anden side ikke et direkte incitament til omkostnings-effektivisering ved affaldsforbrændingen, da nødvendige udgifter kan indregnes i forbrugerprisen.

I december 2010 blev markedet for erhvervsaffald til eksport liberaliseret, og en tværministeriel arbejdsgruppe offentliggjorde rapporten "Forbrænding af affald - Afrapportering fra den tværministerielle arbejdsgruppe vedrørende organisering af affaldsforbrændingsområdet" (Miljøstyrelsen, 2010) om affaldssektorens fremtidige organisering. Det tværministerielle udvalg anbefalede en fremtidig regulering af affaldsforbrændingen efter principperne i et såkaldt "licitationsscenario". Scenariet tager udgangspunkt i en situation, hvor også forbrænding af husholdningsaffald liberaliseres.

Prisloftregulering

Da affaldsafbrændingsanlæggene er afskåret fra at kræve en højere pris for varme end de nødvendige varmeproduktionsomkostninger, skal der udarbejdes en omkostningsfordeling på det enkelte anlæg. Der blev i januar 2013 indført en ny prisloftregulering (BEK nr. 1213 af 17. december 2012: prisloftbekendtgørelsen) med årlig fastsættelse af prislofter og maksimalpriser for fjernvarme fra affaldsforbrændingsanlæg.

Afregningsprisen inklusive afgifter for affaldsvarme skal i henhold til prisloftbekendtgørelsen være den laveste af følgende priser:

- Den omkostningsbestemte pris (prisen fastsat i medfør af varmeforsyningslovens § 20),
- Substitutionsprisen¹¹ eller
- Det af Energitilsynet udmeldte prisloft.

¹¹ Substitutionsprisen, er egenproduktionsprisen, eller den pris, som varmeværket alternativt kan købe varmen til fra tredjemand.

Prisloftet udmeldes årligt, og fastsættes som den vægtede gennemsnitspris inklusive afgifter for opvarmet vand produceret på de centrale kraftvarme-anlæg i Danmark. For 2016 er prisloftet 75 kr./GJ.

El-tilskud

Der gives et el-tilskud på 15 øre/kWh til fremstilling af elektricitet ved afbrænding af biomasseaffald¹² på affaldsforbrændingsanlæg (Miljøministeriet, 2006). El-tilskuddet gives til miljøvenlig el-produktion (vedvarende energi). Baggrunden for el-tilskuddet er ønsket om at fremme miljøvenlige brændsler til el-produktion. Uden el-produktionstilskud er der – på grund af brændselsafgifterne – et markant incitament til alene at anvende biomasse til varmeproduktion. El-produktionstilskuddet øger incitamentet til at anvende biomasse til el-produktion (Ea Energi Analyse, 2015).

3.4 Alternative teknologier til håndtering af affaldsressourcen

I dette afsnit gives et kort overblik over relevante alternative teknologier til behandling af affald. Overblikket beskriver ikke muligheder og udfordringer ved at øge andelen der kan gå til genbrug eller genanvendelse.

Affaldsressourcer egnet til forbrænding kan indeholde både våde/organiske og tørre fraktioner. I ressourcestrategien fra oktober 2013 er der for både husholdningsaffald og erhvervsaffald en målsætning om at udnytte en større del af det organiske affald, samt pap, papir, plast, glas og metal. Genanvendelige materialer som plast, pap og træ kan udsorteres i højere grad og teknologier til biologisk nedbrydning kan benyttes som alternativ til forbrænding af den organiske del af affaldsressourcen.

Eksempel på teknologier til behandling af kildesorteret husholdningsaffald for den organiske fraktion omfatter:

Organisk fraktion:

- Bioforgasning
- Renescience
- Kompostering
- Forgasning

Bioforgasning

Som alternativ til forbrænding kan energiressourcerne fra de våde organiske affaldsfraktioner udnyttes ved bioforgasning.

¹² Biomasseaffald inddeles i 16 kategorier defineret i 'Bekendtgørelsen om biomasseaffald', bilag 1 (Miljøministeriet, 2006).

Ved biologisk forgasning omdannes en del af det organiske materiale ved en iltfri nedbrydning til biogas, som er en blanding af brændbart metan og CO₂. Biogasanlæg giver mulighed for at recirkulere næringsstofferne som gødning. Fordelene ved bioforgasning er især, at næringsstoffer (potentielt) kan tilbageføres til landbrugsjorden, samt at der produceres biogas som har højere værdi i energisystemet end fast affald. Bioforgasning kræver dog typisk et vist mål af kildesortering, og der mangler dokumentation for, at bioforgasning af husholdningsaffald er en økonomisk attraktiv teknologi. Den samlede energiudnyttelse (el plus varme) er højere ved forbrænding end ved bioforgasning af affald (Ea Energianalyse, 2015).

Renescience

Ved Renescience teknologien opvarmes affaldet til 50-60°C, og der tilsættes enzymer og vand. Herved omdannes størstedelen af det organiske materiale til en tyktflydende væske der relativt enkelt kan tilføres et biogasanlæg.

Bioteknologien er bl.a. under kommerciel udvikling af DONG Energy, som driver et projektforslag til et anlæg i England, der forventes at aftage 100.000 tons affald om året. Teknik- og Miljøforvaltningen i Københavns Kommune har fornyligt foretaget en evaluering af DONGs RENescience-teknologi på virksomhedens pilotanlæg i København (TMF, 2016). Evalueringen konkluderede, at teknologien ikke på nuværende tidspunkt kan anses som en genanvendelsesløsning for organisk affald og at den miljømæssige risiko er for høj. Biogasproduktion producerer normalt en fiberrest, som benyttes til gødning af landbrugsjord, men flere tests fandt en væsentlig risiko for overtrædelse af grænseværdier for blødgørere fra plasten i gødning, koncentrationer af tungmetaller og tjærestoffer i fiberresten fra RENescience anlægget. Endvidere forringes genanvendelsesmulighederne af den hårde plast efter behandling i anlægget pga. bl.a. lugtgener og det vurderes at den bløde plads ikke kan genanvendes men i stedet må forbrændes, medmindre det frasorteres inden (Ingeniøren, 2016).

Termisk forgasning

Termisk forgasning er betegnelsen for en familie af processer, der delvist oxiderer materialet til en såkaldt "syngas". Hertil kommer en askerest, der ofte også indeholder uomsatte rester af kulstof. Syngas indeholder hovedsagelig CO, CO₂, brint, metan og vanddamp samt kvælstof, hvis forgasningsmidlet er luft og ikke ilt eller damp. Den rensede syngas kan anvendes til produktion af el- og varme eller videreraffineres til en række kemiske produkter.

Kompostering

Affaldet nedbrydes biologisk og restproduktet (kompost) kan genavendes som jordforbedringsmiddel på landbrugsjord. Den organiske del af affaldet kan indeholde vigtige næringsstoffer som fosfor, som går tabt, når affaldet forbrændes. Energiindholdet udnyttes som hovedregel ikke.

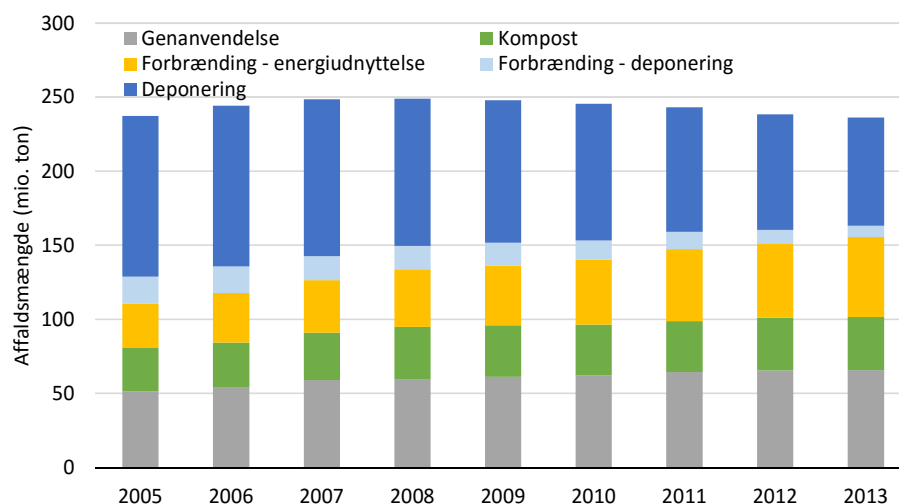
4 Det internationale affaldsmarked

Som det blev diskuteret i det foregående kapitel, og fremhævet i Figur 11 er der i dag overskud af forbrændingskapacitet i Danmark, og for at udnytte denne kapacitet har Danmark importeret affald i flere år. I hvilken grad denne tendens vil fortsætte, og hvilken pris de danske anlæg kan forvente at få, vil i høj grad afhænge af udviklingen i produktionen og udnyttelsen af affald i andre europæiske lande.

4.1 Baggrund

I 2012, producerede EU-landene omkring 2,5 milliarder ton affald. Hovedparten af dette var mineral- og faststofsaffald (ca. 71%), genanvendeligt affald (10%), husholdningsaffald (11%), mens resten omfattede dyre-, vegetabilsk-, kemisk-, medicinsk-, udstyrs- og slam affald (European Union, 2015).

Af særlig relevans for denne undersøgelse er den tredje kategori, som primært består af kommunalt indsamlet affald. Hvordan kommunalt indsamlet affald var behandlet i de EU 27 lande fra 2005-2013 fremgår af Figur 13.



Figur 13: Behandlingsmetoder for kommunalt indsamlet affald i EU 27 lande fra 2005-2013 (mio. ton per år). (Eurostat, 2016).

Figuren understreger, at de 27 EU-lande løbende har reduceret den del af husholdningsaffaldet, der går til deponering, hvor især affaldsforbrænding og i mindre omfang genanvendelse er steget i perioden. Udviklingen er i overensstemmelse med den overordnede EU affaldspolitik, som bl.a. fokuserer på omstilling efter affaldshierarkiet; forebyggelse, genbrug, genanvendelse, anvendelse i energiudnyttelse, og endelig bortskaffelse.

EU's affaldsdirektiv

Som nævnt ovenfor, fastsætter EU's affaldsdirektiv (2008/98/EC) de overordnede rammer for medlemsstaternes håndtering af affald i EU. Medlemsstaterne er i henhold til affaldsrammedirektivet forpligtet til at oprette et integreret og tilstrækkeligt net af bortskaffelsesfaciliteter, hvorved såvel EU som hver enkelt medlemsstat sættes i stand til selv at bortskaffe eget affald. Direktivet pålægger medlemsstaterne at sikre, at affald håndteres på en sådan måde, at der ikke opstår skade på mennesker eller miljøet. Direktivet forbyder ukontrolleret dumpning og deponering af affald og stiller krav om, at alle behandlingsanlæg skal godkendes, samt at der løbende skal føres tilsyn med anlæggene.

Udover at skabe fælles rammebetingelser for medlemslandene, har EU's affaldsdirektiv øget mulighederne for import og eksport af affald i EU, efter reglerne i EU's transportforordning (EF nr. 1013/2006), ved at tillade grænseoverskridende transport af ikke-blandet erhvervs- og kommunalt affald, når blot det affaldsmodtagende anlæg klassificeres som et nyttiggørelsesanlæg. Andet affald, fx blandet husholdningsaffald, kan ikke importeres/eksporteres, da det efter nærhedsprincippet hovedsageligt skal behandles/nyttiggøres tæt på kilden, altså nationalt. Affaldsdirektivet og erstatningen af den daværende forordning¹³ med transportforordningen¹⁴, udvidede markedet for forbrændingsegnet affald, ved at øge antallet af mulige affaldsmodtagende anlæg (nyttiggørelsesanlæg) og dermed konkurrencen om affaldet.

Seneste EU-lovgivning

Europa-Kommissionen har for nylig vedtaget den Cirkulære Økonomi-pakke, som omfatter reviderede lovforslag vedrørende affald, og en EU-handlingsplan for den cirkulære økonomi (Circular Economy Strategy, 2016). Disse reviderede lovforslag om affald, fastsætter klare mål for reduktion af affald og lægger en langsigtet kurs for affaldshåndtering og genanvendelse.¹⁵ Forslagene indeholder følgende centrale elementer: (Circular Economy Strategy, 2016):

- Fælles EU-mål på 65% genanvendelse af det kommunalt indsamlede affald og 75% af emballageaffald senest i 2030.

¹³ (EF) 259/93 af 1. februar 1993 om overvågning af og kontrol med overførsel af affald inden for, til og fra Det Europæiske Fællesskab.

¹⁴ (EF) 1013/2006 af 14. juni 2006 om overførsel af affald.

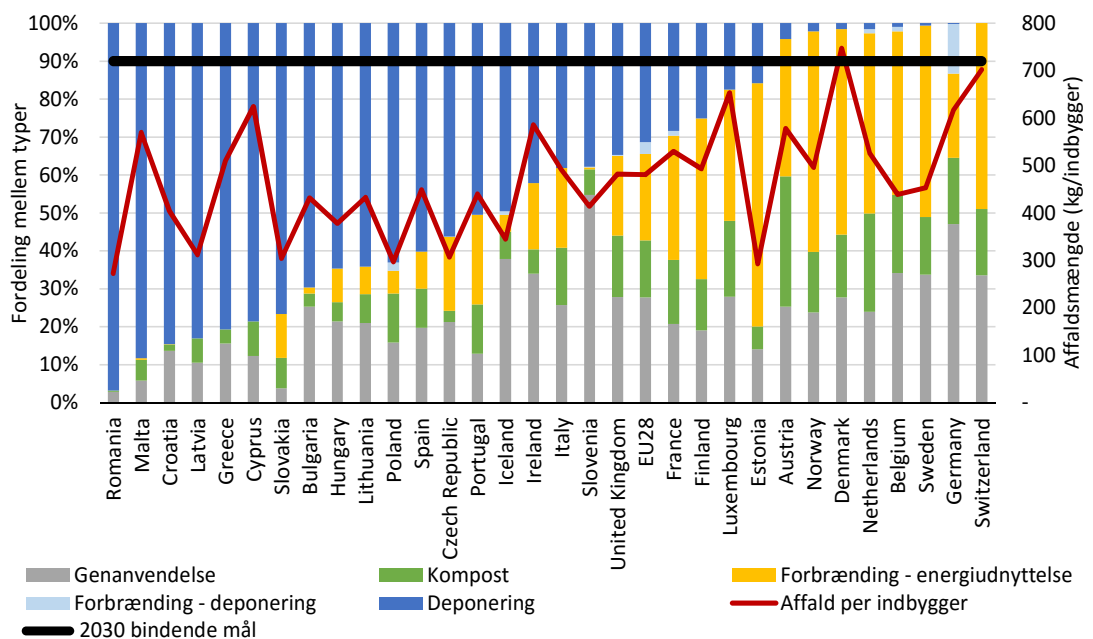
¹⁵ De vedtagne lovforslag inkluderer: Proposed Directive on Waste, Proposed Directive on Packaging Waste, Proposed Directive on Landfill, and the Proposed Directive on electrical and electronic waste, on end-of-life vehicles, and batteries and accumulators and waste batteries and accumulators. (Circular Economy Strategy, 2016).

- Et bindende mål om at reducere deponering af kommunalt indsamlet affald til højst 10 % af alt kommunalt indsamlet affald senest i 2030.
- Et forbud mod deponering af særskilt indsamlet affald og fremme af økonomiske instrumenter til at modvirke deponering og fremme genbrug.

Figur 13 illustrerede, at EU-landene i de seneste år stort set har erstattet deponering med forbrænding som behandlingsmetode for kommunalt indsamlet affald. Med et nyt bindende mål på 10% af kommunalt indsamlet affald til deponering, er det sandsynligt, at affaldsforbrændingens rolle i EU vil vokse i de kommende år.

4.2 EU landenes produktion og anvendelse af husholdningsaffald

På et aggregeret niveau, blev over 30 % af EU's kommunalt indsamlede affald deponeret i 2013. Men, som Figur 14 viser, er der stor forskel på landenes tilgang til kommunal affaldsbehandling. Generelt set, er deponering fortsat dominerende, især i de syd-og østeuropæiske lande.

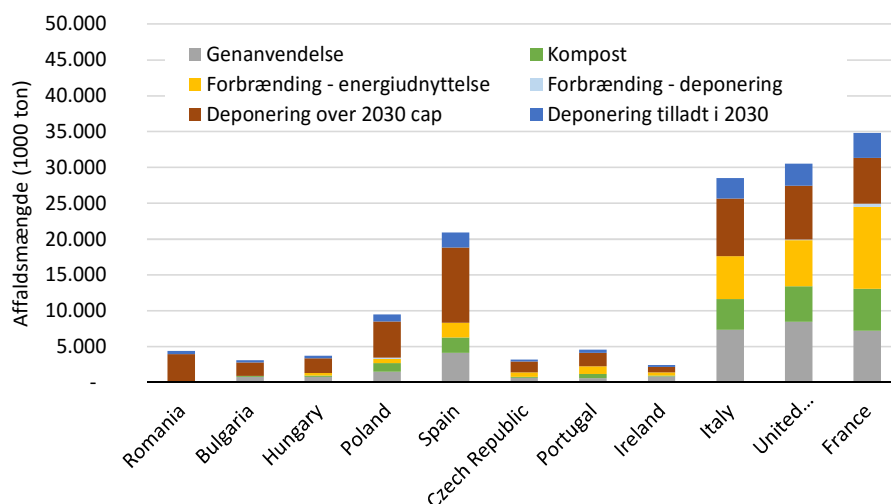


Figur 14: Behandlingsmetoder for kommunalt indsamlet affald i EU 27 lande fra 2005-2013 (venstre akse), og kommunalt indsamlet affald per indbygger (kg/indbygger) i 2013 (højre akse). Den sorte linje viser det bindende EU-mål på maksimum på 10%, der kan gå til deponering i 2030. (Eurostat, 2016).

Potentielle eksportlande

For at identificere potentielle europæiske eksportører af kommunalt indsamlet affald til Danmark, er det nødvendigt at se på tal fra de enkelte lande.

Figur 15 viser behandlingsmetoder for kommunalt indsamlet affald i udvalgte EU lande. De udeladte lande omfatter de lande, som allerede er tæt på målet for 2030 deponering, samt mindre lande. Desuden opdeles deponeringstotaler i den tilladte 2030 mængde (blå), og den deponerede 2013 mængde som skal konverteres og/eller reduceres i 2030 (rød).



Figur 15: Behandlingsmetoder for kommunalt indsamlet affald i udvalgte EU lande i 2013 (tusind ton). (Eurostat, 2016).

Figur 15 viser, at Spanien, Italien, Storbritannien, Frankrig og Polen er de udvalgte EU-lande, der i dag sender den største mængde kommunalt affald til deponering. På grund af geografisk nærhed til Danmark, forekommer Polen, Storbritannien og muligvis Frankrig at være de bedste kandidater til fremtidig eksport til Danmark.

Polen

I 2013, producerede Polen kun ca. 300 kg husholdningsaffald per person. Et tal, der forventes at stige til ca. 375 kg i 2020, mens den samlede polske mængde husholdningsaffald forventes at stige fra ca. 10 mio. tons i 2013, til 14,7 mio. tons i 2020. Med denne vækst, vil både den tilladte deponerede mængde (1 mio. tons), og den deponerede mængde over grænsen (5,0 mio. tons) være højere i 2020. På den anden side, har Polen også øget sine mål for genanvendelse og nyttiggørelse. Ved udgangen af 2019 skal kommunerne opnå genanvendelse og nyttiggørelse af 50 % af husholdningsaffald fra: papir, metal, plast og glas og affaldsstrømme, og 70 % af bygge- og anlægsaffald. Som et referencepunkt, var 2013-målene henholdsvis 12 % og 36 %. (CMS Cameron McKenna LLP, 2013).

Ifølge en rapport fra 2015 vil nye planlagte forbrændingsanlæg (11 i alt med en samlet kapacitet på 2,4 mio. tons årligt) og mekanisk-biologiske behandlingsanlæg (ca. 30 styk med en samlet kapacitet på 1,2 mio. tons årligt) give 3,6 mio. tons ekstra affaldsbehandlingskapacitet inden for de næste par år. Med den Polske regerings forbrændingsmål, vil der være brug for yderligere 4 mio. tons forbrændingskapacitet (ca. 16 anlæg med 250.000 tons kapacitet). (Switzerland Global Enterprise, 2015).

Polen vil uden tvivl stå over for en række udfordringer i forbindelse med modernisering og udvidelse af sine affaldsbehandlingsanlæg – og de heraf følgende omkostninger til forbedret infrastruktur og investeringer i anlæg vil være betydelige. Men, Den Europæiske Union har udtrykt vilje til at støtte disse investeringer betydeligt - de 11 planlagte forbrændingsanlæg vil i alt få et tilskud svarende til i gennemsnit 45% af projektets omkostninger (Switzerland Global Enterprise, 2015). Desuden har Polen vist en stigende interesse for affaldsforbrænding i varme- og kraftvarmeværker, og har en betydelig fjernvarmeefterspørgsel. Derfor konkluderer denne analyse, at det er usandsynligt, at store mængder af forbrændingseget affald vil blive eksporteret fra Polen til Danmark i løbet af en længere periode, da Polen i stedet vil fokusere på at udvide sin egen brug af denne ressource (med bistand fra EU-tilskud).

Frankrig

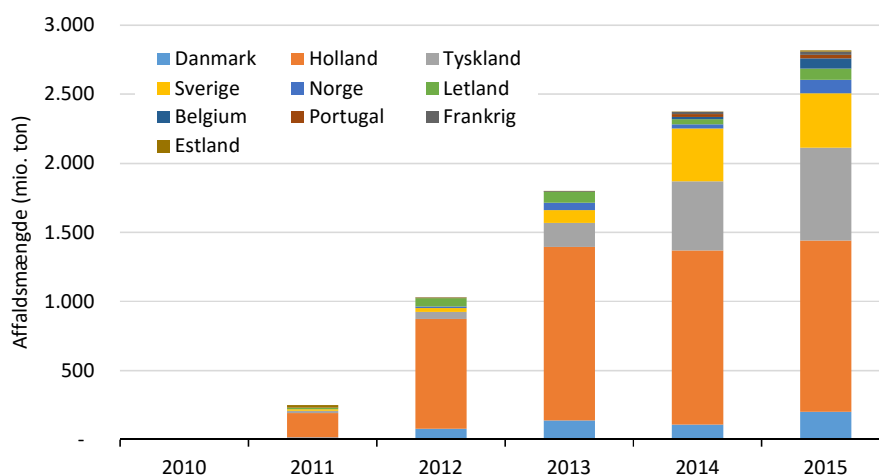
Ifølge EU's affaldsdirektiv, har Frankrig et mål for genanvendelse af husholdningsaffald på 50 % i 2020, og baseret på data fra Eurostat (se Figur 15 ovenfor), udgjorde kompost og genbrug ca. 38% af husholdningsaffaldsbehandlingen i 2013 (Gentil, 2013). Under forudsætning af, at Frankrig opfylder dette mål, vil resultatet være en stor reduktion i den mængde af husholdningsaffald, der i dag går til deponering. Desuden er Frankrigs affaldsforbrændingsanlægskapacitet den næststørste i EU og historisk set har Frankrig kun eksporteret små mængder af husholdningsaffald til nabolandene Schweiz og Marokko (Wilts & von Gries, 2014). For nylig har Frankrig importeret små mængder af RDF¹⁶ fra Storbritannien (Environment Agency, 2016). Alt i alt, forventes det ikke, at Frankrig kommer til at eksportere betydelige mængder af affald til Danmark i fremtiden.

¹⁶ Solid recovered fuel (SRF) og refuse derived fuel (RDF) er brændsler fremstillet fra bl.a. fast husholdningsaffald efter betydelig mekanisk og ofte biologisk behandling for at øge affaldets brændværdi. SRF adskiller sig fra RDF ved at skulle opfylde specifikke kriterier for den miljømæssige- og tekniske kvalitet i overensstemmelse med den europæiske standard EN 15359 (CEN, 2011), som bl.a. stiller krav til indholdet af klor og kviksølv i brændslet. SRF og RDF brændsler bruges bl.a. til energiproduktion i nogle industrielle applikationer, såsom cementovne eller i dedikerede energigenvindingsfaciliteter, såsom forgasning eller pyrolyse anlæg.

Storbritannien

I de senere år har Storbritannien set et stort fald i andelen af affald, der går til deponering. Dette har været drevet af en række politikker, men den vigtigste faktor har sandsynligvis været den stigende afgift på affald til deponering. (Department for Environment Food & Rural Affairs, 2013). I 2015 eksporterede Storbritannien omkring 2.8 mio. tons RDF/SRF til andre europæiske lande. RDF (ca. 2.7 mio. ton) blev primært eksporteret til Holland, Tyskland, Sverige, Danmark og Norge, mens SRF (ca. 100.000 tons) hovedsageligt blev sendt til Holland og Letland. (Environment Agency, 2016). Som ses i figuren nedrunder, er denne mængde af RDF of SRF vokset fra næsten 0 i 2010.

Forfatterne af en AMEC rapport fra 2013 var i kontakt med en række interessenter for at fastslå årsagen til de voksende mængder af RDF/SRF eksport. De fandt, at den primære årsag var, at eksport på det tidspunkt var den billigste affaldshåndteringsløsning. Rapporten konkluderede, at affaldsforbrændingsanlæg i det kontinentale Europa havde en komparativ fordel i forhold til eksisterende anlæg i Storbritannien, fordi de ofte var ejet og drevet af den offentlige sektor, og fordi anlæggene på kontinentet var bygget som en del af et integreret energisystem, hvor fokus er på effektive værker, der kan levere kraftvarmeproduktion. (AMEC Environment & Infrastructure UK Limited, 2013).



Figur 16: Eksport destinationer for RDF/SRF eksport fra England i 2010-2015. (Tal up til nov. 2014 inkluderer Wales) (Environment Agency, 2016)

Når man ser frem mod 2020, forventes det i AMEC-rapporten (som blev publicerede i juli, 2013) at eksporten fra Storbritannien vil fortsætte i de kommende år, mens en rapport fra Green Investment Bank understreger, at det er yderst vanskeligt at forudsige fremtidige eksportmængder (Green Investment Bank, 2014). Der anvendes dog et tal på 2,0 mio. tons i deres 2020-scenarie. Muligheden for stigende eksportmængder i de komme år (skrevet i 2013), ef-

terfuldt af et fald op til 2020 blev også nævnt. På baggrund af litteraturgen- nemgangen gennemført i denne analyse, antages det, at Storbritannien vil være en betydelig nettoeksportør af affald i de kommende år, sandsynligvis i størrelsesordenen 2,5 til 3,5 mio. tons om året. Ser man på 2020 og derefter, så bliver prognosen mere usikker, og er mellem 1,5 til 4,0 mio. tons. Baseret på vores indledende screening, forventes det, at dette tal i 2020 vil være i den højere ende af dette interval.

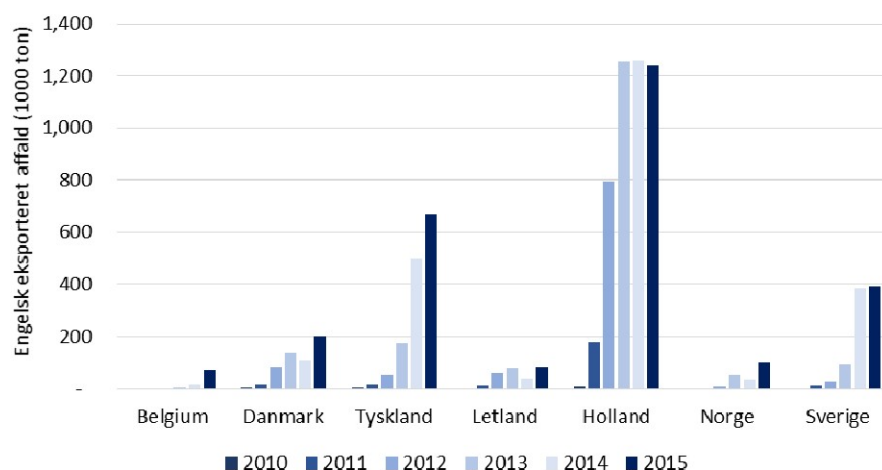
Potentielle importlande

Ifølge DAKOFA, har Danmark, Holland, Norge, Sverige og Schweiz en høj forbrændingskapacitet målt pr indbygger, og kunne derfor være gode bud på affaldsimportlande. Dertil kommer, at affaldsforbrændingskapaciteten i både Danmark og Sverige overstiger den årlige mængde husholdningsaffald, og ny forbrændingskapacitet er planlagt i begge lande. (DAKOFA, 2015).

Ud over overskydende forbrændingskapacitet, er andre vigtige faktorer fjern- varmens udbredelse og adgang til havnefaciliteter i importlandet.

Holland og Tyskland

Holland har et udbredt fjernvarmesystem, store og effektive havnefaciliteter, og ligger tæt på Storbritannien. Derfor er det ikke overraskende, at Holland allerede i dag importerer store mængder affald fra England, som vist i figuren nedenfor.



Figur 17: Eksport destinationer for RDF/SRF eksport fra England i 2010-2015. (Tal up til nov. 2014 inkluderer Wales) (European Union, 2015).

Tyskland har også en betydelig mængde af fjernvarme og gode havnefaciliteter. Desuden er Tyskland nettoeksportør af vognfragt til England, hvilket betyder, at vognmænd kan tilbyde lave priser på varer som RDF når de returnerer til Tyskland. Dette er blevet yderligere hjulpet af lavere benzinpriser, og af at

prisen på vognfragt af RDF fra England til Tyskland er faldet i de seneste år. Som et resultat af de tre ovennævnte faktorer, har Tyskland også kraftigt øget sin RDF import fra England.

Det forventes, at Holland og Tyskland vil fortsætte med at importere fra Storbritannien fremadrettet, men som Figur 17 indikerer, har importmængden til Holland være næsten den samme de sidste tre år. Faktisk er importeret RDF fra England til Holland begyndt at skubbe hollandsk affald ud af det indenlandske marked. Noget af dette affald er blevet eksporteret til Tyskland, og ifølge nogle kilder inden for affaldsbranchen, er der ikke længere meget ledig kapacitet tilbage i Holland og Tyskland (Wirsig, 2015).

Som nævnt ovenfor, er den samlede eksport fra Storbritannien fortsat vokset siden 2012, og derfor antages det, at andre aktører også vil være i stand til at øge deres import.

Danmark og Sverige

Danmark og Sverige er globale pionere i fjernvarmeanvendelse, og begge har moderne havnefaciliteter og importinfrastruktur. Importmængder af affald for begge lande har været stigende de seneste år. Ifølge den danske benchmarking af affaldsforbrændingssektorer, steg mængden af forbrændt importeret affald fra ca. 100.000 tons i 2012 til 150.000 tons i 2013, og det meste af det kom fra Storbritannien (DAKOFA, 2015). De tal stemmer meget godt med tallene i Figur 17 fra det engelsk miljøagentur, som ikke inkluderer tal fra andre mulige eksportlande til Danmark, som Skotland, Irland, Tyskland, etc.

Ifølge det engelske Miljøagenturs tal, steg eksporten til Sverige markant fra 2013 til 2014, og har været knap 400.000 tons de sidste to år.

Norge

Norge har et mindre omfattende fjernvarmenet end sine nordiske naboer og ifølge Avfall Norge, eksporterede Norge 800.000 tons husholdningsaffald til forbrænding i Sverige i 2013, og forbrændte samme år selv 1,6 mio. tons (DAKOFA, 2015).

Schweiz

Schweiz har et begrænset fjernvarmesystem og er en indlandsstat med en længere køreafstand til Storbritannien. Det antages derfor, at det ikke nævneværdigt vil kunne konkurrere om importeret affald fra Storbritannien.

4.3 Bud på import/eksport priser

Både de pågældende afsnit og afsnit 4.4 nedenfor er udelukkende baseret på RDF og SRF, og omfatter derfor ikke andre potentielle affaldsstrømme.

Kort sigt

Som det blev diskuteret ovenfor, antages Storbritannien at være den primære eksportør af affald til forbrænding i de kommende år, og Storbritanniens betalingsvillighed, vil have en betydelig effekt på de danske importpriser. Den førnævnte rapport fra Green Investment Bank fandt, at eksport af affald fra Storbritannien var kommercielt attraktiv for den britiske affaldsindustri baseret på de eksportomkostninger, der vises i figuren nedenfor.

Lowest estimated non-spot RDF export cost				
Low grade RDF export costs: from London and South East		Dutch portside	Germany inland	Sweden coastal
Wrapping/baling	CIWM report ²³	5.00	5.00	5.00
UK road transport	Estimated	5.00 – 10.00	5.00 – 10.00	5.00 – 10.00
Admin/port costs	CIWM report	5.00	5.00	5.00
Sea transport costs	CIWM report	5.00	5.00	10.00
Europe road transport	Port side location onwards	0.00	15.00	10.00
Energy from waste gate fee		45.00	35.00	30.00
Total (£ Cost/t)		65.00-70.00	70.00-75.00	65.00-70.00

Figur 18: Estimerede eksport omkostninger for affald fra Storbritannien i 2012 (Green Investment Bank, 2014).

Det fremgår af Figur 18, at Storbritannien i 2012 har eksportomkostninger i størrelsesordenen £65-70 (ca. 650-700 kr.) an havn i tredje land. Afhængigt af, om danske anlæg ligger ved en havn, eller inden for en begrænset afstand til havnen (for at konkurrere med Holland og Sverige i figuren), vil prisen modtaget an værk, variere mellem £30-40 (ca. 300-400 kr.). Fremadrettet har Storbritannien planer om at øge sin deponeringsafgift, og derfor er det muligt, at eksportprisen til affald kunne stige. På et tidspunkt vil det dog blive mere omkostningseffektivt at investere i behandling af affaldet i Storbritannien. Den nuværende analyse konkluderer derfor, at en pris mellem **350-450 kr./ton** (2015 DKK) er et rimeligt skøn frem mod **2020**.

På længere sigt

På længere sigt, dvs. 2025 og derefter (under forudsætning af, at Storbritannien er den dominerende eksportør), vil den maksimale betaling til danske affaldsanlæg, være lig med de alternative omkostninger ved bortskaffelse af affald i Storbritannien, minus udgifterne til transport af affaldet til Danmark. I vurderingen antages det, at alternativet er forbrænding på et britisk anlæg, der udelukkende producerer elektricitet. Sammenlignet med et affaldsforbrændingsanlæg i Danmark, ville et britisk anlæg typisk:

- Have højere finansieringsomkostninger, da værker i Storbritannien normalt er privatejede i modsætning til i Danmark, hvor værker ofte finansieres med kommunegaranti.

- Have lavere CAPEX og OPEX, da der ikke produceres varme
- Have en højere elektrisk virkningsgrad (igen, da der kun produceres elektricitet)
- Modtage højere elpriser (både fordi Storbritannien har højere elpriser end Danmark, og fordi værket ikke behøver at følge en varmebehovs profil).

Nedenstående ses de antagelser vi har anvendt ved beregning af nødvendigt modtagegebyr for et engelsk forbrændingsanlæg:

- Størrelse: 70 tons/time
- Forbrændt affald: 560.000 tons/år
- Investering: 2,9 milliard kr.
- Rente (WACC): 6 % realrente
- Levetid: 25 år
- Fast D&V: 120 kr./ton
- Variabel D&V: 130 kr./ton
- Elvirkningsgrad: 28 %

Andre vigtige elementer er el- og CO₂-priser i Storbritannien samt potentielle tilskud. I dag kan britiske affaldsforbrændingsanlæg der udelukkende producerer elektricitet, ikke kvalificeres til ROCs (tilskud), og denne antagelse er blevet bibeholdt fremadrettet. Britiske el- og CO₂-priser er baseret på Ea Energi-analyses beregninger ved brug af Balmorel modellen. Det er endvidere forudsat, at den ikke-vedvarende del af affaldet vil være forpligtet til at betale CO₂-afgifter.

Baseret på ovenstående antagelser, viser den nedenstående tabel udviklingen i den *gate-fee* som engelske eksportører kunne være villige til at tilbyde danske affaldsbehandlere i perioden 2025-2040.

Ser man for eksempel på 2035, er betalingsviljen pr. ton affald fra et britisk forbrændingsanlæg ca. 540 kr./ton. Fratrækkes omkostningerne på ca. 240 kr./ton til forberedelse og transport til Danmark, resulterer dette i en pris af Dansk anlæg på mellem **260-300 kr./ton**, afhængigt af om anlægget er placeret med direkte adgang til en havn, eller ca. 10-15 km væk.

		2025	2030	2035	2040
El salg	mio. kr.	157	149	139	132
Investering	mio. kr.	-226	-226	-226	-226
Fast D&V	mio. kr.	-67	-67	-67	-67
Variabel D&V	mio. kr.	-73	-73	-73	-73
CO ₂	mio. kr.	-57	-64	-74	-84
Total	mio. kr.	-267	-282	-302	-319
Pris per ton	kr./ton	477	503	539	569
Behandling + transport til DK	kr./ton	-240	-240	-240	-240
Transport fra havn til anlæg	kr./ton	-40	-40	-40	-40
Pris per ton (ab Dansk anlæg)	kr./ton	197	223	259	289

Tabel 6: Britisk betalingsvillighed baseret på beregnede alternative omkostninger ved forbrænding af affald i Storbritannien uden varmeudnyttelse.

4.4 Bud på import/eksport mængder

Bud baseret på screening

På kort sigt

Det har på ingen måde været hensigten i dette projekt at foretage en dybtgående markedsanalyse af alle de potentielle eksport/import affaldslande i 2020. Det er dog muligt at lave et foreløbigt skøn baseret på følgende forudsætninger:

- Baseret på 2015 importmængder, har Holland og Tyskland meget lidt ledig kapacitet på nuværende tidspunkt. Medmindre de investerer i ny kapacitet og/eller reducerer deres husholdningsaffald markant, vil disse to lande derfor ikke se en stor stigning i import af affald i forhold til 2015 importmængder.
- Storbritannien vil fortsætte som den primære eksportør af RDF / SRF, og det er Storbritanniens betalingsvilje, der vil bestemme prisen på udbudssiden af markedet.
- Under forudsætning af fortsat overskydende kapacitet, vil Danmark, Norge og Sverige være de lande, der importerer yderligere affald fra Storbritannien i 2020.
- Baseret på 2015 data, eksporterede England og Wales i alt over 2,8 million tons RDF / SRF, hvoraf 200.000 tons gik til Danmark.

Hvis engelsk og walisisk eksport vokser til fx 3,0 millioner tons i 2020, vil det resultere i yderligere 200.000 tons eksporteret affald (relativt til i dag), der vil gå til de mest konkurrencedygtige importører i Danmark, Sverige og Norge. Skulle den totale engelske og walisiske eksport være på 3,5 million tons, vil dette tal vokse til 700.000 tons.

Baseret på denne forenkede screening, kan Danmark se frem til en potentiel affaldsimport fra Storbritannien på mellem de nuværende 200.000 tons og op til 900.000 tons, afhængigt af danske værkers konkurrencedygtighed sammenlignet med de svenske og norske værker, samt under forudsætning af at britisk eksport af affald vokser til mellem 3,0 og 3,5 millioner tons i 2020.

På længere sigt

På længere sigt er mængden til eksport mindre sikker, da det potentielt bliver mere omkostningseffektiv for Storbritannien at investere i egen forbrændingskapacitet. Mængderne kan derfor variere fra 0 til mere end 3,5 millioner tons. Det faktiske beløb vil afhænge af elpriser og tilskudsordninger¹⁷ i Storbritannien, samt affaldsimportørernes betalingsvillighed. Hvis danske (og andre) anlæg på lang sigt er villige til at betale mindre end priserne angivet i Tabel 6, vil Storbritannien muligvis vælge at fortsætte sin eksport af affald i stedet for at udvikle mere forbrændingskapacitet.

En uddybende analyse

Den ovenstående internationale affaldsmarked analyse er baseret på en kort indledende screening med henblik på at identificere hovedaktørerne, kortlægge de sandsynlige retninger af affaldsstrømme, og estimere mulige prisintervaller for import af affald til Danmark i fremtiden. For at komme med et mere præcist skøn over fremtidige mængder og importpriser vil det være nødvendigt at foretage en mere detaljeret undersøgelse af de mest relevante aktører angivet ovenfor.

For Sverige, Tyskland, Holland, Storbritannien, og potentielt Belgien samt Norge, vil sådan en analyse omfatte:

- Planlagt / potentiel ekstra affaldsforbrændingskapacitet
- Udgifter til alternativ kraftvarmeproduktion
- Alternative omkostninger ved affaldshåndtering

Analysen vil kunne give en bedre forståelse af, hvilken lande der forventes at være aftagere af affald fra Storbritannien.

¹⁷ Storbritannien har meget lukrative nuværende støtteordninger for affaldsforbrændingens biomasseandel, som kan være med til at øge udviklingen i landets egenproduktion på sigt

5 Modelanalyser af affaldsforbrænding

For at vurdere hvilken betydning affaldsforbrænding kan have for det danske energisystem fremadrettet, er der gennemført en række modelanalyser for perioden 2015 – 2050. Der er gennemført fire udviklingsscenarier og en række følsomhedsberegninger.

Scenarierne er ikke gennemført som traditionelle målscenarier, men som konsekvensscenarier under forskellige sæt af forudsætninger. Ved *målscenarier* opstilles bestemte energipolitiske målsætninger som ønskes opnået i fx 2030 og 2050, og så analyseres forskellige veje til at nå sådanne mål. Eksempelvis er rapporten *Energiscenarier frem mod 2020, 2035 og 2050* udgivet af Energistyrelsen i 2014, et eksempel på målscenarier. Ved *konsekvensscenarier* omtolkes de politiske målsætninger til en række rammebetingelser, der sammen med forudsætninger om efterspørgselsudviklinger, brændselspriser mv. danner et sammenhængende grundlag for de forskellige aktørgruppers nødvendige beslutninger.

I analyserne er aktørernes beslutninger optimeret svarende til enten ideelle planlægningsrammer eller ideelle markedsvilkår. Det antages således, at alle aktører har perfekt information om alle andre aktørers beslutningsforudsætninger på det tidspunkt hvor drifts- og investeringsbeslutningen foretages. Således er al usikkerhed og risiko ved en investering udtrykt i renten (WACC). I analyserne har aktørerne ikke indsigt i fremtidige rammer og forudsætninger, men antager altid at fremtidige rammer og forudsætninger svarer til situationen på beslutningstidspunktet. Det betyder, at eventuelle fremtidige ændringer i rammer, priser eller øvrige vilkår kan betyde, at beslutninger der er taget i fx 2020, kan vise sig at være ikke-optimale i fx 2040 og 2050.

Naturligvis vil modelanalyser adskille sig fra virkeligheden på flere måder. Især fordi der i virkeligheden vil være en vis træghed i beslutningsprocesser om store investeringer, som skal vinde politisk opbakning og som skal være robuste over for ændringer i rammer og forudsætninger. I modellen foretages en investering frem for en anden, blot den er marginalt bedre. Modellen vurderer således ikke, om der kunne være fordel i at reducere risici ved at sprede investeringer på flere forskellige teknologier.

5.1 Analysens scenarier

Hele produktionsapparatet i el- og fjernvarmesektorerne i Danmark, samt en række andre lande, indgår i modelleringen. Men da der er særlig fokus på affaldsforbrænding, er det kun forudsætningerne for forbrændingssektoren der varierer imellem scenarierne.

For hvert scenarie gennemløber optimeringsmodellen perioden 2020 – 2050, hvor der foretages ”optimale” investeringer i udvalgte investeringsår. Modellen finder de investeringer der sikrer at el- og varmeefterspørgslen dækkes til lavest mulige omkostninger. På affaldssiden skal indenlandsk forbrændingssektoren affald forbrændes uden bortkøling af varme, og der åbnes endvidere i nogle scenarier for import af affald.

Det danske afgifts- og tilskudssystem er en helt afgørende ramme for beslutninger i affalds- og fjernvarmesektoren. Det er en grundlæggende antagelse i alle scenarierne, at afgifter og tilskud over tid tilpasses på en måde, så de forvridende effekter for aktørbeslutninger aftrappes. Forvridende effekter opstår, når en afgift der ikke er begrundet i uønskede miljøpåvirkninger, påvirker aktørbeslutninger om investeringer og drift. Det antages således, at afgiftssystemets forvridende effekter er halveret i 2030, og er helt bortfaldet fra 2040¹⁸.

Grundberegningen omfatter følgende modelkørsler:

- Referencescenarie for udvikling af energisektoren, hvor der ikke tillades affaldsimport.
- Tre scenarier med tilladt affaldsimport, og med importpriser på henholdsvis -200 kr./ton, -300 kr./ton, -400 kr./ton. (Negative importpriser betyder at affaldsleverandøren betaler for bortskaffelse af affaldet).

Endvidere er der i projektet foretaget følsomhedsanalyser med udgangspunkt i -300 kr./ton scenariet:

- Fastholdelse af det nuværende afgiftssystem i hele perioden frem mod 2050.
- Reformering af afgiftssystemet allerede fra 2020.
- Højere transportomkostninger. Transportomkostninger for affald forøges med 50 %.

¹⁸ Dette gennemføres beregningsmæssigt ved at energiafgifterne fjernes i modelberegningerne. Der er således ikke taget stilling til hvordan et tilsvarende afgiftsprovener kan tilvejebringes uden forvridende effekter.

- Lavere transportomkostninger. Transportomkostninger for affald mindskes med 50 %.
- Lavere elpriser. De aktuelt lave priser på kul, olie, gas og CO₂ fortsætter frem mod 2050.
- Ændret affaldsbehandling, så en del af affaldet anvendes til biobrændstofproduktion i de store byer.

Endelig er der udarbejdet en særlig scenarievibration, hvor den danske forbrændingskapacitet skal tilpasses et niveau der igennem hele perioden svarer til de indenlandske affaldsmængder plus 15%. (I grundscenarierne er kravet blot at de indenlandske affaldsmængder kan afbrændes).

5.2 Beregningsår

Scenarieregninger med investeringsbeslutninger foretages for årene 2020, 2030, 2040 og 2050. Der gennemføres endvidere en beregning for år 2015. Dels for at sammenligne scenarieresultaterne med et udgangspunkt med eksisterende el- varme- og affaldskapaciteter, og dels for at kunne sammenligne modelresultater mod faktisk drift. Derfor tager beregningsåret 2015 udgangspunkt i faktiske brændsels-, CO₂- og timeelpriser for 2015.

I årene 2020, 2030, 2040 og 2050 kan modellen foretage investeringer i ny produktionskapacitet.

5.3 Modelværktøj

Modelberegningerne af affaldsforbrændingsanlæggene og fjernvarmeforsyningen er gennemført med Balmorel modellen, som er en lineær optimeringsmodel der anvendes til analyse af sammenhængende el- og fjernvarmemarkeder. Modellens investeringsbeslutninger foretages på baggrund af et udbygget og opdateret teknologikatalog.

5.4 Anvendelse af Balmorel i denne analyse

Da der i denne analyse er betydeligt fokus på danske forhold, og da der ønskes en detaljeret analyse af udviklingen i den danske fjernvarmesektor, er der valgt en modeltilgang, hvor Balmorel køres i flere skridt:

1. Der anvendes en version af Balmorel-modellen, der dækker hele Nordeuropa, til at analysere udviklingen i elsystemet og for at finde de resulterende elpriser i de forskellige prisområder, herunder i de prisområder der er forbundet til henholdsvis Jylland og Sjælland. Elprisen beregnes på timeniveau. I denne modelversion er det danske fjernvarmesystem ikke meget detaljeret repræsenteret.

5.5 Affaldstransportmodulet

Transportmodulet giver mulighed for, at omkostningerne til transport af forbrændingseget affald indgår i den samlede optimeringsrutine. Dette er særdeles vigtigt, når modellen skal optimere anlægsplaceringer og kapaciteter.

Ved høje transportomkostninger vil placering af forbrændingsanlæg lokalt således blive mere attraktiv. Til denne analyse antages det, at husholdningsaffald kan transporteres til en omkostning af 3 kr./ton/km, mens erhvervsaffald transporteres til 1 kr./ton/km. Transportomkostningerne er gennemsnitsbetragtninger, og der indregnes ikke særskilte omkostninger til omlastning af affaldet.

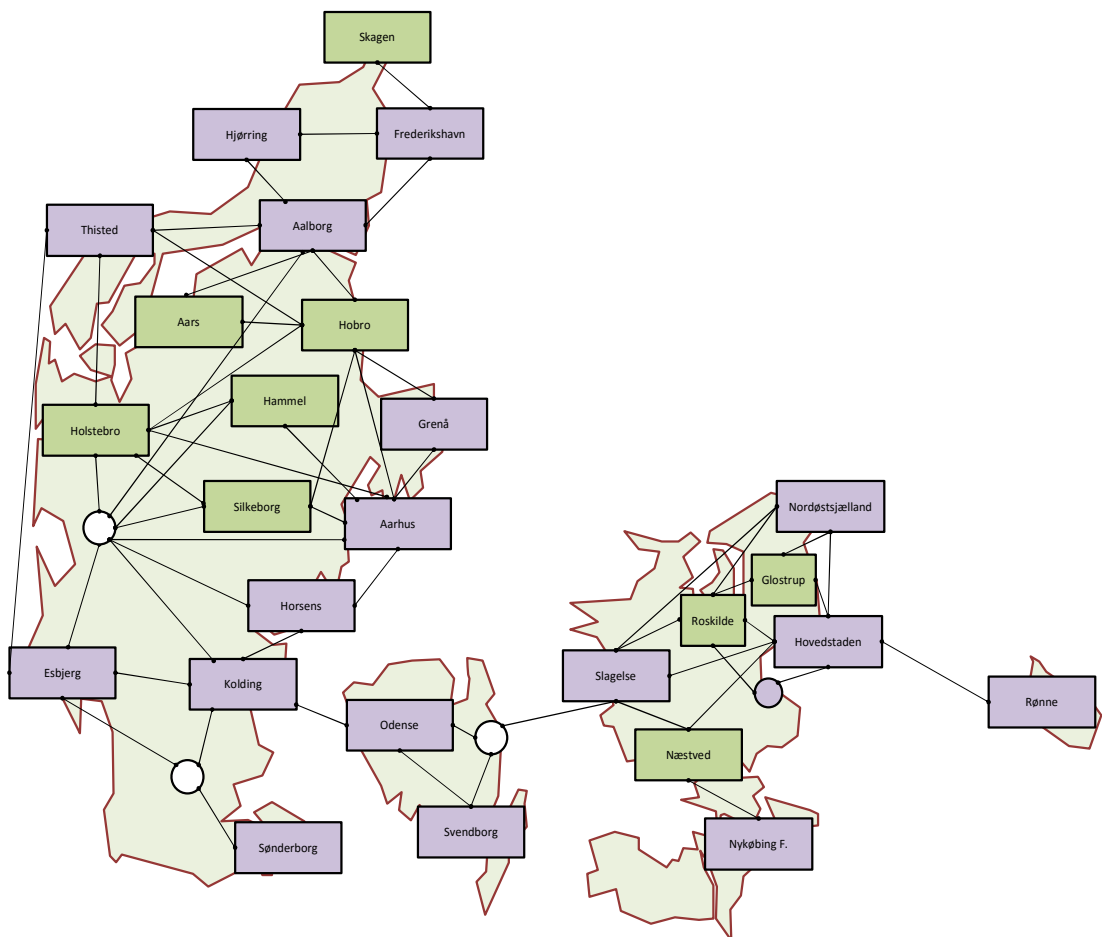
Affald fra udlandet importeres til udvalgte danske havne, som er vist på Figur 20. Det importerede affald transporteres igennem transportnetværket, til samme transportomkostning pr ton som for indenlandsk erhvervsaffald, dvs. 1 kr./ton/km.

For at bestemme de samlede transportomkostninger, er det nødvendigt at kende affaldets transporterede afstande. Affaldet kan i modellen transporteres fra kommuner til forbrændingsanlæg via et transportnetværk. Transportnetværket fungerer som en forsimpning af det samlede vejsystem i Danmark, som affaldet kan transporteres igennem. Figur 20 viser en forsimplet skitse af transportnetværket i modellen, med de større knudepunkter. I selve modellen er hver enkel kommune modelleret, hvor figuren viser aggregerede områder.

Netværket består af centrale trafikale knudepunkter i Danmark, hvor transportafstanden mellem hvert knudepunkt er defineret. Afstandene er vejafstande (og ikke fugleflugtsafstande) og er typisk placeret på hovedvejene tæt på forbrændingsanlæggene. Affaldsforbrændingsanlæggene er herfra forbundet til netværket ved at bestemme en afstand fra affaldsforbrændingsanlægget til det nærmeste knudepunkt. På samme måde er der for hver kommune defineret en afstand fra kommunens geografiske centrum til det nærmeste knudepunkt. I nogle tilfælde er der indlagt afstande fra en kommune eller et affaldsanlæg til mere end ét knudepunkt, således at transportafstandene er så retvisende som muligt. Med alle definerede transportafstande er modellen opbygget således, at den altid vælger den korteste afstand fra kommune til et givet forbrændingsanlæg.

På figuren vises Roskilde (Kara/Noveren) og Glostrup (Vestforbrænding) som selvstændige områder, men i modellen er de sat som varmeproducerende enheder der leverer varme til Hovedstaden. Hovedstaden indeholder hele varmegrundlaget.

Det er antaget at en havn kan importere affald – og hvis den gør dette så skal den importere en jævn fordelt mængde hen over året (altså samme mængde hver måned). Grundet varierende varmegrundlag, så tillades hver havn (lilla områder i figuren) at der kan laves midlertidig deponering. Sådan at affaldet kan gemmes til varmesæsonen. Dette er vurderet af Ea Energianalyse i Varmeplan Hovedstaden fase 1, at have en omkostning på 10 kr./ton/måned og et samlet engangsbeløb på 200 kr./ton for håndteringen af op- og aflæsning.



Figur 20: Oversigt over transportnetværk. Alle grønne og lilla områder har mulighed for forbrændingsanlæg. Alle lilla har havne, dvs. mulighed for import af affald. Alle hvide cirkler fungerer som fordelingssteder (knodepunkter).

6 Forudsætninger

For at kunne gennemføre modelberegninger af de nævnte scenarier, er der fastlagt en række forudsætninger for fjernvarmesystemer, brændselspriser, teknologier, samt for udviklingen i energiforbrug og el-produktionskapacitet mv. Disse gennemgås i det følgende.

6.1 Opdeling af den danske fjernvarme i modellen

Modellen regner på følgende fjernvarmeforsyningsområder:

- Centrale områder (repræsenteret individuelt)
- Store, decentrale områder (repræsenteret individuelt)
- Mindre, decentrale områder (grupperet efter brændsler)

Energistyrelsens energiproducenttælling udgør det datamæssige udgangspunkt for analysen. Dertil er suppleret med opdateret viden om fjernvarmesystemerne, opnået gennem geotermianalysen¹⁹, samt data om solvarmeanlæg hentet hos Dansk Fjernvarme.

De centrale områder og de store decentrale områder, er alle repræsenteret individuelt. Centrale kraftvarmeområder er områder, hvor varmen til store byområder primært aftages fra de store centrale kraftvarmeværker, affaldsforbrændingsanlæg (fjernvarme - eller kraftvarmeanlæg) og enkelte steder fra industrivirksomheder. De store decentrale områder er områder med et varmebehov over ca. 500 TJ/år, hvor varmen primært kommer fra større decentrale kraftvarmeværker eller fra affaldsforbrændingsanlæg. De mindre decentrale områder er mindre byer med egen fjernvarme- eller kraftvarmeforsyning, og de er i modellen grupperet efter deres brændsel/teknologi.

Modellen indeholder 11 centrale områder, 28 store decentrale områder og 13 områder til at repræsentere de resterende mindre områder. I Danmark er der i alt over 400 fjernvarmeområder, så der er mange mindre områder grupperet i de sidste 13 områder. Energimæssigt fylder disse dog kun ca. 20 %. Dette giver i alt 52 fjernvarmeområder, der er vist i nedenstående Tabel 7.

Fordelingen tager også hensyn til, at der er tilladelse til udbygning med biomassekedler på op til 1 MW i 85 små decentrale fjernvarmeområder.

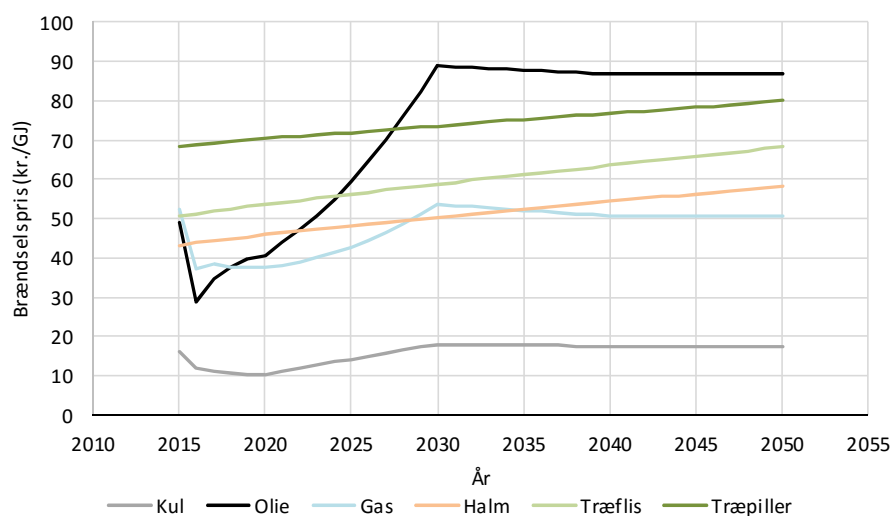
¹⁹ Landsdækkende screening af geotermi i 28 fjernvarmeområder, Energistyrelsen (endnu ikke udgivet).

Centrale (* = har affald)	Store decentrale (* = har affald)	Små decentrale
1. Esbjerg-Varde*	1. Nordøstsjælland*	7 aggregerede områder i Vestdanmark baseret på hhv.
2. Herning-lkast	2. Holstebro-Struer*	
3. Odense*	3. Hillerød-Farum-Værløse	• Biogas
4. Randers	4. Vestforbrænding*	• Biomasse (høj brændselspris)
5. Rønne*	5. Silkeborg	• Naturgaskraftvarme
6. Hovedstadsområdet*	6. Hjørring*	• Naturgaskedler
7. TVIS*	7. Viborg	• Halmkedler
8. Aalborg*	8. Sønderborg*	• Træfliskraftvarme
9. Aarhus*	9. Grenå(*)	• Træfliskedler
10. Kalundborg	10. Horsens*	6 aggregerede områder i Østdanmark baseret på hhv.
11. Aabenrå-Rødekre-Hjordkær	11. DTU-Holte	
	12. Næstved*	• Biogas
	13. Nykøbing Falster*	• Naturgaskraftvarme
	14. Slagelse*	• Naturgaskedler
	15. Nyborg*	• Halmkraftvarme
	16. Thisted*	• Halmkedler
	17. Svendborg*	• Træfliskraftvarme
	18. Aars(*)	• Træfliskedler
	19. Haderslev(*)	
	20. Hammel*	
	21. Frederikshavn*	
	22. Hobro*	
	23. Skagen*	
	24. Nørre Alslev*	
	25. Maribo	
	26. Frederiksværk	
	27. Skive	
	28. Ringsted	
	29. Brønderslev	

Tabel 7: Fjernvarmeområder i modellen.

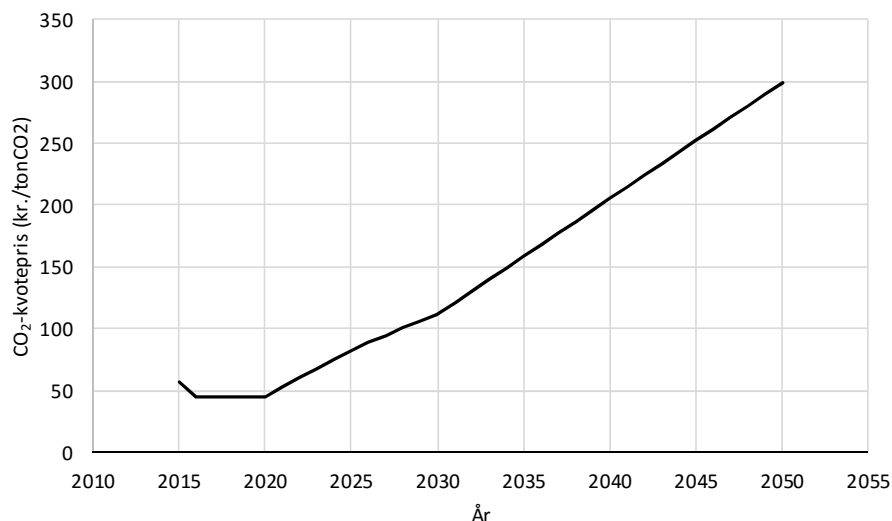
6.2 Brændsels- og CO₂-priser

Forudsætninger om brændsels- og CO₂-priser baserer sig på langt sigt på IEA's New Policies scenario fra World Energy Outlook 2014. Der er antaget en gradvis indfasning fra det aktuelle prisniveau i 2015 til IEA's langsigtede pris i 2035.



Figur 21: Brændselspriser i modellen.

Forudsætninger om CO₂-prisen er vist i nedenstående tabel. Også her er der anvendt det aktuelle prisniveau på kort sigt, mens CO₂-prisen på længere sigt forventes at nå IEA's vurdering af det langsigtede niveau.



Figur 22: Forudsætninger om CO₂-pris i analysen.

6.3 Afgifter og tilskud

Der regnes i beregningerne med eksisterende afgifter og tilskud i Danmark, og der tages udgangspunkt i den eksisterende regulering for 2015 og 2020. Det gælder energi-, CO₂-afgift på varmeproduktion, eltilskud til VE-produktion mv. På længere sigt antages som tidligere nævnt, at afgiftssystemet ændres. Derfor er der ved optimeringen for 2040 og 2050 regnet uden energi- og affalds-afgifter, mens der for 2030 regnes med 50% af gældende afgifter.

Grundbeløbet til decentral kraftvarmeproduktion er ikke medregnet. Da der ikke beregnes investeringer i år 2015, får dette ikke indvirkning på beregningerne.

Det antages beregningsmæssigt, at eltilskud til VE ikke udfases, men harmoniseres i EU på et niveau der er lavere end det eksisterende. Således får fx landvind og biomasse 11 ør/kWh, medens fx havvind får 18 øre/kWh. Der er meget stor usikkerhed om hvordan den fremtidige incitamentsstruktur for VE udbygning udformes i EU. Såfremt CO₂ kvotesystemet bliver det dominerende incitament, og VE-tilskud helt udfases, vil det kræve noget højere CO₂ priser at nå samme mål. En konsekvens heraf vil også være højere elpriser.

6.4 Fjernvarmeforbrug

Fjernvarmeforbruget i modellen er vist i tabellen nedenfor. For Danmark er der regnet med, at der både sker en udbygning af fjernvarmenettene med nye kunder, og en reduktion af enhedsforbruget i bygningerne gennem varmebesparelser. Besparelserne er sat til 0,75 % pr. år med 2013 som basisår.

I SBI's analyse af potentialet for varmebesparelser²⁰, regnes der som "Business as usual" med ca. 30 % reduktion af varmeforbruget i den eksisterende bygningsmasse ved energirenoveringer frem til 2050. De her forudsatte 0,75 % pr. år, resulterer i en samlet besparelse på 29 % i 2050.

COWI har som en del af fjernvarmeanalysen for Energistyrelsen i 2013, opstillet et detaljeret varmeetlas for varmeforbruget i hele Danmark, samt gennemført beregninger af potentialet for udvidelse af eksisterende fjernvarmeområder i 2020 og 2035, set fra både et samfunds- og selskabsøkonomisk perspektiv. I modellen er udvidelsespotentialet ud fra et samfundsøkonomisk perspektiv i 2035 inkluderet.

PJ	2015	2020	2035
Centrale områder	66	66	60
Store decentrale områder	20	21	21
Mindre decentrale områder	24	25	26
I alt	110	111	107

Tabel 8: Fjernvarmeforbrug ab net i Danmark (PJ).

Udover ovenstående varmeforbrug er der i Danmark inkluderet et procesvarmeforbrug for industrien, som svarer til den del af industrien, som indgår i Energistyrelsens energiproducenttælling. Dette er inkluderet for på retvisende måde at inkludere alle kraftvarmeproducerende enheder i dagens danske energisystem og dét forbrug, de producerer til. Dette forbrug er på 12 PJ i 2013 og antages fastholdt frem mod 2035, da produktion af procesvarme til fjernvarmeforbrug ikke har været fokus i denne analyse.

6.5 Udbygning med vedvarende energi

Der er overordnet set regnet med en VE-udbygning, der afspejler, at EU vil arbejde frem mod sit mål om at reducere CO₂-emissionerne markant frem mod 2050. Der er derfor både regnet med en stigende CO₂-pris og med en stigning i udbygningen med VE i flere lande.

²⁰ Varmebesparelse ved løbende bygningsrenovering frem til 2050 - Netværk for energirenovering, SBI 2013:08, Kim B. Wittchen, Jesper Kragh, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, 2013

Med hensyn til udbygningen, er der for Danmark forudsat en udbygning med vind og sol svarende til de forudsætninger, der anvendes af Energinet.dk. For Tyskland, England og de øvrige nordiske lande er udviklingen i VE også baseret på nationale planer og scenarier frem mod 2035²¹.

For øvrige lande forudsættes som minimum, at VE-kravene ifølge landenes nationale handlingsplaner for VE i år 2020 opfyldes. Udbygningens geografiske fordeling og evt. yderligere udbygning bestemmes af modellen på baggrund af potentiale for udbygningen og omkostninger ved teknologien.

6.6 Teknologidata for eksisterende produktionsanlæg

For alle eksisterende produktionsanlæg er der taget udgangspunkt i data fra energiproducenttællingen, samt data indsamlet til modellen i andre projekter.

Restlevetider for eksisterende, centrale produktionsanlæg er for Danmark fastlagt som i Energinet.dk's forudsætninger, baseret på en vurdering af den tekniske levetid. Restlevetider for øvrige anlæg er fastlagt ud fra en vurdering af den tekniske levetid. De udfases eksogent baseret på denne levetid og opførelsesåret:

- Affaldsanlæg: 30 år
- Øvrige kraftvarmeanlæg: 20 år
- Kedler: 20 år
- Vindmøller: 20 år
- For teknologier i de aggregerede fjernvarmeområder i Danmark regnes med en udfasning på 5 % per år af kapacitetsværdien i 2011.
- Vandkraft og atomkraft: Udfasning af atomkraft i Tyskland, kapacitet for vandkraft og atomkraft i Finland og Sverige er fastlagt eksogent.

Modellen har ikke mulighed for at gennemføre reinvestering for at levetidsforlænge anlæggene, men har mulighed for at skrotte urentabel kapacitet.

Den forudsatte udvikling i eksisterende affaldsforbrændingskapacitet er vist i figuren nedenfor.

6.7 Teknologidata for affaldsanlæg

For nye produktionsteknologier anvendes tekniske og økonomiske data fra Energistyrelsens teknologikataloger. Der er dog som en del af dette projekt

²¹ German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (2014): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien.

gennemført en opdatering af data for affaldsbaserede kraftvarme- og kedel-teknologier, som et selvstændig notat 'Notat vedrørende investeringsomkostninger af affaldsforbrænding' (se Appendiks A).

Investeringsomkostninger, omkostninger til drift og vedligehold, samt tekniske data for affaldskedler og kraftvarmeværker i afhængighed af størrelsen, er forudsat som vist i nedenstående tabeller.

	Indfyring		Investeringer (kr./ton/år)		Fast D&V (kr./ton/år)		Variable D&V
	(ton/time)	(ton/år)	Kraftvarme	Kedler	Kraftvarme	Kedler	(kr./ton)
Meget små	5	40.000	7.857	4.961	339	207	130
Små	10	80.000	7.037	4.664	273	165	130
Mellem	25	200.000	6.083	4.299	186	108	130
Store	70	560.000	5.165	3.923	132	72	130

Tabel 9: Forudsætninger for størrelser, investerings- og D&V-omkostninger for affaldskedler og affaldskraftvarmeværker. De variable D&V-omkostninger er gældende for både kraftvarme og kedler.

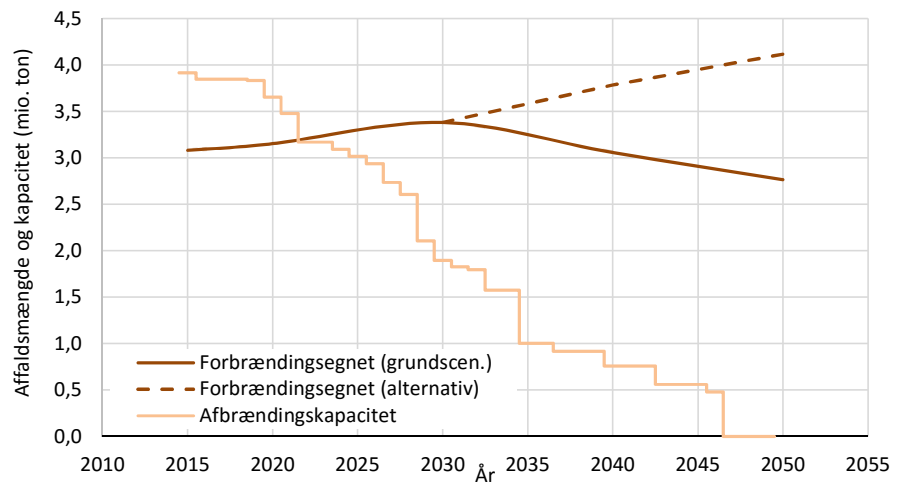
	Kraftvarme		Kraftvarme/Kedler
	Elvirkningsgrad	Cm-værdi	Totalvirkningsgrad
Meget små	18%	0,23	95%
Små	20%	0,27	95%
Mellem	22%	0,30	95%
Store	24%	0,34	95%

Tabel 10: Forudsætninger for størrelser og virkningsgrader for affaldskedler og affaldskraftvarmeværker. Totalvirkningsgraderne er gældende for både kraftvarme og kedler.

6.8 Affalds- og biomasseresourcer

Affald til forbrænding

Det er i analysens grundberegning forudsat, at affaldsmængder til forbrænding i Danmark falder gradvist gennem hele analyseperioden. Der regnes i 2015 med 3,1 mio. tons affald per år. Fra 2015 til 2030 er der regnet med, at affaldsmængderne følger FRIDA Ressourcestrategi-fremskrivningen (Miljøstyrelsen, 2015). Herefter er der antaget et fald på 1 % årligt.



Figur 23: Udvikling i den samlede affaldsforbrændingskapacitet i Danmark i mio. ton/år. Her vises kun eksisterende og planlagte værker. Mængderne er baseret på data fra Ressourcestrategien 2015-2030. I perioden efter 2030 er det antaget at mængderne falder 1 % årligt i grundscenariet. I et alternativt scenarie brugt som følsomhed antages der samme udvikling efter 2030 som fra 2020 til 2030.

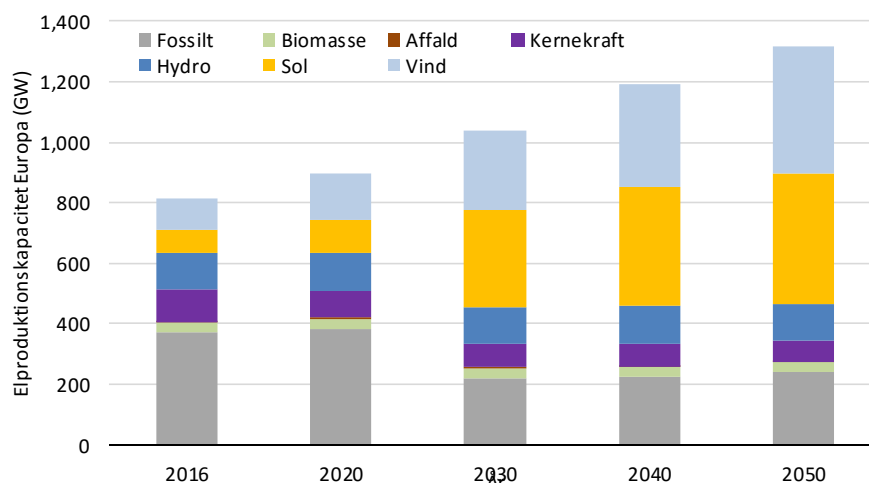
Biomasseressourcer

Halm og biogas betragtes som lokale brændsler og regnes derfor at være til rådighed op til en fast mængde gennem hele perioden. Øvrig biomasse (træflis og træpiller) regnes at være til rådighed i ubegrænsede mængder til en fast pris, da disse brændsler forventes at kunne tilvejebringes gennem de internationale markeder.

7 Elsystemet mod 2050

Et vigtigt rammevilkår for udviklingen i fjernvarmesystemerne i Danmark, er udviklingen i elsystemet i Danmarks nabolande. Dette er væsentligt, fordi elprisen udvikling i Danmark er meget afhængig af, hvordan det samlede nord-europæiske elsystem udvikles.

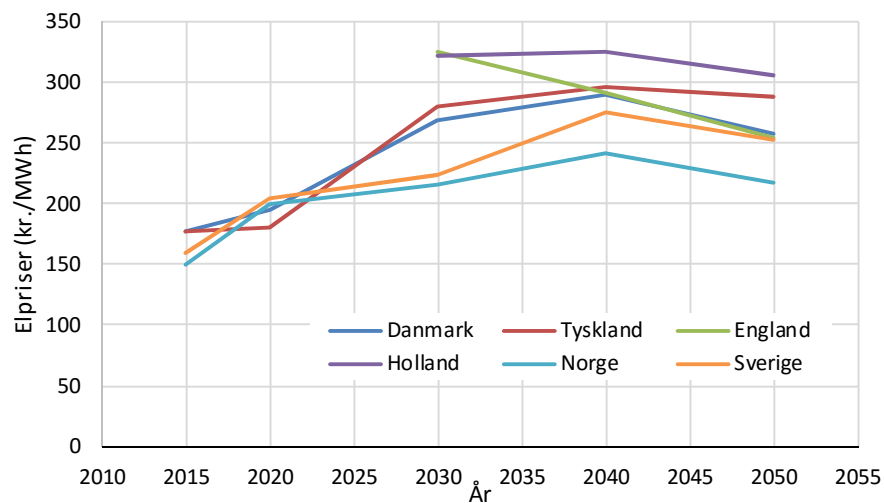
Figur 24 viser den beregnede udvikling i elproduktionskapaciteten i modelområdet i perioden frem mod 2050 baseret på de nationale planer, herunder udfasning af A-kraft i Tyskland, samt de forbrugs- og prisfremskrivninger der er anvendt. Det fremgår, at der sker en markant ændring i produktionsapparatet, så den termiske produktionskapacitet reduceres, mens vind og især sol dominerer. Disse ændringer får naturligvis stor indflydelse på elpriserne, også i Danmark.



Figur 24: Udvikling af elproduktionskapacitet i Europa. Der er medtaget de lande som er medtaget i modellen – vist i Figur 19.

Nedenstående figur viser de gennemsnitlige elpriser i de områder, som Danmark er eller vil blive forbundet til via eltransmissionsforbindelser.

Elprisen stiger markant frem mod 2030, hvorefter den flader ud. Prisstigningen skyldes en kombination af forudsatte prisstigninger på brændsler og CO₂, men også at den nuværende overkapacitet i elmarkedet tilpasser sig. Efterhånden som vind og sol dominerer, vil antallet af både høje og lave elpriser stige.



Figur 25: Elprisens udvikling i Danmark og naboerområder. Danmark, Norge og Sverige har forskellige prisområder, men er her vist med en gennemsnitspris. Danmark bliver tilkoblet England og Holland efter 2020.

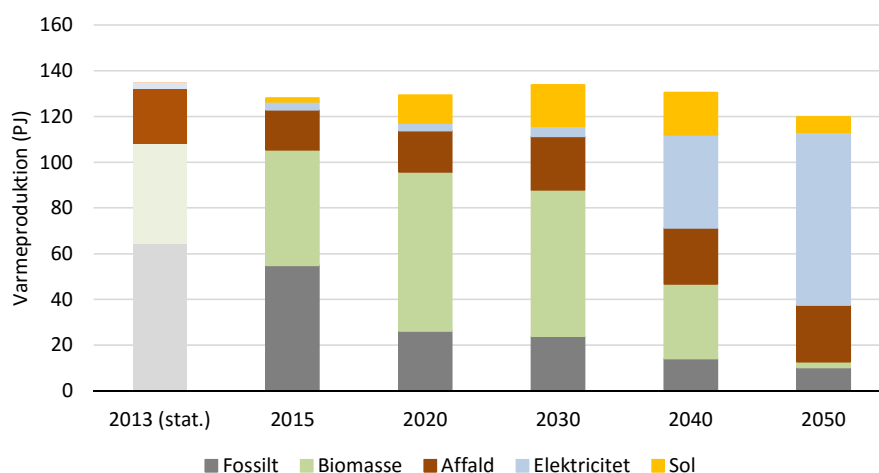
Den resulterende elpris i Danmark er lidt forskellig fra scenarie til scenarie, men der ses kun små forskelle, da ændringerne i Danmark er meget små i forhold til det sammenhængende elsystem i Nordeuropa.

8 Scenarier for affaldsforbrænding i Danmark mod 2050

I kapitlet vises beregningsresultater for grundberegningen for de 5 beregningsår 2015, 2020, 2030, 2040 og 2050 i referencescenariet, uden import af affald og i de tre imports scenarier til priserne -200, -300 og -400 kr./ton.

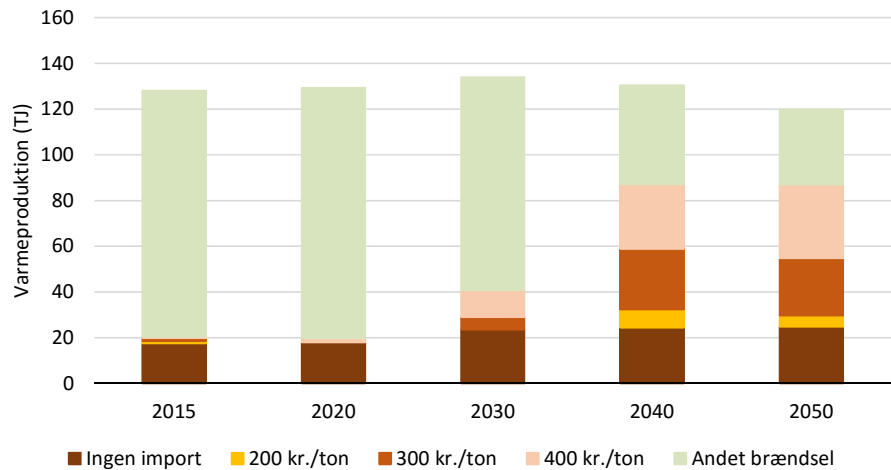
8.1 Udvikling i fjernvarmeproduktion

Med de nuværende rammevilkår vil el- og fjernvarmesektoren udvikle sig mod mere varme fra afgiftsfrit biomasse mellem 2015 og 2020 (se Figur 26). Varmeproduktionen fra kul, naturgas og olie (fossilt) reduceres betydeligt i perioden. Fra 2030 reduceres afgifterne beregningsmæssigt, hvilket betyder, at fordelingen ved at omlægge til fx varmepumper øges, og at omlægning til biomasse bliver mindre attraktivt. Eftersom affaldsmængderne stiger lidt frem mod 2030, øges den affaldsbaserede varmeproduktion. Efter 2030 bliver en del af forbrændingskapaciteten etableret som kedler uden elproduktion, hvorved varmeproduktionen stort set fastholdes på trods af faldende indenlandske affaldsmængder.



Figur 26: Udvikling af fjernvarmeproduktion i 'Ingen import' scenariet sammen med statistik for 2013 fra Energistyrelsens energistatistik 2014.

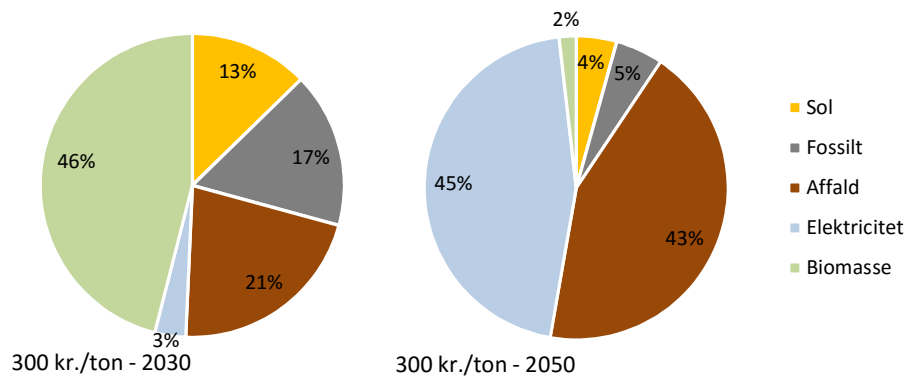
Ved en modtagerpris på 200 kr./ton for importeret affald, er det kun minimalt hvad der bliver importeret – som det kan ses i Figur 27. Med stigende priser på importeret affald, stiger affaldsforbrændingens andel af fjernvarmeforsyningen, særligt på længere sigt, hvor afgifter på affald reduceres.



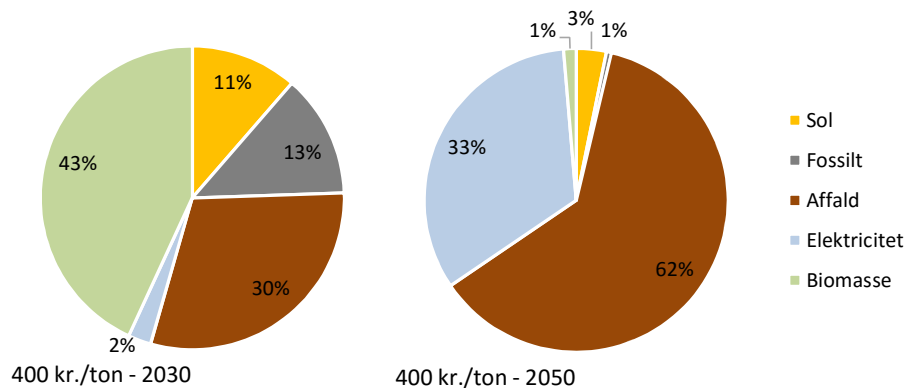
Figur 27: Udvikling af fjernvarmeproduktion i de forskellige scenarier.

Ved en forøgelse af modtagerens affaldspris, stiger varmeproduktionen fra affaldsforbrænding. Denne ekstra produktion fortrænger, ved en stigning fra 300 kr./ton til 400 kr./ton, produktion fra især biomasse og fossile brændsler (se Figur 28 og Figur 29).

På lang sigt mod 2050 domineres varmeforsyningen af varmepumpevarme, hvilket ses i Figur 26. Derfor vil varmeproduktion fra øget import af affald især fortrænge varmepumpevarme. Varmepumpevarme kan have mange forskellige kilder, herunder overskudsvarme fra industri og køling, grundvandsvarme samt varme fra fjorde og søer.



Figur 28: Fordeling af brændsler ved varmeproduktion i 2030 og 2050 ved import af affald til 300 kr./ton.

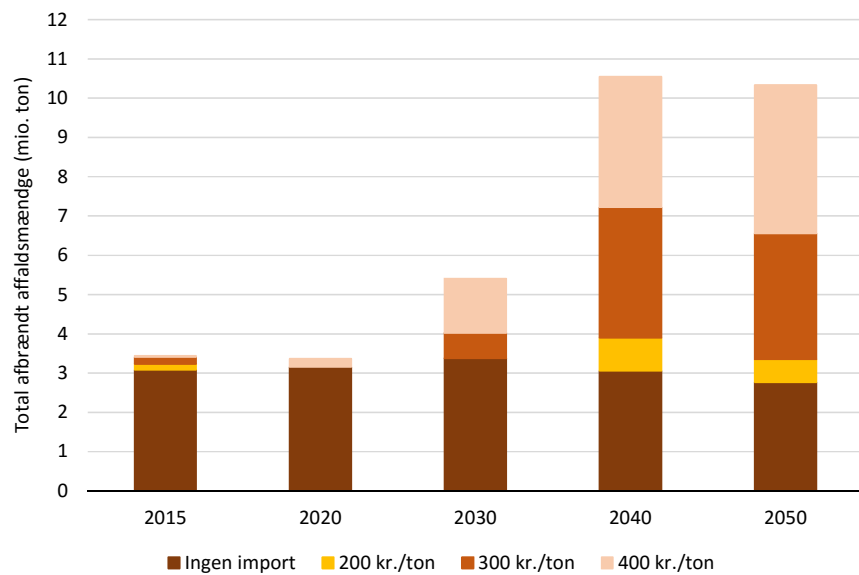


Figur 29: Fordeling af brændsler ved varmeproduktion i 2030 og 2050 ved import af affald til 400 kr./ton.

8.2 Udvikling af affaldsforbrænding

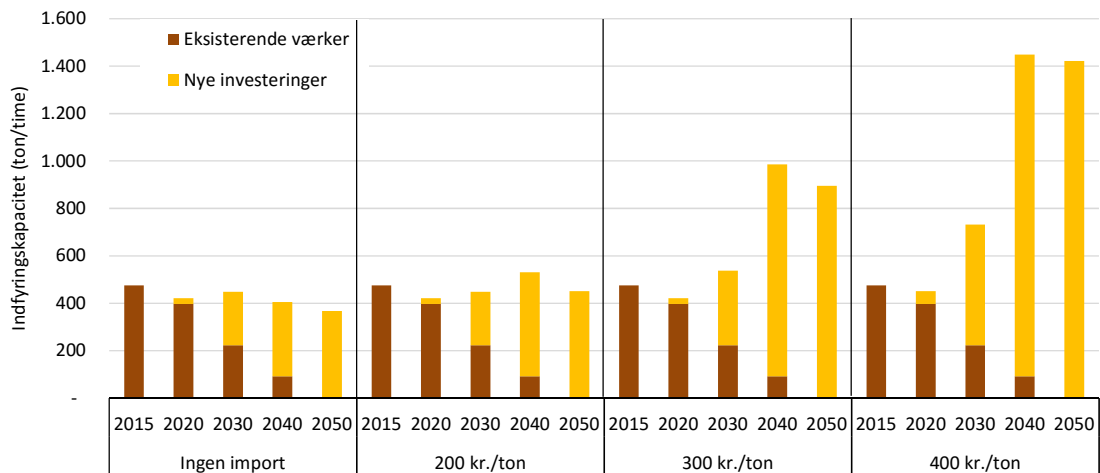
Mængden af forbrændt affald i mio. ton er vist i Figur 30 for alle scenarierne. Ved en importpris på 200 kr./ton er der kun et meget ringe incitament til at øge mængden af affald til affaldsforbrænding, bortset fra i startåret 2015. Ved en importpris på 200 kr./ton bliver en række af de eksisterende forbrændingsanlæg med høje omkostninger alligevel lukket, og affaldet omdistribueres til anlæg med lavere omkostninger og bedre varmegrundlag. En del af forklaringen herpå er muligvis, at modellen har forbud mod bortkøling af affaldsvarme, hvilket betyder at den faktiske årlige forbrændingskapacitet er lavere end de ca. 3,8 mio tons kapacitet som fremgår af Figur 23.

En anden årsag er, at affaldsforbrænding med varmeproduktion er afgiftsbelagt, og i en række varmeområder i 2020 og 2030 konkurrerer denne mod afgiftsfritaget brændsel. Derfor er det først fra 2040, hvor der regnes helt uden afgifter, at der igen importeres affald til 200 kr./ton. Ved en pris på 300 kr./tn importeres der allerede fra 2030, hvor afgifterne er halveret. Ved 400 kr./ton importeres der i 2040 affald svarende til ca. to en halv gange den indenlandske mængde. Men selv med 400 kr./ton er importmængden i 2020 ganske lav.



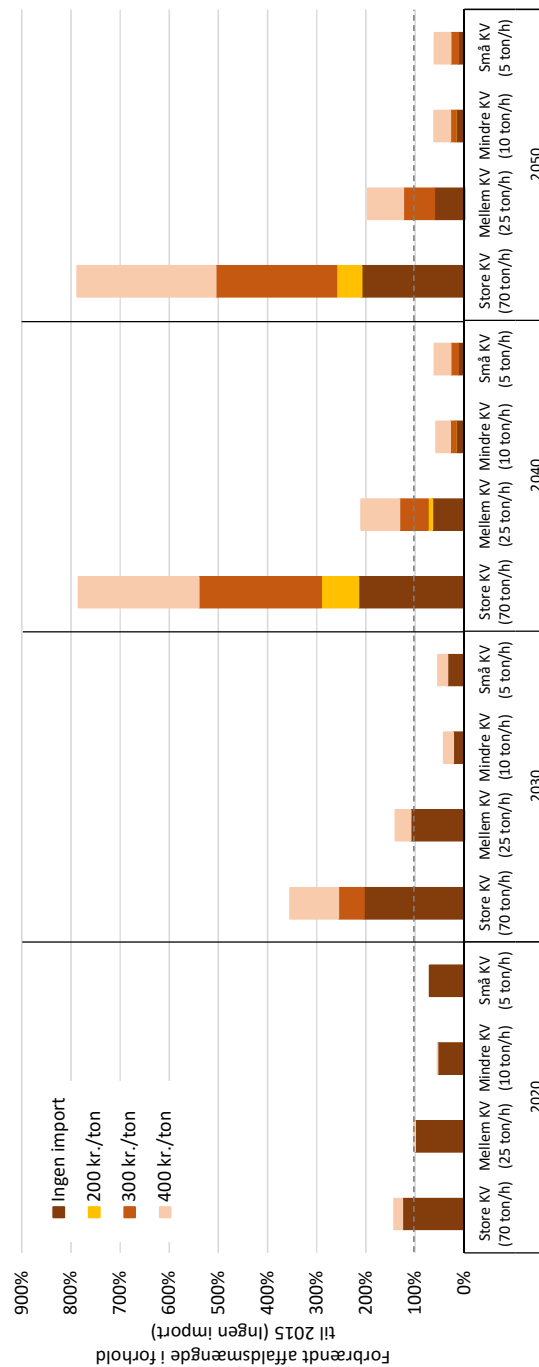
Figur 30: Udvikling i anvendelse af affald til forbrænding i scenarierne.

Modellen foretager som tidligere nævnt "optimale" investeringer i el- og varmeproducerende anlæg, herunder til forbrænding af affald. Etablering af nye affaldsanlæg i de forskellige scenarier er vist i Figur 31. Der sker en gradvis udfasning af de eksisterende værker. Ved ingen import sker der en kapacitetstilpasning til den nationale forbrændingsegnede affaldsmængde. Ved stigende priser i affaldsmarkedet øges investeringerne.



Figur 31: Udvikling i forbrændingskapacitet i de fire scenarier.

De nye anlæg bliver primært etableret i de større byer, på grund af skalafordelen ved investering og drift. Effekten heraf kan ses af Figur 32.



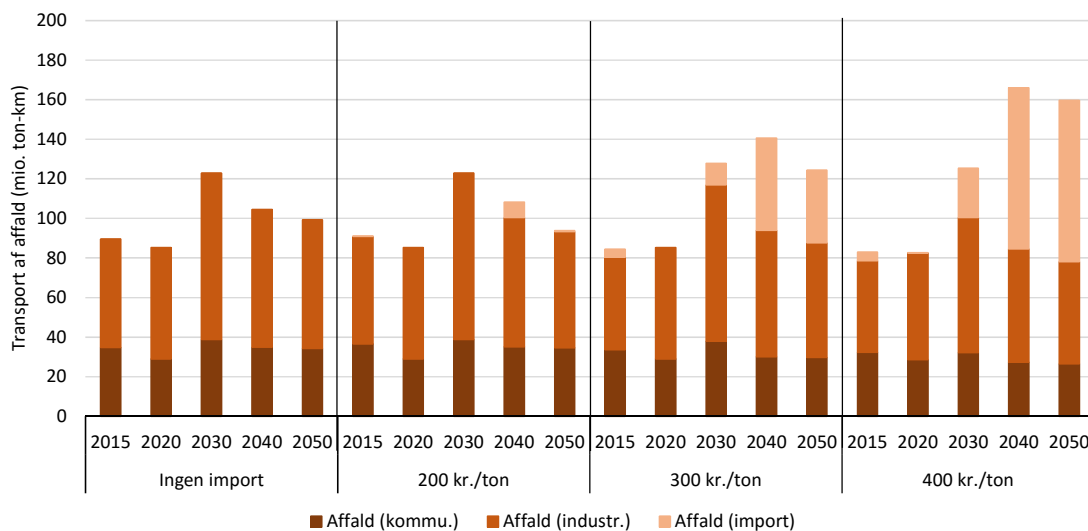
Figur 32: Udvikling i årlig affaldsforbrænding fordelt på størrelse af anlæg og områder.

De mindre anlæg bliver som hovedregel ikke nedlagt før tid, men er ikke rentable at reinvestere i når de rammer deres tekniske levetid²². Det antages, at affaldet fra oplandskommunerne gennem aftaler (eller på markedsvilkår) kan omdistribueres såfremt det giver en økonomisk fordel samlet set.

²² Rønne er dog et eksempel på at der investeres i nyt anlæg når det eksisterende udfases. Dette skyldes høje transportomkostninger til Sjælland.

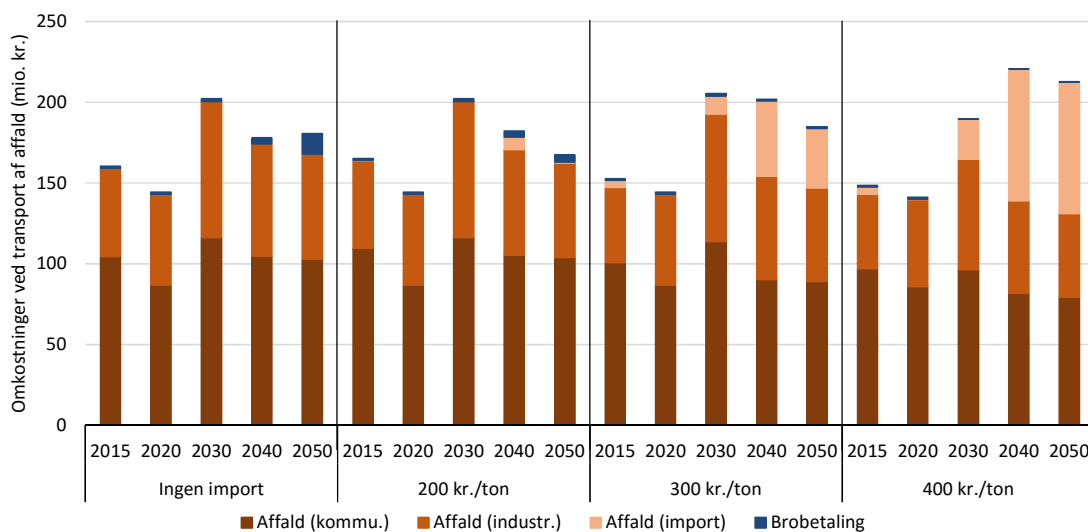
8.3 Transport af affald

I Figur 33 er vist mængden og typen af affald der transporteres på de danske veje, i de forskellige scenarier og år. Den samlede transporterede mængde industri og kommunalt affald, varierer over tid og mellem scenarierne.



Figur 33: Transport af affald i hele Danmark i mio. ton-km.

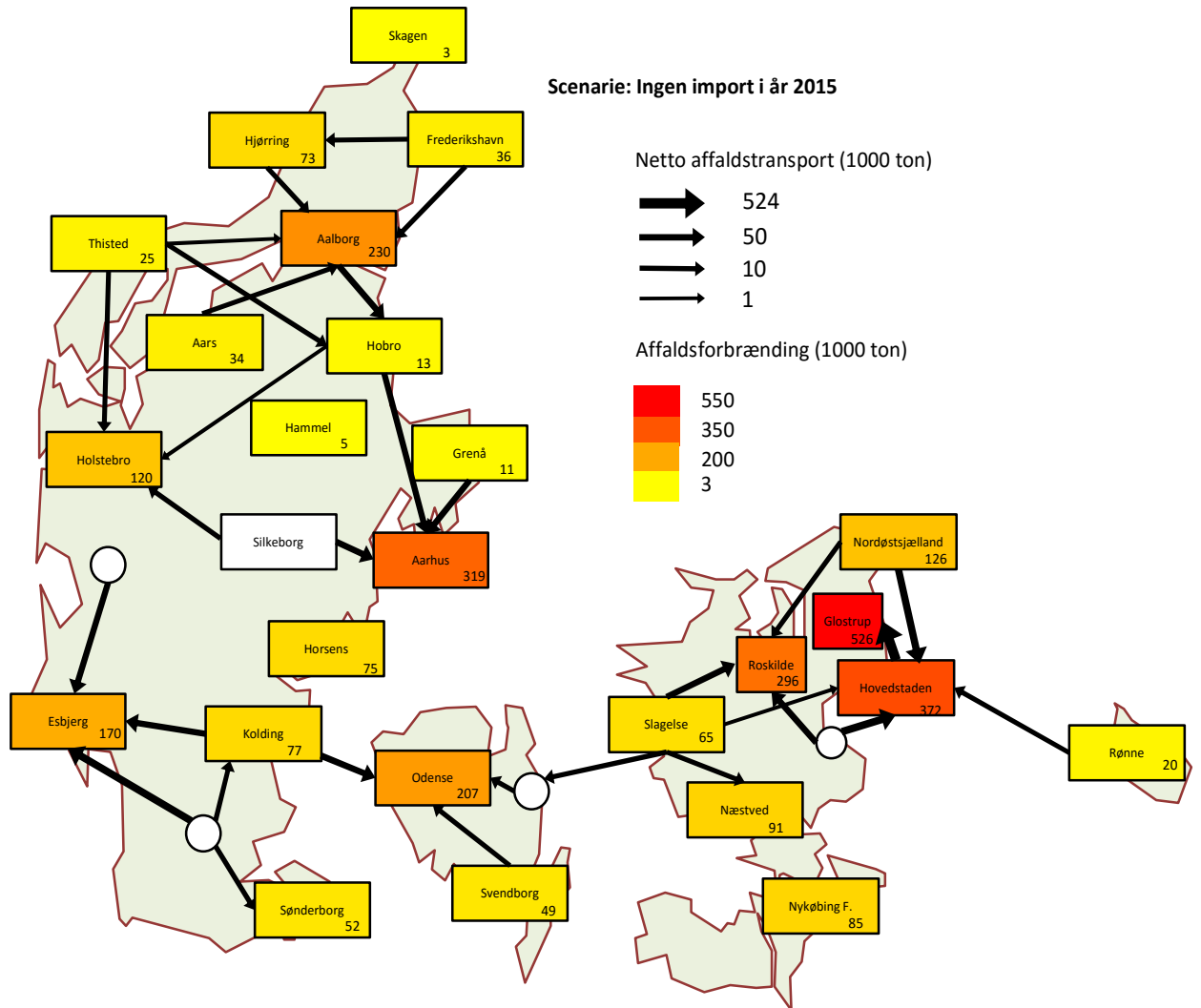
Der er et lille fald i den transporterede indenlandske mængde, i de scenarier hvor der kommer meget import. Dette skyldes at de større værker ofte kan importere affald direkte gennem nærliggende havne, hvilket åbner for at den nationale mængde bruges mere lokalt. Dette betyder at der bruges færre omkostninger på at transportere de nationale affaldsmængder i importscenarierne (se Figur 34).



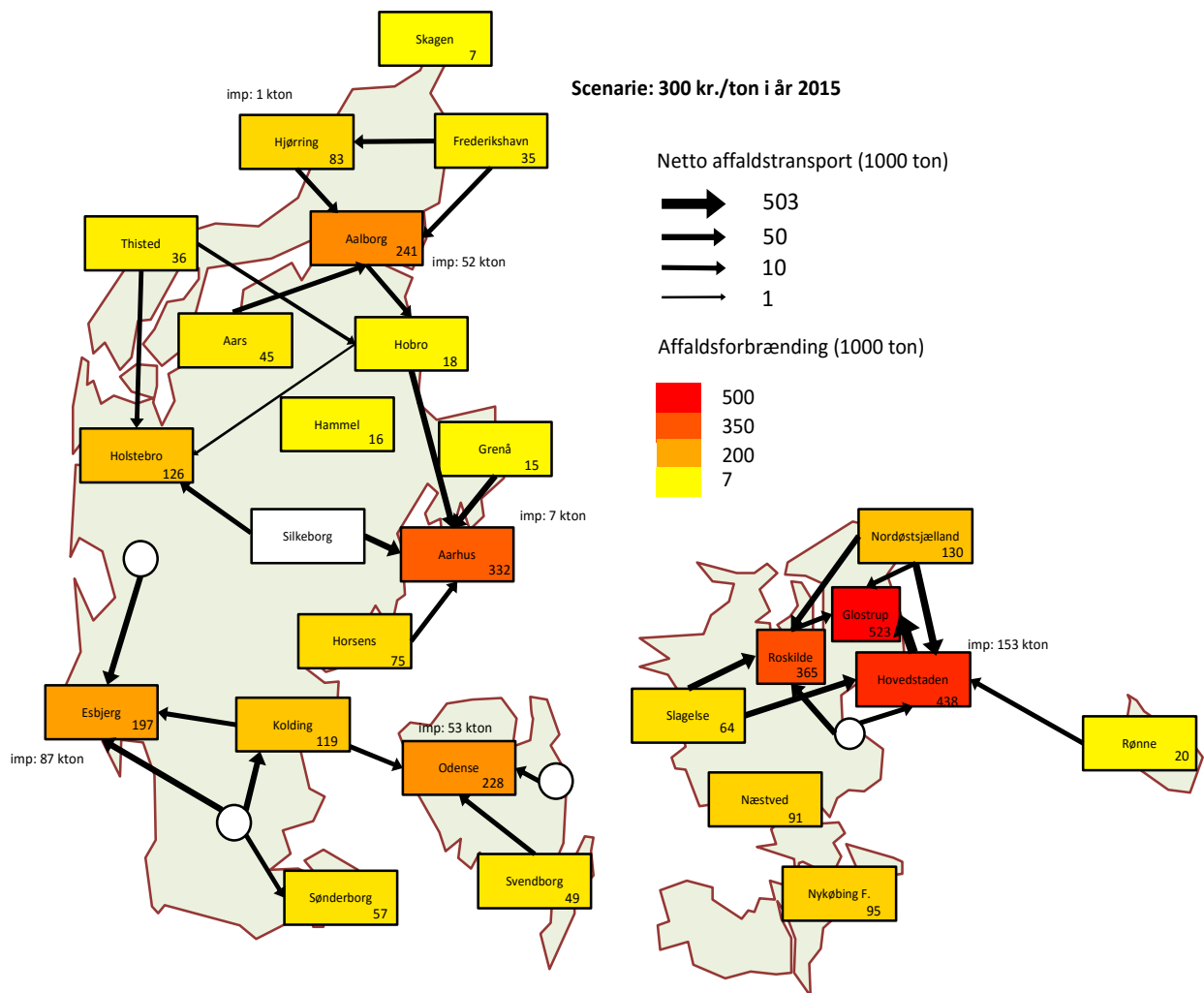
Figur 34: Omkostninger ved transport af affald i hele Danmark i mio. kr.

De samlede transportomkostninger er stort set uændret mellem scenarierne og ligger mellem 150 til 200 mio. kr. afhængigt af året.

Figur 35 og Figur 36 viser hvordan affaldsmængderne bliver transporteret mellem områderne (NB: aggregeret visning) i to af de fire scenarier: Ingen import og 300 kr./ton scenariet. Der vises kun udgangsåret 2015, hvor der ikke tillades investeringer/skrotninger.



Figur 35: Affaldstransport i Ingen import scenariet i 2015. Totale netto mængder (samlet industri, kommunalt og importeret) transporteret mellem områderne. Farverne indikerer den totale mængde affald i ton afbrændt i området. Importmængderne i 1000 ton (kton) er vist for hver havn.



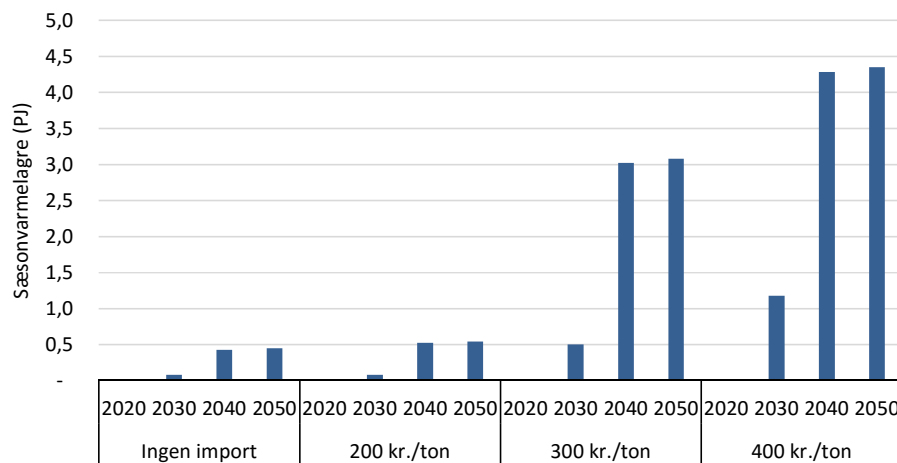
Figur 36: Affaldstransport i 300 kr./ton scenariet i 2015. Totale netto mængder (samlet industri, kommunalt og importeret) transporteret mellem områderne. Farverne indikerer den totale mængde affald i ton afbrændt i området. Importmængderne i 1000 ton (kton) er vist for hver havn.

Affald produceres jævnt over hele året, og beregningsteknisk regnes der også med at import af affald skal foretages jævnt over året. For at udligne mellem affaldsproduktion/import og varmekonsum, har modellen mulighed for at investere i midlertidig deponering af affald og i sæsonvarmelagre.

Analysen viser, at sæsonvarmelagring er det mest økonomiske valg. Sæsonvarmelagring spiller derfor en væsentlig rolle når der importeres store mængder affald. At lagre et ton affald fra sommer til vinter koster sammenlagt ca. 250 kr. Med en varmekoefficient på 75% giver dette en lageromkostning på ca. 30 kr./GJ-varme.

Hertil skal dog lægges omkostningerne ved øget forbrændingskapacitet i vintermånederne. Denne kapacitet har lavere benyttelsestid. Indregnes denne

kapacitetsomkostning, så har mellemdeponering en omkostning der svarer til ca. 120 kr./GJ varme. Sæsonvarmelagring koster derimod ca. 100 kr./GJ-varme.



Figur 37: Udvikling i varme der tilføres sæsonvarmelagre i de fire scenarier.

8.4 Økonomi

Resultaterne i dette kapitel afspejler den samlede økonomi for alle el- og varmeproducenter. Der er dermed ikke foretaget en *interessentanalyse*, og der er ikke taget hensyn til evt. eksisterende kontrakter.

Resultaterne opgøres dels selskabsøkonomisk (inkl. skatter, afgifter og tariffer) og dels samfundsøkonomisk (ekskl. skatter, afgifter og med samfundsøkonomiske tariffer). I den samfundsøkonomiske opgørelse er skatter, afgifter og tariffer beholdt i selve optimeringen, for at få den korrekte lastfordeling af værkerne. I selve resultatvisningen er skatter, afgifter og tariffer så fjernet for at vise samfundsøkonomien.

I beregningen af de annuierede kapitalomkostninger, for teknologi-investeringerne i scenarierne, er der anvendt en real rente på 4 % og en økonomisk levetid på 25 år. Der tages således ikke hensyn til eventuelle forskelle i tekniske levetider for anlæggene. Der er kun medtaget kapitalomkostninger for nyinvesteringer. Kapitalomkostninger for eksisterende værker betragtes derfor som 'sunk-cost'.

I Tabel 11 og Tabel 12 er listet forskellen i hhv. selskabs- og samfundsøkonomi mellem 'Ingen import'-scenarier og de tre import-scenarier i alle år.

(mio. kr.)	2015	2020	2030	2040	2050
200 kr./ton	6	0	0	2	-3
300 kr./ton	48	0	6	166	-37
400 kr./ton	87	3	146	773	291

Tabel 11: Udvikling i selskabsøkonomi i el- og varmesektoren fra 2015 til 2050 i forhold til scenarieret med ingen import.

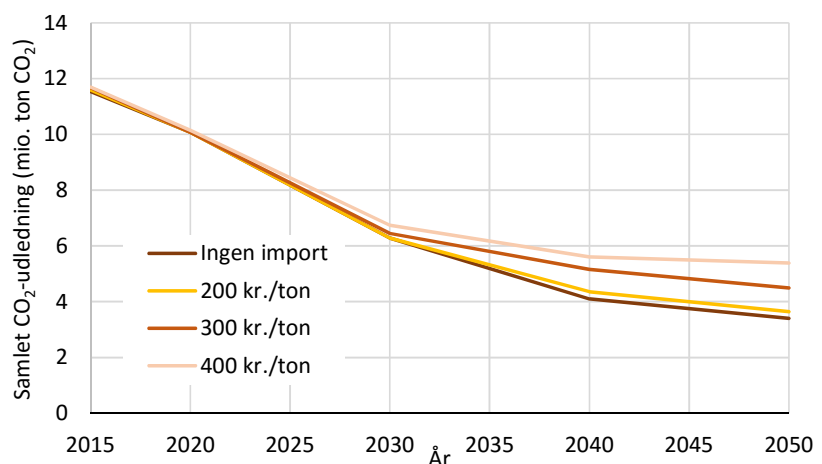
(mio. kr.)	2015	2020	2030	2040	2050
200 kr./ton	89	0	0	15	-5
300 kr./ton	241	0	112	202	-43
400 kr./ton	308	97	467	842	286

Tabel 12: Udvikling i samfundsøkonomi i el- og varmesektoren fra 2015 til 2050 i forhold til scenarieret med ingen import.

Ved forhøjet affaldspris forbedres selskabsøkonomien helt frem til 2040. I 2050 bliver den forværret under scenarierne på 200 kr./ton og 300 kr./ton. Baggrunden herfor, er at en del af de investeringer i forbrændingskapacitet som foretages i 2040, ikke er rentable i 2050. Primært grundet den forhøjede CO₂-kvotepris. Ved en pris på 400 kr./ton er en større del af kapaciteten rentabel, også i 2050. Det samme billede er tilfældet i samfundsøkonomien. Hvor der er positiv samfundsøkonomi frem til 2040 i alle scenarier. Bemærk, at der ikke er stor forskel på selskabs- og samfundsøkonomi i 2040 og 2050, da der ikke længere indgår energiafgifter i beregningerne i disse år.

8.5 Udvikling af CO₂-udledning i el- og fjernvarmesektoren

Udviklingen af den samlede CO₂-udledning for el- og fjernvarmesektoren er vist i Figur 38.



Figur 38: Udvikling i CO₂-udledning i el- og fjernvarmesektoren i de fire scenarier.

Udledningen falder støt fra ca. 15 mio. ton i 2015 til mellem 3,2 og 5,5 ton i 2050.

9 Følsomhedsanalyser

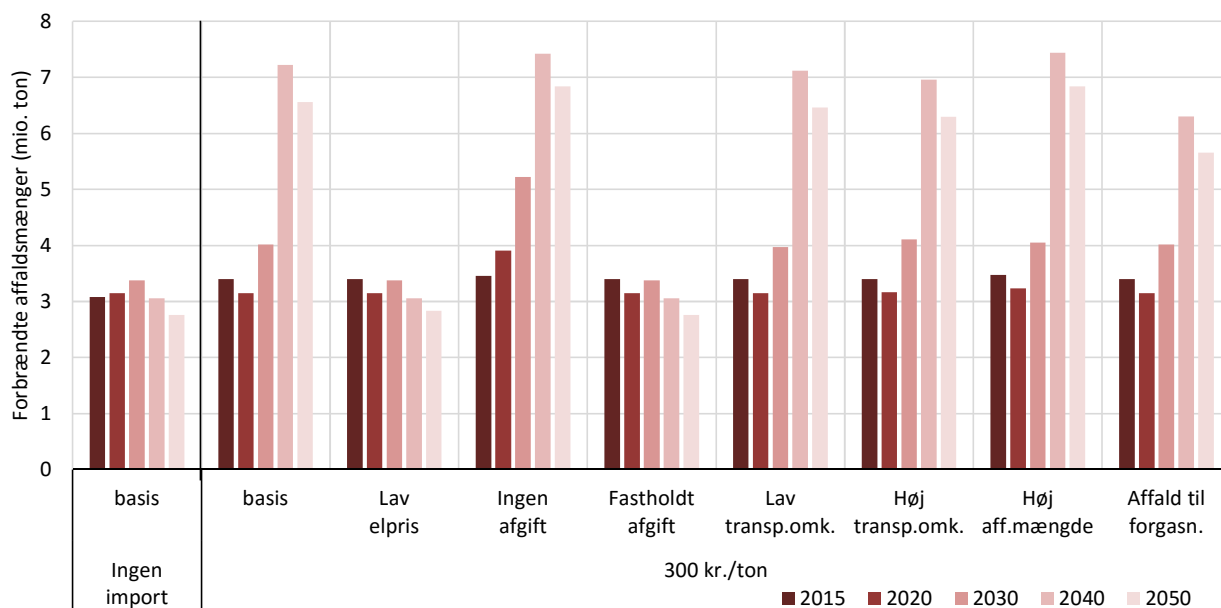
Der er lavet syv følsomheder på relevante og udslagsgivende parametre for scenariet med importpris på 300 kr./ton.

1. Lav elpris: Elprisen holdes i alle år på 2015-niveau, som i historisk kontekst har været forholdsvis lave.
2. Ingen afgift: Alle årene regnes uden energiafgifter (tilnærmet samfundsøkonomi).
3. Fastholdt afgift: Alle årene har energiafgifter på 2015-niveau (ingen afgiftsreform).
4. Lav transportomkostning: Alle transportomkostninger (kr./ton/km) bliver halveret.
5. Høj transportomkostning: Alle transportomkostninger (kr./ton/km) bliver tilføjet 50%.
6. Høj affaldsmængde: Fremskrivningen af nationale affaldsmængder efter 2030 fortsætter med samme vækst som fra 2020 til 2030 (ca. 0,8% årligt) i stedet for at falde 1% årligt.
7. Affald til forgasning: Der etableres en stor mængde biobrændstoffabrikker i 2040 og 2050, som det vurderes at halvdelen af affaldet vil blive anvendt i. Disse fabrikker producerer i alt 7 PJ (2040) og 15 PJ (2050) overskudsvarme som er fordelt i de fire største varmeområder.

Den samlede mængde affald til forbrænding i de syv følsomheder er vist i Figur 39 sammen med basisscenariet med 300 kr./ton og scenariet med ingen import.

De to følsomheder, der giver den største indflydelse, er den med lav elpris (2015-niveau) og den med fastholdelse af de nuværende afgifter. I disse to tilfælde bliver der efter 2020 kun etableret den nødvendige kapacitet til at kunne afbrænde den nationale mængde affald.

Ved fjernelse af afgifterne allerede fra 2015, bliver der importeret ca. 1 mio. ton mere i 2020 og 2030. Det har kun en mindre indflydelse i 2040 og 2050, da disse i basisscenariet allerede havde udfaset afgifterne.



Figur 39: Total mængde afbrændt affald i el- og fjernvarmesektoren i mio. ton. for scenariet uden import og scenariet med en import modtagerpris på 300 kr./ton og følsomheder på det sidstnævnte scenarie.

Transportomkostningerne har meget lidt indflydelse på den samlede mængde afbrændt affald. Omkostningerne har en indflydelse på *hvor* affaldet bliver brændt af, men meget lidt indflydelse på *hvor meget*. Grunden er at den nationale mængde skal brændes af, og den importerede mængde har meget kort afstand fra havn til forbrændingsanlæg.

Ved en forhøjelse af de nationale mængder affald, er den totale mængde forbrændt affald næsten uændret. Der importeres i dette tilfælde i stedet mindre affald, så summen bliver cirka det samme. Ved etablering af biobrændstoffabrikker kunne man forvente at se et tilsvarende mønster når de nationale mængder falder, så kunne det være at der i stedet ville blive importeret mere, sådan at det cirka udlignede sig. Dette er dog ikke tilfældet, og vi ser at der sker en sænkelse af den totale mængde afbrændt affald i 2040 og 2050. Dette skyldes ikke udelukkende faldet i de nationale mængder, men også at der er en stor mængde overskudsvarme i systemerne, som skubber affaldsvarmen ud.

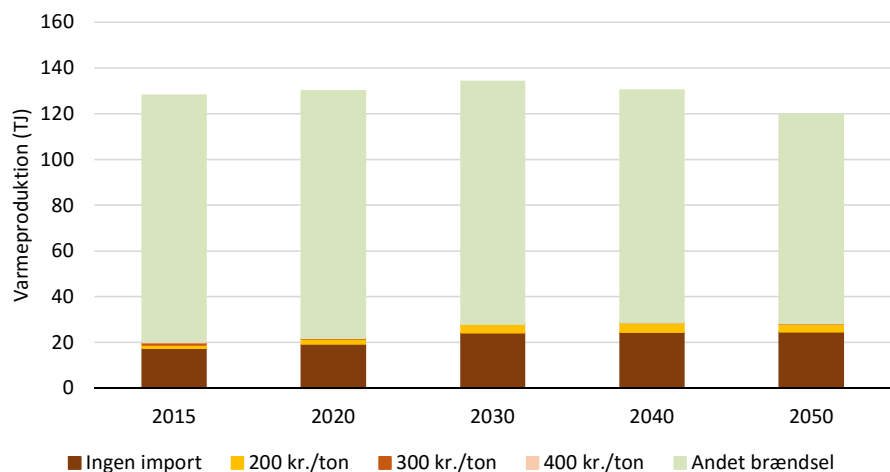
10 Loft på investeringer i forbrændingskapacitet

I de scenarier der tidligere er gennemgået, er investeringer i el- og varmeproduktionsanlæg foretaget på baggrund af en økonomisk optimering, bl.a. under forudsætninger om en kendt importpris for affald.

I dette kapitel ses på konsekvenserne af forskellige affaldspriser, såfremt der i alle år sigtes efter en fastlagt kapacitetstilpasning. Der kan fx sigtes efter at der i Danmark altid er forbrændingskapacitet til at håndtere 115% af den forventede affaldsmængde. Der kan vælges andre faktorer end 115%, men en vis overkapacitet kan være rimelig i forhold til at tage hensyn til fejlprognoser m.m.

I beregningerne åbnes der for, at overkapaciteten bruges til at afbrænde importeret affald til priser som i de tidligere scenarier. Da det igen er modellen der får lov at etablere anlæggene frit, ses samme tendens til centralisering af forbrændingskapaciteten.

Udviklingen i varmeproduktionen er vist i Figur 40. Figuren viser, at når først værkerne er etableret, så bliver kapaciteten anvendt til importeret affald, selv ved en importpris på 200 kr./ton. Modtagegebyret på 200 kr./ton er dog ikke nok til at dække de øgede faste omkostninger, samt øgede afgiftsbetalinger, når der sammenlignes med en kapacitetstilpasning til 100% af de indenlandske mængder. Derfor bliver selskabsøkonomien negativ de første år (se Tabel 13), og bliver først positiv i 2040. Fra 2040 er der beregningsmæssigt indført en afgiftsreform.



Figur 40: Udviklingen af fjernvarmeproduktionen i de forskellige scenarier, ved begrænsning på hvor meget overkapacitet der må være i systemet.

(mio. kr.)	2015	2020	2030	2040	2050
200 kr./ton	6	-100	-16	109	-15
300 kr./ton	48	-59	32	155	22
400 kr./ton	87	-31	81	198	60

Tabel 13: Udviklingen i selskabsøkonomien i el- og varmesektoren fra 2015 til 2050, i forhold til scenariet med ingen import, når der kun må etableres 15% overkapacitet af forbrændingsanlæg.

Derimod er samfundsøkonomien positiv i alle årene og i alle scenarier, bortset fra 2050 ved 200 kr./ton. Konklusionen kunne derfor være, at det er en samfundsøkonomisk robust strategi at kapacitetstilpasse affaldsforbrænding til en begrænset overkapacitet. Med overkapacitet menes, at der er kapacitet til at afbrænde mere affald end de forventede indenlandsk producerede forbrændingsegne mængder, der ikke påtænkes genbrugt eller genanvendt.

(mio. kr.)	2015	2020	2030	2040	2050
200 kr./ton	89	85	106	126	-15
300 kr./ton	241	142	154	172	22
400 kr./ton	308	177	203	215	59

Tabel 14: Udviklingen i samfundsøkonomien i el- og varmesektoren fra 2015 til 2050, i forhold til scenariet med ingen import, når der kun må etableres 15% overkapacitet af forbrændingsanlæg.

11 Referencer

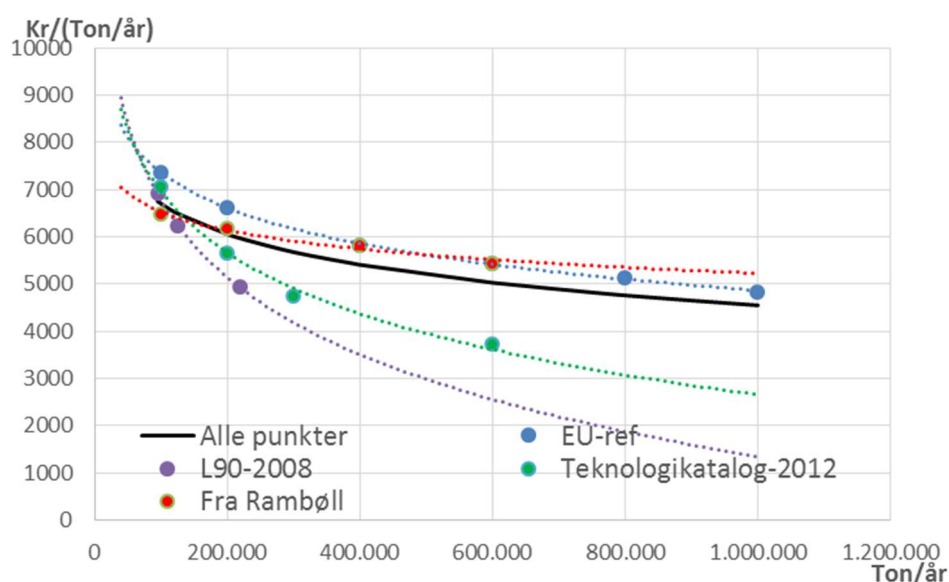
- 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH. (2013). *NETZENTWICKLUNGS -PLAN STROM 2013*.
- AMEC Environment & Infrastructure UK Limited. (2013). *Research into SRF and RDF Exports to Other EU Countries*. AMEC Environment & Infrastructure UK Limited.
- Birkmose, T., Hjort-Gregersen, K., & Stefanek, K. (2013). *Biomasse Til BioGas anlæg i Danmark - på kort langt sigt*. Agrotech.
- CEN. (2011). *EN 15359 - Solid Recovered Fuels – SPECIFICATIONS AND CLASSES*. European Committee for Standardization.
- Circular Economy Strategy*. (16. February 2016). Hentet fra European Commission: http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm
- CMS Cameron McKenna LLP. (2013). *Waste Management in Central and Eastern Europe*. London: CMS Cameron McKenna LLP.
- COM. (2015). *KOMMISSIONENS DIREKTIV (EU) 2015/1127 af 10. juli 2015 om ændring af bilag II til Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2008/98/EF om affald og om ophævelse af visse direktiver*. EUROPA-KOMMISSIONEN.
- COM762. (2012). *Energy Efficiency Directive*. Hentet fra <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive>
- DAF, D. o. (2015). *BEATE Benchmarking af affaldssektoren 2015 (data fra 2014) Forbrænding*. Energi-, Forsynings- og Klimaudvalget.
- Dakofa. (7. September 2015). Energi og affaldsforbrændingsanlæg.
- DAKOFA. (22. June 2015). *Kapacitetstilpasning af affaldsforbrænding i Europa i en cirkulær økonomi*. Hentet fra DAKOFA: <https://dakofa.dk/element/kapacitetstilpasning-af-affaldsforbraending-i-europa-i-en-cirkulaer-oekonomi/>
- DanskFjernvarme. (25. maj 2014). *Fjernvarmeinfo*. Hentet fra DanskFjernvarme: <http://www.danskfjernvarme.dk/viden-om/fjernvarmeinfo>
- Department for Environment Food & Rural Affaris. (2013). *Waste Management Plan for England*. London: Crown.
- Dors. (2013). *Økonomi og Miljø 2013*. Det Økonomiske Råd.
- Ea Energi Analyse. (2015). *Varmeforsyning - Temanotat til Energi på Tværs*. Ea Energi Analyse.
- Ea Energianalyse. (2012). *Energy Policy Strategies of the Baltic Sea Region for the post-Kyoto Period*. Copenhagen.

- Ea Energianalyse. (2015). *Affald - Temanotat til "Energi på tværs"*.
- Ea Energianalyse, C. (2014). *Fjernvarmens rolle i den fremtidige energiforsyning*. Energistyrelsen.
- EaEnergianalyse. (2014). *Varmeplan Hovedstaden 3*. CTR, HOFOR, VEKS.
- Energistyrelsen. (2016). *Fjernvarmesektorens organisering og aktører - en oversigt*. Hentet fra Ens: <http://www.ens.dk/undergrund-forsyning/el-naturgas-varmeforsyning/forsyning-varme/generel-varmeforsyning-1>
- Environment Agency. (25. Feb 2016). *Non-Spatial Data - International Waste Shipments from England*. Hentet fra Environment Agency: <http://www.geostore.com/environment-agency/WebStore?xml=environment-agency/xml/ogcExternalDataDownload.xml>
- EU. (2008). *Directive 2008/98/EC*. Europa Parlamentet og Rådet.
- European Environment Agency. (2006). *How much bioenergy can Europe produce without harming the environment?*
- European Union. (2015). *Understanding waste management - Policy challenges and opportunities*. European Union.
- Eurostat. (14. February 2016). *Municipal waste*. Hentet fra Eurostat: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do>
- Fjernvarme. (2011). *Hvor mange har fjernvarme?* Hentet fra Fjernvarme.info: <http://fjernvarme.info/Udbredelse-i-DK.261.aspx>
- FN. (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. United Nations.
- Gentil, E. C. (2013). *Municipal waste management in France*. Copenhagen: European Environment Agency.
- Green Investment Bank. (2014). *The UK residual waste market*. Green Investment Bank.
- Ingeniøren. (20. januar 2016). *Fiasko for Dongs affaldssuppe: Den er for beskidt til at genanvende*. Hentet fra Ingeniøren: <http://ing.dk/artikel/fiasko-dongs-affaldssuppe-den-er-beskidt-til-genanvende-181633>
- Jørgensen, P. J. (2009). *Biogas - grøn energi*. Tjele: Peter Jacob Jørgensen, PlanEnergi og "Forsker for en dag" – Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet 2009.
- Kleis, H. o. (2003). *100 år med affaldsforbrænding i Danmark*. Babcock & Wilcox Vælund og Rambøll.
- Miljøministeriet. (2006). *BEK nr 1637 af 13/12/2006*. Miljøministeriet.
- Miljøstyrelsen. (2010). *Forbrænding af affald - Afrapportering fra den tværministerielle arbejdsgruppe*. Rosendahls - Schultz Distribution.

- Miljøstyrelsen. (2015). *Fremskrivning af generering og behandling af affald (Frida 2015, Miljøprojekt nr. 1659)*.
- Quartz+CO. (2015). *Energiindustriens historiske omstilling og betydning for Danmark*.
- Rambøll. (2013). *Notat vedrørende investerings- og driftsomkostninger af Forbrændingsanlæg*. Rambøll.
- Rambøll. (2016). *Verifikation af investering i affaldskraftvarme eller varme*. Rambøll.
- Regeringen. (2013). *Danmark uden affald*. Natur-, Miljø- og Fødevareministeriet.
- Regeringen. (2015). *Danmark uden affald II*. Natur - Miljø- og Fødevareministeriet.
- SRSF-regeringen. (2012). *Aftale mellem regeringen (Socialdemokraterne, Det Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti) og Venstre, Dansk Folkeparti, Enhedslisten og Det Konservative Folkeparti om den danske energipolitik 2012-2020*. Regeringen. Hentet fra http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/politik/dansk-klima-energipolitik/politiske-aftaler-paa-energiomraadet/energiaftalen-22-marts-2012/Aftale_22-03-2012_FINAL_ren.doc.pdf
- Switzerland Global Enterprise. (2015). *Waste Management in Poland*. Zurich: Switzerland Global Enterprise.
- Wilts, H., & von Gries, N. (2014). *Municipal Solid Waste Management - Capacities in Europe*. The European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production.
- Wirsig, G. (5. June 2015). *German plants under pressure from UK exports of RDF*. Hentet fra [letsrecycle.com](http://www.letsrecycle.com): <http://www.letsrecycle.com/news/latest-news/german-plants-under-pressure-from-uk-exports-of-rdf/>

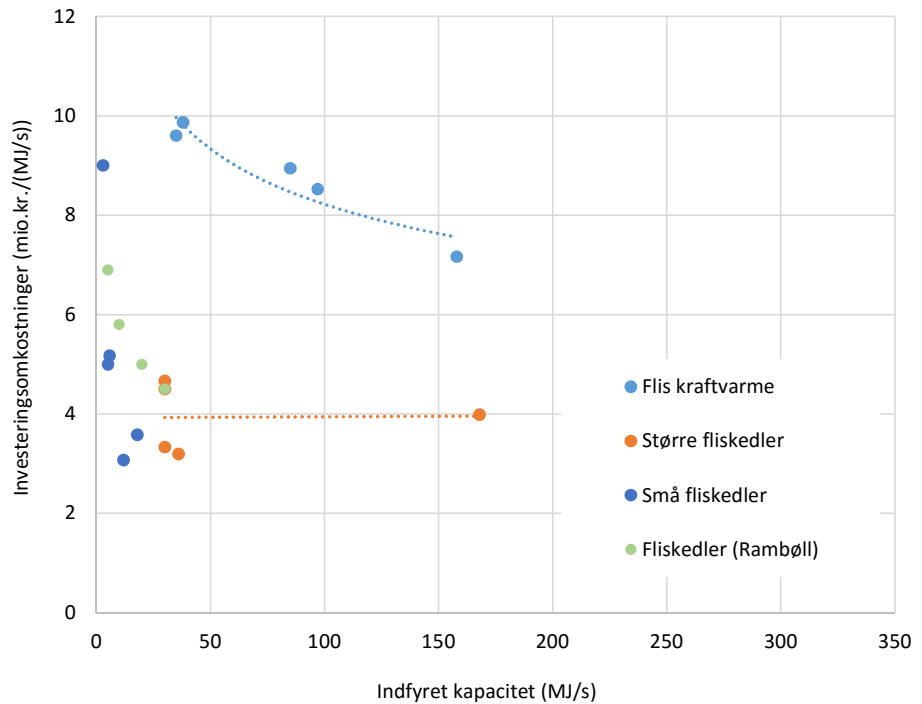
Appendiks A: Investerings- og driftsomkostninger ved affaldsforbrænding

Dette appendiks bygger videre på analysen "To scenarier for tilpasning af affaldsforbrændingskapaciteten i Danmark", som er udarbejdet i 2014 af Ea Energianalyse for Dansk Affaldsforening, Dansk Fjernvarme og KL. Figur 41 er fra denne analyse, som viser investeringsomkostningerne for affaldskraftvarme afhængig af størrelsen på værket. Den sorte linje er vurderet at være det bedste bud på investeringsomkostningerne. Analysen fra 2014 medtog ikke rene affaldskedler, hvilket er hvad dette notat kommer med en vurdering af.



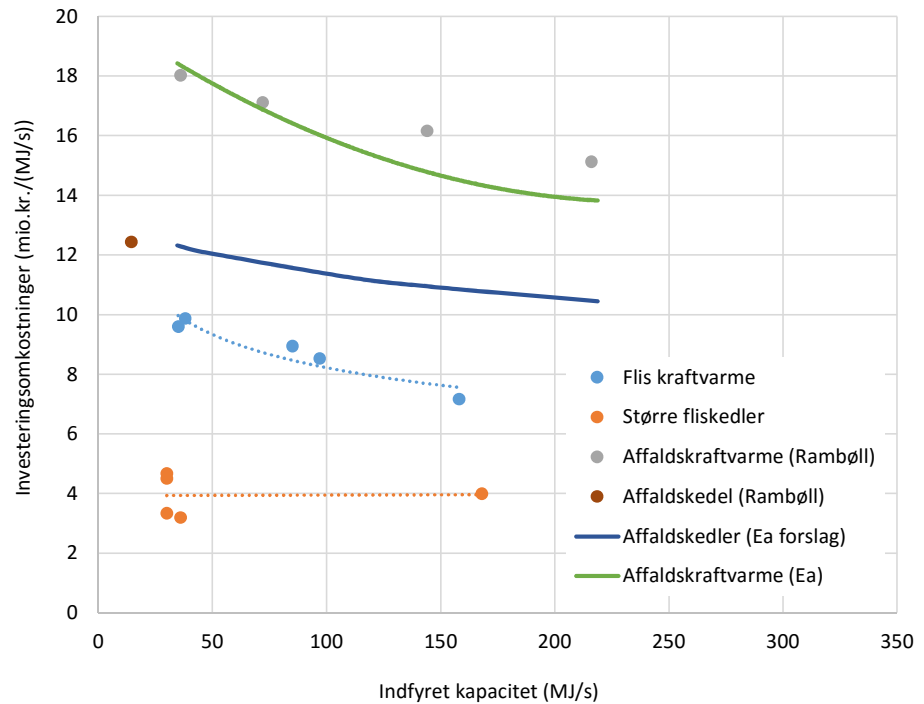
Figur 41: Investeringsomkostningerne for affaldskraftvarme. Baseret på tidligere analyse fra 2014, udarbejdet af Ea Energianalyse for Dansk Affaldsforening, Dansk Fjernvarme og KL.

Ea Energianalyse har sammenlignet investeringsomkostningerne for fliskraftvarme og fliskedler fra forskellige gennemførte og planlagte projekter. Data er vist i Figur 42. For kraftvarme er der en klar storskalafordel. For små fliskedler (under 30 MJ/s) varierer prisen meget. For større fliskedler ligger investeringsomkostningerne på ca. 4 mio. kr./(MJ/s).



Figur 42: Investeringsomkostningerne for flisfyrede kedler og kraftvarmeværker, afhængig af værkets indfyrede kapacitet.

Omkostningerne til investering i affaldskraftvarme, ligger på et betydeligt højere niveau som vist i Figur 43. Den grønne linje er fra analysen "To scenarier for tilpasning af affaldsforbrændingskapaciteten i Danmark" udarbejdet i 2014 af Ea Energianalyse for Dansk Affaldsforening, Dansk Fjernvarme og KL. De grå datapunkter (samt den ene røde) er fra Rambøll notatet "Notat vedrørende investerings- og driftsomkostninger for forbrændingsanlæg" udarbejdet for Dansk Affaldsforening i 2013 (Rambøll, 2013).



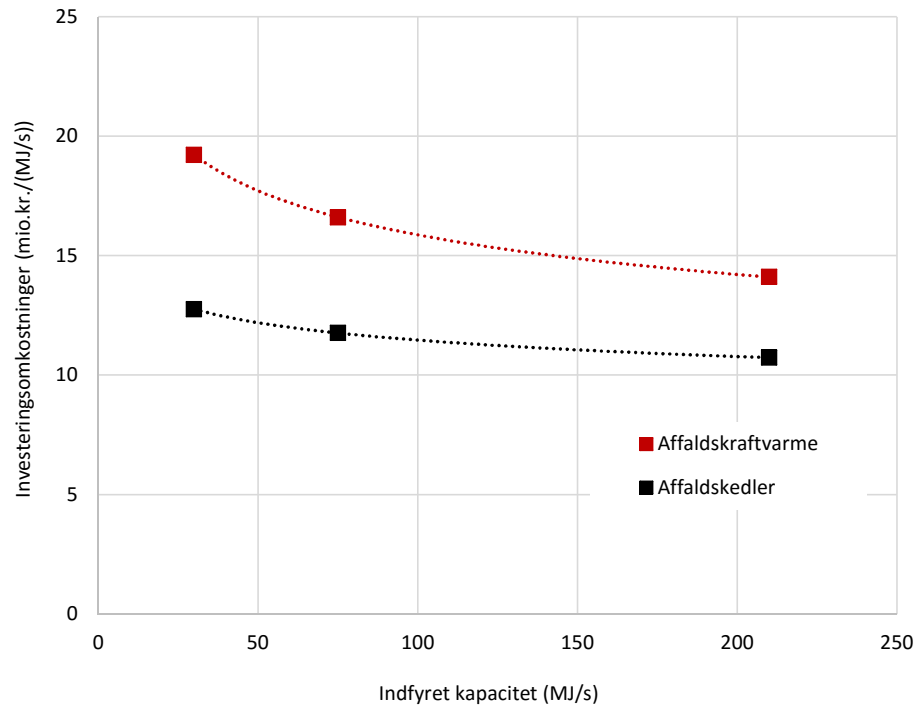
Figur 43: Investeringsomkostningerne for kedler og kraftvarmeværker, afhængig af værkets indfyrede kapacitet. Vist for fyring med affald og flis.

Det vurderes, at den primære forskel i investeringsomkostningerne mellem fyring med flis og affald, er relateret til forskellene i kedlerne og udstyret til håndteringen af brændslet. Ud fra dette vurderes det, at forskellen mellem investeringer i affaldskedler og affaldskraftvarme per MJ/s indfyret, må være sammenlignelig med forskellen mellem fliskedler og fliskraftvarme. Ud fra denne vurdering repræsenterer den mørkeblå linje Ea's forslag til investeringsomkostningerne for affaldskedler.

Rambøll har sammenlignet ovennævnte resultater i et notat fra 22. januar 2016, "Verifikation af investering i affaldskraftvarme eller varme" (Rambøll, 2016). De kommer frem til ca. samme meromkostning.

11.1 Anvendte investeringsomkostninger i analysen

I modelanalyserne regnes der i udgangspunktet på tre forskellige størrelser af affaldsforbrændingsværker. Disse er små, mellemstore og store med hhv. en indfyret kapacitet på 10, 25 og 70 tons/h. I Figur 44 og Tabel 15 er vist de anvendte værdier.



Figur 44: Investeringsomkostningerne for de i analysen anvendte affaldskedler og affaldskraftvarmeværker, afhængig af værkets indfyrede kapacitet.

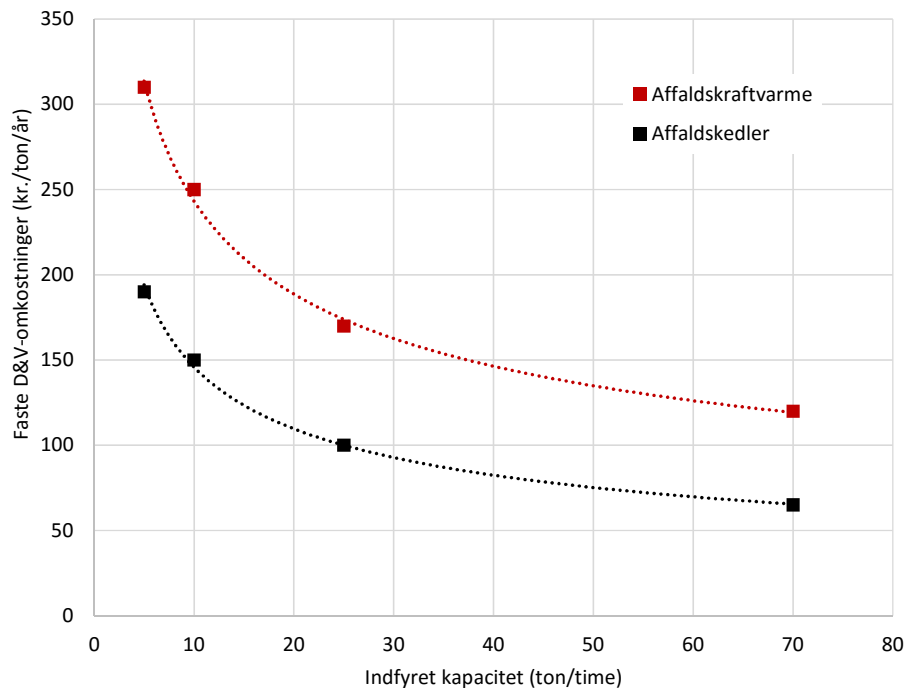
	Indfyring		Investeringer (kr./ton/år)	
	(ton/time)	(ton/år)	Kraftvarme	Kedler
Meget små	5	40.000	7.857	4.961
Små	10	80.000	7.037	4.664
Mellem	25	200.000	6.083	4.299
Store	70	560.000	5.165	3.923

Tabel 15: Forudsætninger for størrelser og investeringsomkostninger for affaldskedler og affaldskraftvarmeværker.

11.2 Omkostninger til drift og vedligehold

De variable D&V-omkostninger vurderes til at være 130 kr./ton affald ud fra Rambølls "Notat vedrørende investerings- og driftsomkostninger af Forbrændingsanlæg" fra september 2013 (Rambøll, 2013). Disse er uafhængig af om det er kraftvarme- eller rene varmeværker, samt uafhængig af størrelsen på værket. At den variable D&V-omkostning er uafhængig af størrelse er også udgangspunktet for Miljøstyrelsens "Miljø- og samfundsøkonomisk vurdering af muligheder for øget genanvendelse af papir, pap, plast, metal og organisk affald fra dagrenovation" fra 2013, som bygger på vurderinger fra COWI. I Miljøstyrelsens rapport har de dog en noget højere omkostning på ca. 200 kr./ton. Det er erfaringsmæssigt vurderet at 130 kr./ton er et retvisende beløb.

De faste D&V-omkostninger, vist i Figur 45, er beregnet fra Rambøll notaterne fra 2013 og 2016 (Rambøll, 2013) (Rambøll, 2016). Det ses at der er en betydelig storskalafordel på de faste D&V-omkostninger.



Figur 45: Fast D&V-omkostninger for affaldskraftvarme og affaldskedler afhængig af størrelsen på værket.

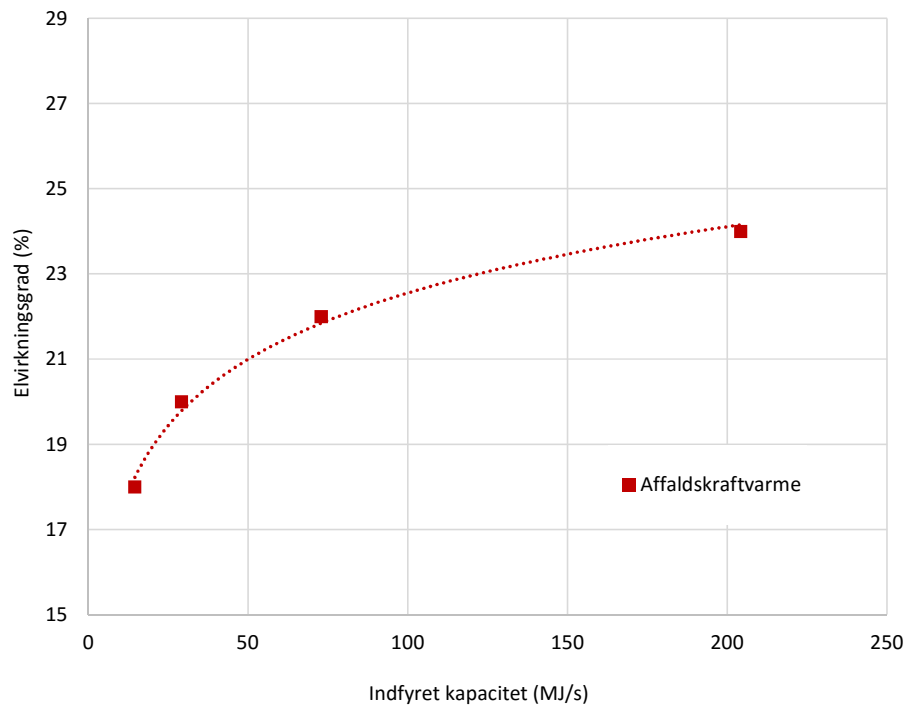
	Indfyring		Fast D&V (kr./((ton/år)))		Variable D&V (kr./ton)
	(ton/time)	(ton/år)	Kraftvarme	Kedler	
Meget små	5	40.000	339	207	130
Små	10	80.000	273	165	130
Mellem	25	200.000	186	108	130
Store	70	560.000	132	72	130

Tabel 16: Forudsætninger for størrelser og D&V-omkostninger for affaldskedler og affaldskraftvarmeværker. De variable D&V-omkostninger er gældende for både kraftvarme og kedler.

11.3 Indflydelse på virkningsgraden

Totalvirkningsgraden for et affaldsforbrændingsanlæg afhænger typisk ikke af størrelsen, eller hvorvidt det er kraftvarme- eller rene varmeværker. Totalvirkningsgraden ligger ofte på 85-95%.

Elvirkningsgraden afhænger til gengæld af størrelsen på anlægget af tekniske grunde, som er forklaret i Rambøll notatet fra 2016. Dette betyder også at forholdet mellem el- og varmeproduktion i kraftvarmeværket ændres – hvilket er vist i Tabel 17.



Figur 46: Elvirkningsgrader for affaldskraftvarme, afhængig af størrelsen på værket.

	Indfyring		Kraftvarme		Kraftvarme/Kedler
	(ton/time)	(ton/år)	Elvirkningsgrad	Cm-værdi	Totalvirkningsgrad
Meget små	5	40.000	18%	0,23	95%
Små	10	80.000	20%	0,27	95%
Mellem	25	200.000	22%	0,30	95%
Store	70	560.000	24%	0,34	95%

Tabel 17: Forudsætninger for størrelser og virkningsgrader for affaldskedler og affaldskraftvarmeværker. Totalvirkningsgraderne er gældende for både kraftvarme og kedler.