



Ea Energianalyse

To scenarier for tilpasning af affaldsforbrændingskapaciteten i Danmark

26. marts 2014

Udarbejdet for:

Dansk Affaldsforening, Dansk Fjernvarme og KL

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	Resume.....	4
2	Baggrund og metode	10
3	Modelopbygning	14
	3.1 Affaldstransportmodul	14
	3.2 Transportomkostninger	15
4	Forudsætninger og data	16
	4.1 Driftsomkostninger.....	16
	4.2 Investering i nye affaldsforbrændingsanlæg	19
	4.3 Affaldsproduktion.....	21
	4.4 Affaldsoplande	22
	4.5 Fremskrivning af affaldsmængder.....	24
	4.6 Udvikling i el- og varmforsyning	25
5	Scenarier	29
	5.1 Mix-scenarie.....	30
	5.2 Licitationsscenariet.....	31
	5.3 Kapacitetsudbygning og investeringer	31
	5.4 Affaldsværkernes økonomi	32
	5.5 Behandlingsomkostninger	34
	5.6 Økonomiske konsekvenser for hele energisystemet	35
6	Følsomhedsanalyser	37
	6.1 Fastholdte affaldsmængder fra 2024	37
	6.2 Transportomkostninger for husholdningsaffald	39
	Bilag 1: Regneeksempel	43

1 Resume

En velfungerende affaldsforbrændingssektor bidrager til at sikre effektiv udnyttelse af affaldsressourcerne. Regeringen lægger i Ressourcestrategien "Danmark uden affald – Genanvend mere forbrænd mindre" fra oktober 2013 op til øget genanvendelse af affaldsressourcen samt en modernisering af sektoren. Dette kan medføre, at der er faldende indenlandske affaldsressourcer til forbrænding på de danske kraftvarmeanlæg.

Formål og analysegrundlag

Formålet med denne analyse er at vurdere forskellen i samfundsøkonomi ved to forskellige strategier for tilpasning af den danske forbrændingskapacitet til de indenlandske affaldsmængder. Konsekvenser ved import/eksport af affald belyses ikke direkte. Analysen er baseret på beregninger med el- og fjernvarmemodellen Balmorel, fremskrivning af affaldsmængder til 2050, Energistyrelsens teknologikatalog, BEATE data, energiproducenttællingen m.v. Endvidere er der i samråd med Dansk Affaldsforening anvendt opdaterede data for omkostninger ved forbrænding på nye anlæg.

To scenarier

I analysen beregnes to udviklingsscenarier: Et Mix-scenarie, hvor de eksisterende affaldsbyer som hovedregel fortsat modtager husholdningsaffald¹ fra deres nuværende affaldsoplande og andre kommuner, som i dag vides at levere affald til anlægget i byen. Erhvervsaffald kan frit transporteres rundt i hele landet. Samt et Licitationsscenarie, hvor både husholdningsaffald og erhvervsaffald frit kan transporteres rundt i hele landet. Navnene Mix-scenarie og Licitationsscenarie er valgt med inspiration fra rapporten "Forbrænding af affald" fra 2010. Allokeringen af forbrændingseget affald i både Mix- og Licitationsscenariet afviger fra de i dag gældende anvisningsregler for forbrændingseget affald.

I begge scenarier optimerer modelværktøjet forbrændingskapaciteten, under hensyntagen til stordriftsfordele, transportomkostninger og muligheder for alternativ varmforsyning i de enkelte byer. Modellen søger den løsning, hvor de samlede omkostninger til at forsyne modelområdet med el- og varme er lavest, under forudsætning om at hele affaldsressourcen anvendes.

Analysen er en samfundsøkonomisk optimering uden afgifter og tilskud². Den samfundsøkonomiske optimering betyder, at modellen i visse tilfælde vælger

¹ Kommunalt indsamlet affald.

² Forvridningstab er ikke inkluderet i den samfundsøkonomiske beregning.

alternative varmforsyninger, som ikke er selskabsøkonomisk interessante. Eksempelvis i visse tilfælde i begyndelsen af perioden naturgas frem for biomasse, varmepumper og solvarme. Dette er i øvrigt i overensstemmelse med kraftvarmekravet i eksisterende regulering i henhold til varmforsyningsloven.

Grundforudsætninger og følsomheder

Det er en grundforudsætning i modelberegningerne, at forbrændingskapaciteten tilpasses de danske affaldsmængder, og at der ikke importeres eller eksporteres affald. Fremskrivningen af de danske affaldsmængder frem til 2024 er baseret på oplysninger tilvejebragt i forbindelse med udmeldingen af regeringens ressourcestrategi.³ Som en valgt forudsætning i denne analyse er det endvidere antaget at affaldsmængderne til forbrænding efter 2024 reduceres med ca. 2% årligt frem mod 2050. Hvilke virkemidler, der er nødvendige for at opnå en sådan betydelig reduktion fra 2024 og frem, er ikke vurderet.

Det er endvidere en analyseforudsætning, at det danske energisystem lever op til regeringens målsætninger i 2020, 2030, 2035 og 2050, samt at landene omkring Danmark følger sporet i EU's "*Roadmap for moving to a low-carbon economy in 2050*". Disse grundforudsætninger medfører markante ændringer i hele energisystemet, hvor vindkraft kommer til at spille en dominerende rolle. Ud over beregninger med grundforudsætningerne er der foretaget følsomhedsberegninger.

Der er regnet følsomhed på fastholdte affaldsmængder til forbrænding efter 2025, samt følsomhed på højere omkostninger til transport af husholdningsaffald.

Økonomi ved affaldshåndtering

Affald til forbrænding er opgjort på kommuneniveau og indgår i modellen som to fraktioner (husholdningsaffald og erhvervsaffald). Beregningsmæssigt produceres affaldet i hver kommunes geografiske centrum, og kan herefter transporteres mod en omkostning på 1 kr/km for erhvervsaffald og 1,5 kr/km for husholdningsaffald⁴.

³ Den samlede indenlandske affaldsmængde til forbrænding i modellen er i udgangspunktet (2011) ca. 5% højere end statistikdata fra f.eks. BEATE.

⁴ Data er baseret på Forbrænding af affald, Miljøstyrelsen, 2010 samt vurdering af faktiske omkostninger baseret på aktøroplysninger. Det er fremført i projektets følgegruppe, at 1,5 kr/ton er for lavt til at dække omkostninger for transport af husholdningsaffald uden etablering af omlastestationer. Det har ikke været muligt inden for rammerne af denne analyse at indregne omkostninger til omlastestationer.

Omkostningerne på eksisterende forbrændingsanlæg er baseret på Miljøstyrelsens BEATE data. Når det er samfundsøkonomisk fordelagtigt kan modellen lukke eksisterende ovnlinjer, før deres tekniske levetid udløber og/eller investere i nye forbrændingsanlæg med en omkostningsstruktur som vist i Tabel 1. Det er ikke tilladt modellen at investere i forbrændingsanlæg uden elproduktion, selvom dette i den samfundsøkonomiske optimering kan være fordelagtigt.

Anlægsstørrelse (ton/time)	Investerings- omkostninger (kr./ton/år)	Faste D&V (kr./ton)	Variable D&V (kr./ton)	Samlede D&V (kr./ton)	Samlede omk.* (kr./ton)
10	6917	250	130	380	935
25	6060	170	130	300	786
70	5096	120	130	250	659

Tabel 1. Omkostninger for nye investeringer i tre forskellige anlægsstørrelser. Kilde: Vurdering af omkostninger til eksisterende og fremtidige affaldsforbrændingsanlæg, Ea Energianalyse, 2013. Det antages, at der ikke foretages investeringer i affaldsøvn med en kapacitet mindre end 10 ton/time.

*Samlede omkostninger er under antagelse af 8000 driftstimer/år, en afskrivningsperiode på 20 år og 5 % rente

Investeringer i ny affaldsforbrænding er tilladt fra 2020 i de eksisterende affaldsbyer⁵.

Modelresultater

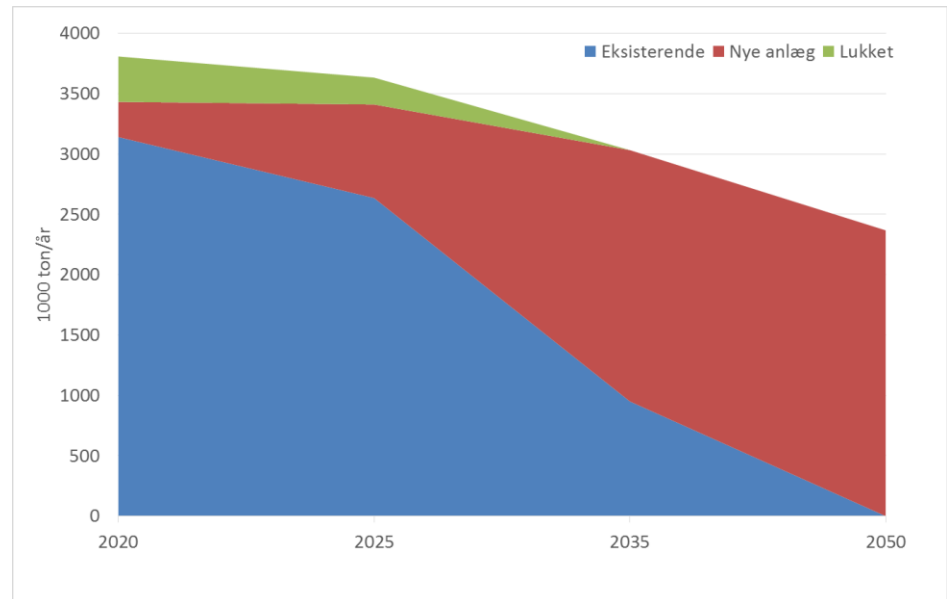
Som følge af faldende affaldsmængder til forbrænding samt omkostningsstrukturen vist i Tabel 1, vil modellen søge at flytte affald fra mindre og dyrere værker til større og mere omkostningseffektive værker. Omkostninger ved tilpasning af den øvrige varmforsyning i de byer, der berøres af ændringer på affaldssiden, indgår i analysen. Et resultat fra den samfundsøkonomiske analyse er, at størstedelen af forbrændingskapaciteten på længere sigt i begge scenarier samles på færre, større anlæg i de store byer.

I modelkørslerne er der som nævnt ikke regnet med affaldsimport. Ledig forbrændingskapacitet i begyndelsen af perioden kan håndteres ved enten at udnytte anlæggene til afbrænding af træflis eller at lukke de mindst omkostningseffektive anlæg for at spare faste omkostninger. Lukning af anlæg kræver alternativ varmforsyning, hvor omkostningerne hertil indgår i beregningerne. Kapitalomkostninger på eksisterende anlæg betragtes i den

⁵ Dog har modellen fået mulighed for investering i nyt anlæg i Midtjylland med varmesalg til Silkeborg.

samfundsøkonomiske analyse som "sunk cost" og påvirker dermed ikke beslutning om evt. lukning.

Figur 1 viser udviklingen af den samlede forbrændingskapacitet i licitationsscenarioet. Det grønne felt viser den kapacitet på eksisterende anlæg, som modellen vælger at lukke, før den tekniske levetid er udløbet.



Figur 1. Udvikling af kapacitet i licitationsscenarioet for hele Danmark målt i 1000 ton/år opdelt på eksisterende anlæg (indeholdende planlagte anlæg), nye anlæg og lukkede anlæg. Lukkede anlæg er eksisterende eller planlagte anlæg, der ikke er i drift inden udløb af den tekniske levetid.

Ud over at forbrændingskapaciteten falder, så koncentrerer kapaciteten også på færre større byer med et stort varmegrundlag. I 2050 er der således kun affaldsforbrænding i Odense, Tvis, Aalborg, Aarhus og København. Som erstatning for affaldsvarmen i de byer, hvor forbrændingsanlæggene forsvinder, vælger modellen typisk at investere i varmepumper, biomassekraftvarme, biomassekedler og i mindre grad i solvarme. De fleste af de teknologier, som kommer i spil, har ikke den udprægede skalafordel, som kendes fra affaldsforbrændingsanlæg. Endvidere investeres der i begrænset omfang i gasteknologi (fra 2035 er biogas eneste gasbrændsel, der er til rådighed i modellen af hensyn til de politiske målsætninger).

Økonomi

Der sker betydelige forandringer i el- og varmesystemet over perioden, og de økonomiske vilkår for affaldsforbrænding ændrer sig. I modellens verden er

de energipolitiske målsætninger udtrykt bl.a. gennem en skyggepris på CO₂, som stiger til tæt ved 1000 kr/ton i 2050⁶. CO₂ prisen påvirker også affaldsforbrændingsanlæggenes økonomi gennem den fossile del af CO₂ indholdet i røggassen. Endvidere bliver elpriserne mere svingende i modelberegningerne frem mod 2050, hvilket ikke er til gavn for forbrændingsanlæg, der gerne skal køre med mange driftstimer af hensyn til affaldsressourcen og af hensyn til de høje kapitalomkostninger.

Økonomien kan opgøres som de samlede nettoomkostninger ved at transportere og forbrænde affald⁷ og sikre forsyning med el og varme. Der kan i princippet udtrækkes økonomiske delresultater for de enkelte forbrændingsanlæg under antagelser om omkostningsfordeling mellem el-varme- og affaldssiden. Sådanne delresultater er vist i anonymiseret form i rapportens figurer og skemaer.

Beregningerne viser, at Licitations-scenariet giver en stigende økonomisk gevinst for samfundet (sammenlignet med Mix-scenariet). Gevinsten stiger fra godt 30 mio kr./år til godt 70 mio kr./år i perioden. 70 mio kr./år svarer til knap 3% af forbrændingsanlæggenes beregnede omsætning i 2050. De to scenarier kan derfor, alt andet lige, stort set betragtes som økonomisk ligeværdige. Beregningsresultater for Grundscenarie og for følsomhedsberegninger kan ses i Tabel 2.

Følsomheder

Med en følsomhedsberegning, hvor affaldsmængderne til forbrænding fastholdes fra 2025 og frem, vil den økonomiske gevinst ved Licitations-scenariet på længere sigt stige sammenlignet med Mix-scenariet. Såfremt omkostningerne til transport af husholdningsaffald er højere end antaget i Hovedscenariet, vil den økonomiske gevinst ved Licitations-scenariet derimod falde, da nettofordelen ved at transportere husholdningsaffaldet længere til et større anlæg bliver mindre. Det er fremført fra følgegruppen i projektforslaget, at 3 kr/ton/km for husholdningsaffald er mere retvisende end Hovedscenariets 1,5 kr/ton/km.

Ved højere omkostninger til transport af husholdningsaffald, vil en mindre del af husholdningsaffaldet blive overført til store centrale anlæg end i Hovedscenariet.

⁶ De samme mål kan også opnås gennem forbud, påbud, tilskud og afgifter. Der er ikke i denne analyse taget stilling til de konkrete virkemidler for at nå målene om udfasning af fossile brændsler.

⁷ I modelberegningerne leveres affald af kommune til 0 kr./ton.

Mio. kr				
Samfundsøkonomi	2020	2025	2035	2050
Hovedscenarie	36	48	73	77
Fasteholdte affaldsmængder	36	63	86	97
Transportfølsomhed 3 kr/ton/km	42	49	60	59
Transportfølsomhed 6 kr/ton/km	54	49	45	48

Tabel 2. Potentielle økonomiske forskelle mellem Mix- og Licitations-scenariet for Hovedscenariet og de 3 følsomhedsscenarier udtrykt som nettogevinst ved fri transport. (Mio. kr.)

Opsamling og konklusion

Denne analyse af økonomien i affaldsforbrænding viser, at der beregningsmæssigt er en begrænset samfundsøkonomisk gevinst ved Licitations-scenariet frem for Mix-scenariet. Gevinsten er opgjort til knap 50 mio kr i 2025 stigende til godt 75 mio kr. i 2050. Det skal nævnes, at såfremt modellen havde fået tilladelse til at etablere forbrændingsovne uden elproduktion, ville forskellen mellem de to scenarier sandsynligvis være endnu mindre.

Den beregnede økonomiske gevinst skyldes i al væsentlighed strukturrationalisering i sektoren, altså færre og større forbrændingsanlæg. Beregningerne viser, at forskelle i omkostninger til alternativ varmforsyning i byerne spiller en meget lille rolle for resultatet. Med andre ord, så er omkostningerne til alternativ varmforsyning relativt ufølsom for hvilken størrelse by, der er tale om, mens skalafordelen er betydelig ved forbrændingsanlæg. I praksis vil en sådan ændring af varmforsyningen i et stort antal byer sandsynligvis kræve en væsentlig varmeplanmæssig indsats.

Det er i projektet ikke direkte vurderet, om det vil være samfundsøkonomisk mere rentabelt at udnytte eksisterende ledig forbrændingskapacitet til affaldsimport frem for lukning, som er optimeringsmodellens primære valg. Men da modellen fordeler det indenlandske affald "optimalt", er det de allerdyreste anlæg, der står tilbage med reservekapacitet.

Følsomhedsberegningerne på affaldsmængder fra 2025 indikerer, at affaldsforbrænding har en langsigtet samfundsøkonomisk marginalomkostning på 200 - 250 kr/ton. Med modtagegebyrer over dette beløb an dansk havn, er investering i affaldsforbrændingsanlæg til håndtering af importeret affald derfor samfundsøkonomisk rentabelt med de anvendte beregningsforudsætninger. For nogle eksisterende forbrændingsanlæg med ledig kapacitet er skæringsprisen dog væsentligt lavere. Der er i projektet ikke vurderet fordele ved at kunne anvende import/eksport som fleksibel tilpasning ved prognoseusikkerhed m.v.

Denne analyse er en ren teknisk-økonomisk analyse, hvor der ikke ses på virkemidler. Endvidere er der vurderet samfundsøkonomi i snæver national forstand, således at lokale effekter ikke er perspektiveret. Dette gælder eksempelvis fordeling af sunk costs, kontraktuelle forpligtelser, ændrede varmepriser eller beskæftigelsesmæssige effekter.

2 Baggrund og metode

I Danmark reguleres fjernvarmeforsyning, affaldsforbrændingsanlæg samt kraftvarmeanlæg med en el-effekt op til 25 MW efter varmeforsyningsloven. Det medfører, at kommunalbestyrelsen i samarbejde med forsyningselskaber og andre berørte parter har ansvar for at udføre planlægning for fjernvarmeforsyningen i den enkelte kommune med henblik på at fremme den samfundsøkonomisk billigste opvarmningsform, herunder bl.a. at fremme miljøvenlig varmeproduktion og samproduktion af varme og elektricitet.

Regulering af affaldsforbrændingssektoren

På affaldsområdet er det kommunerne, der har ansvaret for at sikre den nødvendige forbrændingskapacitet, og området er ligesom fjernvarmeområdet reguleret efter hvile-i-sig-selv-princippet.

I 2010 afrapporterede en tværministeriel embedsmandsgruppe en rapport om alternative organiseringsformer og regulering for affaldsforbrændingsområdet⁸. I rapporten fremlægges bl.a. et såkaldt licitationsscenario, hvor erhvervsaffald liberaliseres fuldt ud, og hvor kommunerne udbyder forbrænding af husholdningsaffald.

Omstilling af energisystemet

I marts 2012 indgik et bredt flertal af folketingets partier en aftale om den danske energipolitik. Som et element i denne aftale gennemføres en række analyser af energisektorens udvikling frem mod uafhængighed af fossile brændsler i 2050.

Med energiaftalen er det besluttet, at vindkraftandelen af det danske elforbrug skal øges til 50 % i 2020, og med målet om en fossilfri energiforsyning vil denne blive væsentligt højere på længere sigt. Herved bliver der mindre "brug" for elproduktion fra termiske anlæg, gevinsten ved salg af grundlast-el bliver reduceret, og kraftvarme kan relativt set blive dyrere. Den større mængde energi fra vindmøller får betydning for kraftvarme-værkernes driftstimer og stiller øgede krav til værkernes fleksibilitet.

⁸ "Forbrænding af affald - Afrapportering fra den tværministerielle arbejdsgruppe vedrørende organisering af affaldsforbrændingsområdet", december 2010.

Endvidere lægger aftalen op til skærpede krav til bygningernes energiforbrug, og der stilles krav om besparelser også i eksisterende ejendomme. Det kan på sigt forventes at reducere behovet for fjernvarme.

Ressourcestrategi

I oktober 2013 lancerede miljøministeren en ny Ressourcestrategi for affald. Denne strategi sætter en ny kurs for affaldshåndtering i Danmark, hvor der lægges øget vægt på genanvendelse og biologisk behandling og mindre vægt på affaldsforbrænding. Det fremgår også af Ressourcestrategien, at regeringen har til hensigt at modernisere den danske affaldsforbrændingssektor, således at det sikres, at affaldet afbrændes på de mest effektive værker.

Denne analyse

Med udgangspunkt i ovenstående signaler om markante forandringer på fjernvarme- og affaldsområdet har Dansk Affaldsforening, Dansk Fjernvarme og Kommunernes Landsforening bedt om en analyse af forskellige muligheder for tilpasning af den danske forbrændingskapacitet. Formålet er at belyse sammenhængen mellem den langsigtede udvikling i energisektoren og udviklingen på affaldsområdet.

Analysen er gennemført i juli – december 2013 af Ea Energianalyse. Incentive og Rambøll har bidraget med data og viden om affaldssektoren. Rambøll har tillige løbende kommenteret rapporten. Endvidere har en følgegruppe med deltagelse af Dansk Affaldsforening, KL, Dansk Fjernvarme og Rambøll bidraget med kommentarer og drøftelser af centrale forudsætninger om data og metode. Rambøll har endvidere bidraget med anlægsdata.

Metode

I projektet vurderes effekterne af en effektiv tilpasning af affaldsforbrænding ved at sammenligne to scenarier for udvikling i forbrændingskapaciteten frem mod 2050. I begge scenarier tages der udgangspunkt i ambitiøse krav om omstilling af den danske energisektor.

Mix-scenariet

Der opstilles et referencescenarie, hvor den eksisterende struktur for det kommunale affald i affaldsforbrændingssektoren bevares. Hermed menes, at de affaldsforbrændingsanlæg, som eksisterer i dag, fortsat modtager husholdningsaffald fra deres nuværende affaldsoplande. Dog kan kommunerne vælge at sende deres affald til andre forbrændingsanlæg, såfremt der i dag er sådanne aftaler. Data herom er baseret på oplysninger fra Miljøstyrelsens ADS database. Der er endvidere valgt den forudsætning, at erhvervsaffald i referencescenariet kan flyde frit i Danmark, hvilket ikke er tilladt i dag.

Kapaciteten på de eksisterende anlæg tilpasses efterhånden, som anlæggene nedslides – eller med fordel lukkes og udskiftes, men de tilknyttede kommuner anviser fortsat kommunalt affald til de samme affaldsbyer.

Allerede i referencescenariet vil der ske en forholdsvis effektiv tilpasning af affaldskapaciteten, idet den samlede forbrændingskapacitet over få år tilpasses den samlede indenlandske affaldsmængde til forbrænding. Med inspiration fra rapporten "Forbrænding af affald", benævnes analysens referencescenarie som et Mix-scenarie.

Alternativt tilpasningsscenario

Der er endvidere opstillet et alternativt tilpasningsscenario, hvor den organisatoriske tilknytning mellem affaldsoplande og bestemte forbrændingsanlæg helt fjernes. I tilpasningsscenarioet tilføres såvel husholdningsaffald som erhvervsaffald de forbrændingsanlæg, der opnår de laveste omkostninger for affaldsforbrænding, affaldstransport og varmforsyning samlet set. Da der nu ikke længere er forbrændingsanlæg, som skal opretholdes bl.a. af hensyn til lokale affaldsmængder, kan kapacitetstilpasningen yderligere effektiviseres sammenlignet med Mix-scenariet. Det alternative scenarie benævnes Licitationscenarie.

Modelværktøj

Analysen er baseret på beregninger med el- og fjernvarmemodellen Balmorel. Modellen inddrager det samlede el- og fjernvarmesystem i de nordiske lande og Tyskland med en detaljeret repræsentation af de danske fjernvarmenet. Til dette projekt er der udviklet et særligt brændselstransportmodul, således at omkostninger ved transport af affald indgår direkte i optimeringsrutinen. Endvidere er datasiden yderligere detaljeret, således at hver enkelt eksisterende og kendte ovnlinje er beskrevet med tekniske og økonomiske data.

Modelværktøjet er en partiel ligevægtsmodel, der minimerer de samlede omkostninger ved el- og varmforsyningen under en række antagelser, herunder antagelser om affaldsforbrændingssektoren. Modellen optimerer den daglige drift på eksisterende anlæg, og kan endvidere skrotte anlæg og foretage nyinvesteringer. Nyinvesteringer foretages på basis af et teknologikatalog, der er udgivet af Energistyrelsen og Energinet.dk. Dog er der for forbrændingsanlæg anvendt opdaterede teknologidata baseret på oplysninger fra Rambøll.

Der er foretaget analyser for årene 2020, 2025, 2035 og 2050.

Hovedforudsætninger

Modelværktøjet og databasen er i foråret 2013 blevet anvendt i forbindelse med en konsulentopgave for Energistyrelsen i tilknytning til de såkaldte aftaleanalyser. Efter aftale med Energistyrelsen kan de grundforudsætninger, som indgik i konsulentopgaven, genanvendes til denne analyse. Formålet hermed var i videst muligt omfang at sikre opdaterede forudsætninger om energisystemets udvikling.

3 Modelopbygning

Modelberegningerne er som nævnt gennemført med en opdateret version af Balmorel-værktøjet, www.balmorel.com. Alle de nordiske lande samt Tyskland indgår i modelområdet. Inddragelse af Danmarks nabolande har især betydning på grund af det sammenhængende elmarked, som også er en vigtig ramme for varmeproduktionen i Danmark.

Det danske elsystem er gennem elmarkedet og stærke transmissionsforbindelser i meget høj grad integreret med nabolandenes energisystem. Transmissionskapaciteten på udlandsforbindelserne udgør i dag i alt ca. 5.000 MW, mens det gennemsnitlige elforbrug i Danmark "kun" er ca. 4.000 MW. I henhold til udmeldinger fra Energinet.dk vil sammenbindingen af elmarkeder vokse som følge af planlagte investeringer i transmissionsnet.

Affaldsforbrændingsanlæg indgår i modellen på samme måde som øvrige el- og varmeproduktionsanlæg bortset fra særlige krav om, at den indenlandske forbrændingsegne affaldsmængde skal afbrændes løbende, og hvor erhvervsaffald kan mellemdponeres fra uge til uge mod en omkostning. Produktion af forbrændingsegnet affald er i modellen tilknyttet hver enkelt kommune og kan transporteres ud af kommunen mod en omkostning.

3.1 Affaldstransportmodul

Der er opbygget et dansk affaldstransportnet for at bestemme de faktiske kørselsafstande fra kommunerne, hvor affaldet produceres, til affaldsforbrændingsanlæg, hvor affaldet kan forbrændes. Transportnettet er opbygget ved, at der med udgangspunkt i data om transportafstande i Danmark og viden om placering af eksisterende forbrændingsanlæg er indlagt nogle trafikale knudepunkter. Tilsvarende findes kørselsafstande fra de enkelte kommuners geometriske centrum til transportnetværket og transportafstande fra de eksisterende forbrændingsanlæg til de fastlagte trafikknudepunkter. Givet alle de definerede kørselsafstande minimerer modellen transportafstande og dermed transportomkostninger på vejnettet. Dvs. modellen altid vælger den korteste vej gennem transportnetværket.

3.2 Transportomkostninger

Transportmodulet giver mulighed for, at omkostningerne til transport af forbrændingsegnet affald indgår i den samlede optimeringsrutine. Ved høje transportomkostninger vil modellen således prioritere lokal anvendelse af affald.

Anvendte
transportomkostninger

Til hovedanalysens transportomkostninger tages der både udgangspunkt i førnævnte tværministerielle rapport om forbrænding af affald samt konkrete vurderinger af specifikke ruters transportomkostninger.

Husholdningsaffald kan i modellen transporteres til en omkostning af 1,5 kr./ton/km, mens erhvervsaffald transporteres til 1 kr./ton/km. Værdierne er baseret på forudsætningerne i den tidligere nævnte tværministerielle rapport "Forbrænding af affald". Der er fra følgegruppen udtrykt skepsis over for, om husholdningsaffald kan transporteres til 1,5 kr/ton uden indregning af omkostninger til omlastestationer. Derfor er der gennemført følsomhedsberegninger af transportomkostningens betydning. Der ses således på effekten af, at husholdningsaffald transporteres til henholdsvis 3 kr/ton/km og 6 kr/ton/km.

Der anvendes en brotakst over Storebælt på 60 kr./ton for erhvervsaffald og 90 kr./ton for husholdningsaffald. Fastsættelsen af omkostninger for transport mellem over Storebælt og fra Bornholm til København er baseret på indhentning af takster for godstransport over strækningerne.

4 Forudsætninger og data

Der er som nævnt foretaget en detaljeret specifikation af eksisterende danske forbrændingsanlægs tekniske og økonomiske data på ovnlinjeniveau. Derudover er der til modellens investeringsmodul tilføjet opdaterede data for potentielt nye affaldsforbrændingsanlæg. Disse forudsætninger – samt forudsætninger for el- og fjernvarmesystemets udvikling – beskrives nærmere i det følgende.

4.1 Driftsomkostninger

For eksisterende værker er kapitalomkostninger at betragte som sunk costs, der ikke har betydning for modellens optimeringsrutiner. Disse omkostninger indgår derfor ikke i analysen.

Omkring Drifts- og Vedligeholdelsesomkostninger (D&V) både for eksisterende og fremtidige affaldsværker har der været flere overvejelser om metoder og data. Efter ønske fra opdragsgiver og i samråd med følgegruppen er det valgt at anvende Miljøstyrelsens BEATE data for eksisterende anlæg. Endvidere anvendes standarddata for nye anlæg.

Datagrundlag

Der er konkret anvendt BEATE-indberetninger af D&V-omkostninger fra 2010 og 2011. D&V-omkostningsniveauer for nye anlæg er baseret på "Notat vedrørende investerings- og driftsomkostninger af Forbrændingsanlæg" udarbejdet af Rambøll.

Analyse af BEATE data

BEATE-indberetningerne viser store variationer af omkostningerne for værkerne. Det i sig selv giver spekulationer om, hvorvidt indberetningerne er ensartede. Nogle værker har medregnet nogle type omkostninger, som eksempelvis el til egen drift, tilslutning til net, neddeling af affald osv., som andre værker ikke har medregnet. Det har skabt nogen usikkerhed om, hvorvidt værkernes driftsomkostninger reelt er direkte sammenlignelige.

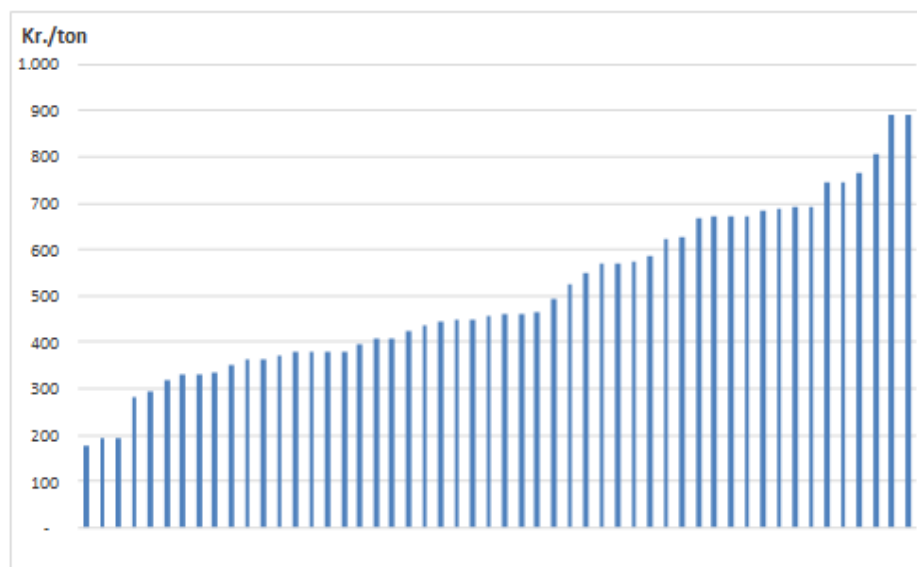
Endvidere indeholder BEATE data kun opgørelser på værkniveau. Til den sammenhængende optimering har vi valgt at arbejde mere detaljeret på ovnlinjeniveau, bl.a. for bedre at repræsentere linjernes aldersfordeling og forskellige omkostningsstruktur. Endvidere skelner BEATE ikke mellem faste og variable driftsomkostninger, hvilket er en forudsætning for at kunne vurdere, om en ovnlinje med fordel bør lukkes. Dertil har vi i projektet været igennem nogle overvejelser med henblik på at:

- Opdele D&V omkostninger mellem faste og variable
- Adskille D&V omkostninger mellem de enkelte ovnlinjer på et værk

Overvejelserne foretages alene med det formål at bestemme D&V-omkostninger på eksisterende værkers ovnlinjer.

Opdeling mellem faste og variable D&V-omkostninger	Efter flere dataanalyser er det på baggrund af input fra følgegruppen og fra sektoren valgt at antage, at de variable omkostninger pr ton affald er ens for alle værker. De faste omkostninger beregnes herefter som en residual i forhold til samlede omkostninger fra BEATE.
Variable omkostninger	Ifølge "Notat vedrørende investerings- og driftsomkostninger af Forbrændingsanlæg" ligger de variable omkostninger ved affaldsforbrænding i Danmark i 2013 på ca. 130 kr./ton.
Opdeling på ovnlinjer	De fleste affaldsforbrændingsværker i Danmark indeholder mere end én ovnlinje, og typisk har værkerne ovnlinjer med forskellig alder og kapacitet. De gamle ovnlinjer antages ikke at have så meget drift som nyere ovnlinjer på samme værk, da de typisk er mindre effektive. Vægtningen mellem ovnlinjer er baseret både på kapacitet og alder. Først vægtes de beregnede faste omkostninger med ovnlinjernes kapacitet. Efterfølgende pålægges ældre ovnlinjer et vurderet alderstillæg.
Alderstillæg	Det antages, at ældre ovnlinjer er dyrere i faste omkostninger end nyere ovnlinjer. Derfor pålægges alle ovnlinjer et alderstillæg på 1 pct. pr år. Dernæst beregnes nye vægte for et værks ovnlinjer (Se regneeksemplet i bilag 2 for en bedre forståelse).
Multibrændselsværker og planlagte ovnlinjer	For 3 forbrændingsanlæg, der også bruger andet brændsel end affald (multibrændselsværker), er der i BEATE-datasættet ingen omkostningsopgørelse. Derfor er antagelserne for fremtidige værker (se næste afsnit) anvendt til at estimere faste D&V-omkostninger. For planlagte anlæg med helt nye ovnlinjer er faste D&V-omkostninger ligeledes estimeret på baggrund af standarddata.
Anvendte omkostninger for eksisterende værker	Af figur 4 ses anvendte D&V-omkostningsniveauer fordelt på de eksisterende ovnlinjer. Da BEATE data er fortrolige, er data anonymiseret. Det fremgår, at spredningen er meget betydelig. Det skyldes dels faktiske omkostningsforskelle, dels førnævnte BEATE-usikkerheder og dels vor egen videre behandling, hvor BEATE omkostninger fordeles ud på de enkelte

ovnlinjier. Figuren er normeret til at vise omkostninger i kr./ton under forudsætning om 8000 driftstimer/år.⁹



Figur 2: Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger (fast og variabel) per ovnligning (Y-aksen – ovnligningens navne er anonymiseret). Beregnet under forudsætning af 8000 driftstimer.

Omkostninger for nye værker

For alle fremtidige år har modellen mulighed for at investere i nye affaldsforbrændingsanlæg. I modellen er det muligt at investere i 3 anlægsstørrelser: 10, 25 og 70 tons ovne. For de forskellige affaldsområder er det specificeret hvilken størrelse, der kan investeres i (se afsnit 5). For områder med et lille varmegrundlag er det ikke muligt fremadrettet at investere. For hvert af de 3 anlægstyper er der specificeret økonomisk og teknisk data herunder D&V-omkostninger.

Fremtidige D&V-omkostninger er baseret på Rambølls vurderinger fra ”Notat vedrørende investerings- og driftsomkostninger af Forbrændingsanlæg”. Rambøll vurderer, at de faste omkostninger har en skalaeffekt, mens de variable omkostninger er uafhængige af anlægsstørrelsen, hvilket fremgår af Tabel 3.

⁹ Visse værker har kun været delvist i drift i et af de to statistik-år. Opdelingen på faste- og variable omkostninger har givet mulighed for at tage hensyn til dette i modelleringen.

	Faste D&V Kr./((ton/år)	Variable D&V Kr./ton
10 tons ovn	250	130
25 tons ovn	170	130
70 tons ovn	120	130

Tabel 3. D&V-omkostninger til nye investeringer i affaldsforbrændingsanlæg anvendt til modellering af fremtidige perspektiver for affaldsforbrændingskapaciteten i Danmark. Kilde: Rambøll.

Der anvendes således fremadrettet variable omkostninger på 130 kr./ton uanset anlægsstørrelse. Faste omkostninger varierer i forhold til anlægsstørrelsen.

4.2 Investering i nye affaldsforbrændingsanlæg

Modellen kan investere i ny kapacitet fra 2020 og fremadrettet. Affaldsværker kan placeres i de eksisterende affaldsbyer samt på ny lokalitet med varmeleverance til Silkeborg.

Der gives i modellen mulighed for at investere i de tre størrelser af forbrændingsanlæg, der er vist i Tabel 3. Den tilladte størrelse bestemmes for hver by på baggrund af netto-varmegrundlaget (varmebehov fratrukket kendt leveret industriel overskudsvarme). Når det antages, at et forbrændingsanlæg vil bortkøle mere end 15 pct. af varmen ved 8000 timers drift, skal der vælges en mindre kapacitet som den tilladte størrelse i den pågældende by.

Ved sammenligning af forskellige kilder¹⁰ har Ea Energianalyse valgt investeringsniveau og skalaeffekt som input til denne analyse. Resultatet fremgår af Tabel 3. Sammenlignet med oplysningerne i Energistyrelsen og Energinet.dk's seneste version af teknologikataloget fra maj 2012 er skalaeffekten noget mindre.

¹⁰ Flere Rambøll referencer samt Energistyrelsens og Energinet.dk's teknologikatalog.

Anlægsstørrelse (ton/time)	Investerings- omkostninger (kr./((ton/år))	Faste D&V (kr./ton)	Variable D&V (kr./ton)	Samlede D&V (kr./ton)	Samlede omk.* (kr./ton)
10	6917	250	130	380	935
25	6060	170	130	300	786
70	5096	120	130	250	659

Tabel 4. Omkostninger for nye investeringer i fire forskellige anlægsstørrelser.

*Samlede omkostninger er under antagelse af 8000 driftstimer/år, en afskrivningsperiode på 20 år og 5 % rente.

Samlet set er en gevinst ved at gå fra et 10 tons anlæg til et 70 tons anlæg (2*35 tons ovnlinjer) på knap 300 kr./ton. Hvis man ser bort fra eventuelle forskelle på indtægtsiden (værdi af varmesalg), vil det derfor kunne betale sig at flytte affald langt for, at forbrænding kan ske på de store anlæg. For eksempel vil det kunne betale sig at flytte husholdningsaffald 260 km¹¹ for at forbrænde det på en 70 tons ovn i stedet for en 5 tons ovn, mens erhvervsaffald vil kunne flyttes 390 km.

Teknisk data for nye værker

Nye forbrændingsanlæg antages alle etableret som kraftvarmeanlæg med mulighed for bortkøling. Elvirkningsgraden antages at være netto 26 % og totalvirkningsgraden 96 % (jf. teknologikataloget).

Kraftvarme på mindre ovnlinjer

Det har i projektet været overvejet at tillade investeringer i mindre forbrændingsovne uden elproduktion. I dette projekt er det dog vurderet, at det er rigtigst at stille samme kraftvarmekrav til alle ovne, da modellen ellers kan favorisere investeringer i små anlæg blot for at spare investeringskroner. Såfremt der i beregningerne tillades rent varmeproducerende anlæg for alle anlægsstørrelser, er det vores forventning, at modellen som hovedregel vil anvende ren varmeteknologi, også i de store byer. Hermed ville analysen få mere karakter af en samfundsøkonomisk analyse af kraftvarmekravets berettigelse, hvilket ikke var intentionen.

Krav til fjernvarmeområder

For hvert af de 26 affaldsbyer er det specificeret hvilken type anlæg, der kan investeres i baseret på en vurdering af nettovarmebehovet. For de små varmeområder er det ikke muligt at investere fremadrettet. Kun i områder, hvor det vurderes, at der som minimum er behov for en 10 tons ovn, vil der kunne foretages investeringer.

¹¹ Der er dog følgegruppen fremført kommentar om, at 1,5 kr/ton/km er for lavt sat for transport af husholdningsaffald.

Det er værd at bemærke, at modellens investeringer ikke er diskrete, men at der foretages en lineær optimering. Dvs. de angivne kapaciteter i Tabel 4 viser blot hvilket 'omkostningsområde', der kan anvendes i en given by. Modellen vil præcist optimere størrelsen efterfølgende, hvor den kan bygge værker med f.eks størrelser på 5,3 ton/time eller 31,7 tons/time. Efterfølgende er de urealistisk små investeringer fjernet "manuelt" fra analysen.

4.3 Affaldsproduktion

Fremskrivningerne af affaldsmængderne til forbrænding udgør overordnet set den samlede affaldsproduktion. Til transportmodellen er det imidlertid nødvendigt at fordele mængdernes oprindelsesplacering ud over landet, og er i modellen indlagt på kommuneniveau. Dvs. der er 98 produktionspunkter svarende til de 98 kommuner. De enkelte punkter er som udgangspunkt centreret i den største by i kommunen, hvor det antages, at affaldsproduktionsdensiteten er tættest.

Usikker datakvalitet

Dataindsamlingen for affaldsmængdernes placering og kategorisering er imidlertid mangelfuld, og det er ikke helt klart hvilken opdeling, der skaber det mest korrekte billede af affaldsmængdernes bevægelse.

Affaldsproduktion baseret på ISAG 2008 opgørelse

Til opdeling af mængder og fraktioner på kommuner er der taget udgangspunkt i ISAG 2008 opgørelsen af affald på kommunalt niveau. I opgørelsen findes alle kommuners 'produktion' af både husholdningsaffald og erhvervsaffald. Dermed kan de enkelte kommuners affald beskrives som en andel af den samlede affaldsmængde. Hver kommunes affald er beskrevet som en sum af fraktioner fra forskellige kilder, dvs. husholdningsaffald og erhvervsaffald. For den enkelte kommune kan der således på baggrund af ISAG-opdelingen beregnes andele af kommunens husholdningsaffald og erhvervsaffald.

Både de enkelte kommuners andele af den samlede mængde af forbrændingseget affald og de enkelte kommuners individuelle fordeling mellem husholdnings- og erhvervsaffald fastholdes i modellen og antages at gælde for alle fremtidige mængder.

Fordeling af affaldsfraktioner fremadrettet

Når de samlede mængder af forbrændingseget affald således udvikler sig fremadrettet, vil kommuners affald ændres på samme måde som den generelle udvikling, fordi de for de enkelte år producerer en fast andel af den samlede mængde. Det vil også betyde, at udviklingen af både

husholdningsaffald og erhvervsaffald følger den samme udvikling som den overordnede linje. Dermed vil fordelingen mellem husholdnings- og erhvervsaffald i alle fremtidige år være den samme.

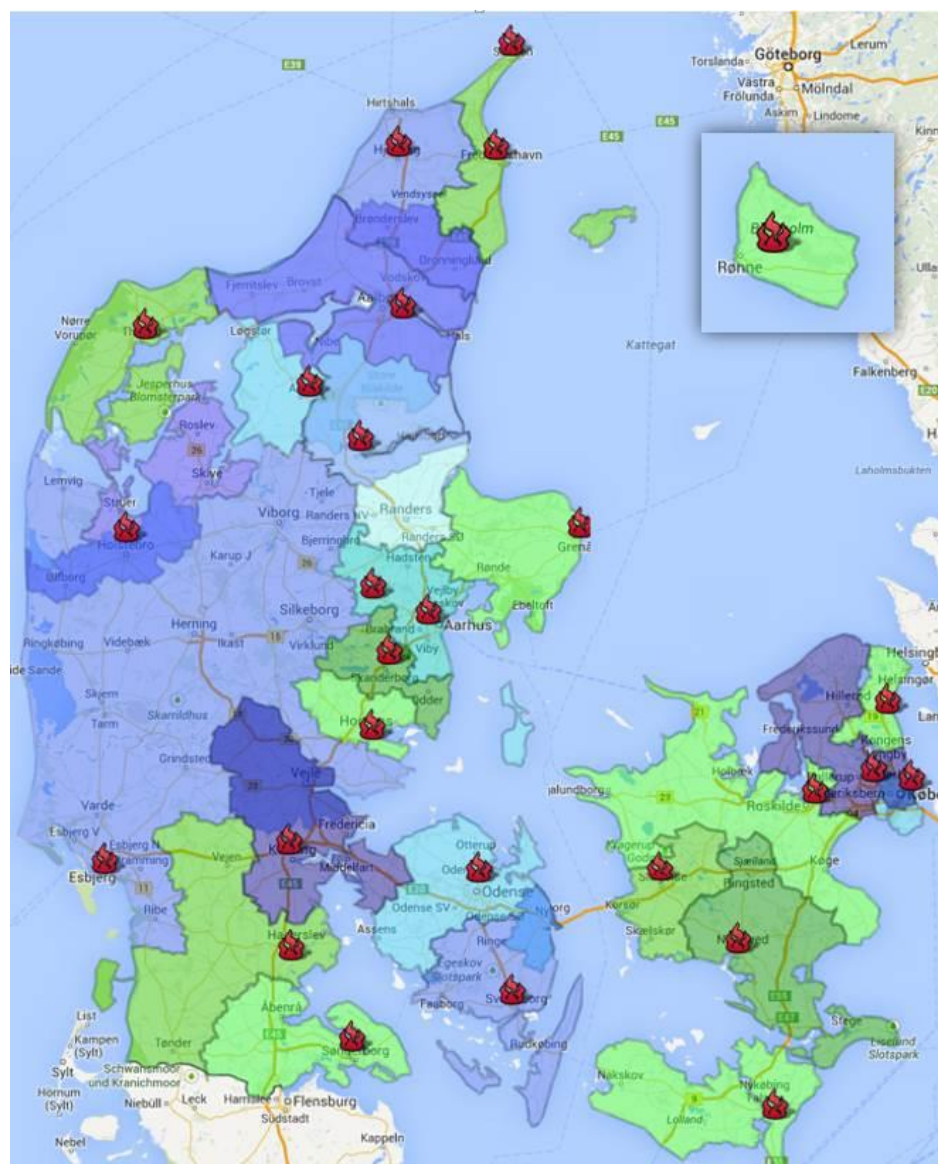
Antagelsen er en forsimpning, og ISAG-opgørelsens troværdighed kan diskuteres, men det har været nødvendigt for dels at give et mere nuanceret billede af transportomkostningerne og dels for at kunne skelne mellem erhvervs- og husholdningsaffald.

4.4 Affaldsoplande

Hvert affaldsværk har i modellens Mix-scenarie et affaldsopland, dvs. et affaldsværk har et bundet antal kommuner, der kan levere affald til et givent værk. Her består oplandene af én eller flere kommuner efter de nye kommunegrænser.

Historiske
affaldsstrømme præger
bevægelserne

De faktiske affaldsstrømme er imidlertid af historiske årsager præget af de tidligere kommunegrænser, hvilket komplicerer restriktionerne på affaldet. I de tilfælde, hvor en nuværende kommune leverer affald til mere end et værk pga. af tidligere forpligtelser, er der i modellen givet mulighed for, at kommunens affald kan leveres enten til det ene eller til det andet affaldsværk. Affaldsoplandene kan ses af figur 6.



Figur 3. Overblik over affaldsoplunde

Kommunale aftaler

En opgørelse fra Miljøstyrelsen over levering af forbrændingseget affald fra kommuner til affaldsværker viser, at der er flere bevægelser af affald, som ligger uden for oplandenes grænser. Derfor har det vist sig, at der i nogle affaldsoplunde er lokal underkapacitet i Mix-scenariet for 2013, dvs. modellen ikke kan afsætte hele affaldsmængden under de givne restriktioner. Foruden de eksisterende oplunde er det kutyme, at der indgås kommunale aftaler om afsætning af affald. Sådanne aftaler indgås typisk kun for et enkelt år eller en årrække og er derfor svær at inkludere i modellen. Det har imidlertid været nødvendigt, at medtage nogle af de affaldsbevægelser, som indgår i oversigten fra Miljøstyrelsen for at gøre modellens Mix-scenarie realistisk. På trods af udvidelsen er der stadig visse uoverensstemmelser mellem de

faktiske forbrændte mængder i 2011 og Mix-scenariet i 2013. En oversigt kan ses af Bilag 1.

4.5 Fremskrivning af affaldsmængder

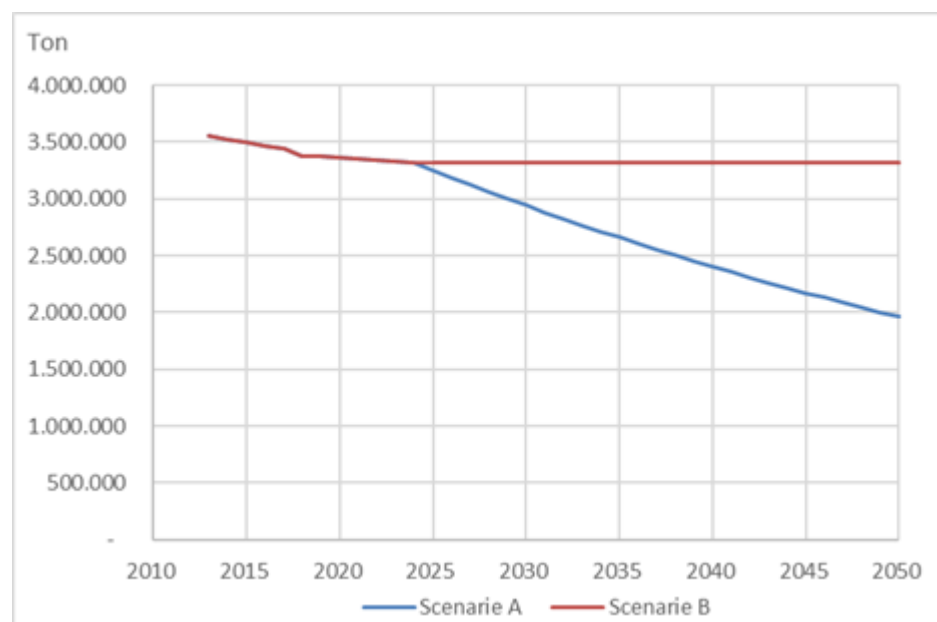
Fremskrivningen af affaldsmængder til forbrænding er søgt baseret på regeringens Ressourcestrategi fremlagt i oktober 2013. Strategien indeholder en fremskrivning af affaldsmængderne frem til 2024, hvor der lægges op til at en del af affaldsfraktionerne til forbrænding i stedet genanvendes.

Med anvendelse af de data der har været til rådighed for dette projekt, viser fremskrivningen svagt aftagende affaldsmængder fra 2013 til 2024. Efter 2024 er der valgt to scenarier:

- Scenarie A: Mængderne til forbrænding aftager med 2 pct./år fra 2024
- Scenarie B: Mængderne fastholdes fra 2024 på samme niveau

Der er naturligvis stor usikkerhed om udviklingen af affaldsmængder til forbrænding især efter 2024, hvor Ressourcestrategiens virkemidler ophører.

Fremskrivningerne kan ses af figur 7.



Figur 4. Fremskrivning af affaldsmængder i ton. Fremskrivningen er baseret på Miljøstyrelsens ressourcestrategi.

Det er valgt at betragte scenarie A som et grundscenarie og scenarie B som en følsomhed. Alle hovedresultaterne er baseret på scenarie A, mens resultaterne af følsomhedsanalysen kan ses i afsnit 6.8.

Stigende brændværdier Det er oplyst til os, at der i Ressourcestrategiens fremskrivninger er antagelser om, at brændværdien er stigende. Det skyldes, at de mængder, der i stedet for at blive forbrændt bliver genanvendt, antages at have en lavere brændværdi end den gennemsnitlige. I 2013 regnes med en brændværdi på 10,6 GJ/ton, der stiger frem til 2024 til 11,1 GJ/ton og som fastholdes for udviklingen frem til 2050. Brændværdien er ens for alle værker og betragtes som et gennemsnit for forskellige fraktioner.

4.6 Udvikling i el- og varmforsyning

Ambitiøse målsætninger for CO₂ og VE Som udgangspunkt er der regnet med, at de danske målsætninger om fuldstændig uafhængighed af fossile brændsler i 2050 og ingen fossile brændsler i el- og varmesektoren i 2035 er gældende. På EU niveau er den overordnede ramme *Køreplan for omstilling til en konkurrencedygtig lavemissionsøkonomi i 2050* fremlagt af EU Kommissionen i 2011. Denne ramme er her tolket sådan, at el- og varmesektorerne i Norden og Tyskland skal reducere CO₂ emissionen med 95 % sammenlignet med 2013 (bortset fra affald).

National forsyning Det er forudsat i beregningerne, at Danmark lever op til de politiske mål ved national produktion på årsbasis, dvs. at der på årsbasis i Danmark som minimum skal produceres en mængde elektricitet svarende til det samlede elforbrug i Danmark. Målet om CO₂ neutralitet kan således ikke opnås ved elimport.

Begrænset biomasseressource Det forudsættes endvidere, at der på langt sigt (2050) kun kan anvendes en biomasse mængde i de enkelte lande svarende til de nationale ressourcer.

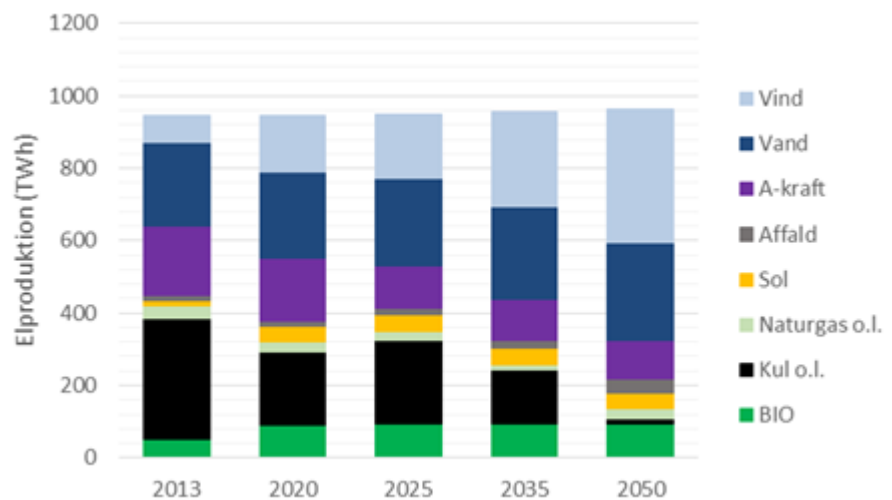
Andre forudsætninger Beregningerne er baseret endvidere på følgende forudsætninger:

- Data om fjernvarmeanlæg og -net er baseret på Energistyrelsens energiproducenttælling samt egne datasæt.
- Teknologidata er baseret på Energistyrelsen og Energinet.dk's teknologikatalog fra maj 2012.

- Brændsels- og CO2 priser svarer til Energistyrelsens opdaterede analyseforudsætninger inklusiv opdateringer foretaget i forbindelse med aftaleanalyserne¹².

Udvikling for elproduktion

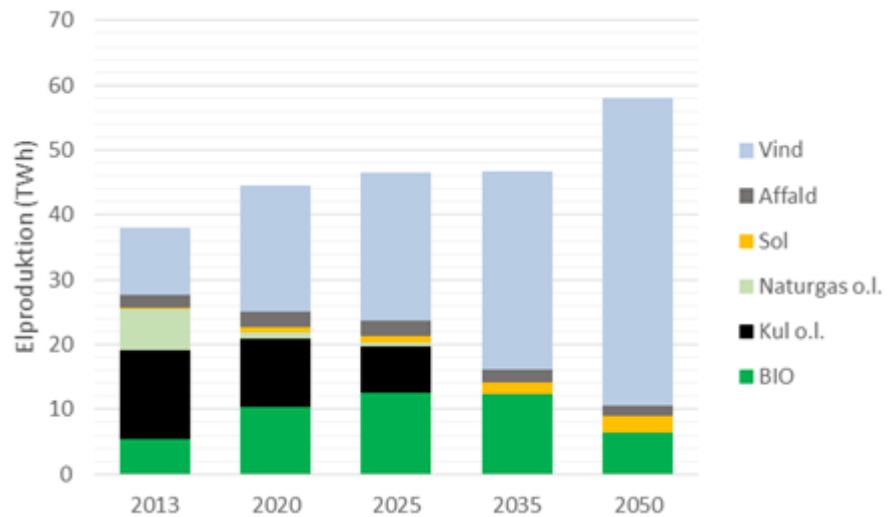
Figuren nedenfor viser elproduktionen i hele modelområdet. Vind og sol udgør knap halvdelen af den samlede elproduktion mod slutningen af perioden, mens kul og atomkraft reduceres markant. Elproduktionen fra biomasse er ret begrænset. Nyttiggørelse af affald til elproduktion ses at være let stigende.



Figur 5: Elproduktion i hele modelområdet.

I Danmark spiller vindkraft en stigende rolle i elforsyningen over perioden og udgør mod slutningen af perioden mere end 85% af den samlede elproduktion.

¹² Balmorelmodellen er anvendt til delanalysen "Analyse af fjernvarmens fremtid".

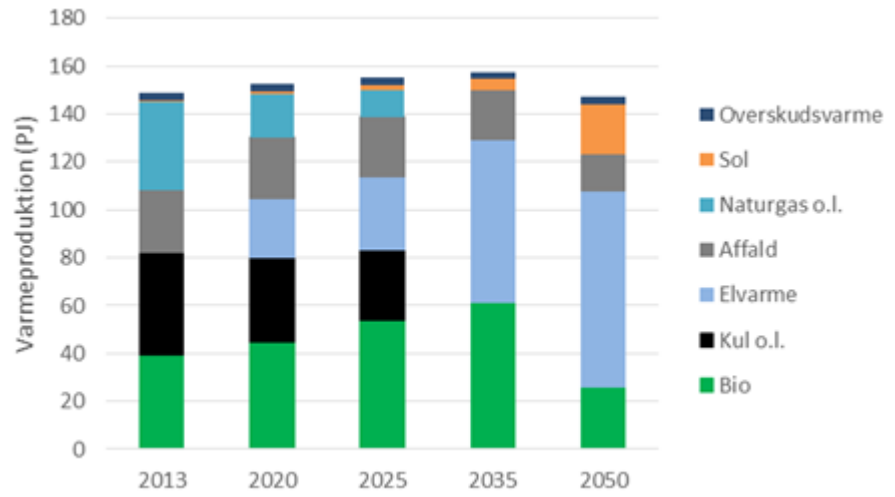


Figur 6: Elproduktion i Danmark.

Varmebesparelser og konverteringer til fjernvarme

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 varmesparelser. Samlet set regnes der med en reduktion af varmeforbruget frem mod 2050 på knap 20 %.

Nedenstående figur viser udviklingen i fjernvarmeproduktionen i hele Danmark fordelt på energiarter. Fjernvarmeproduktionen på kraftvarme reduceres betydeligt, mens produktionen på elpatroner og varmepumper øges, da de bidrager til integration af vindkraft i systemet. Kategorien "elvarme" dækker over eldrevne varmepumper og i mindre omfang elpatroner.



Figur 7: Fjernvarmeproduktion i Danmark fordelt på energiarter.

5 Scenarier

Der er i modellen analyseret to hovedscenarier for kapacitetstilpasning: Et Mix-scenarie og et Licitations-scenarie. De to hovedscenarier er analyseret for udvalgte år; 2020, 2025, 2035 og 2050. Derudover er der foretaget følsomhedsscenarier i forhold til:

- Affaldsmængder
- Alternativt investeringsforløb
- Transportomkostninger for husholdningsaffald

Der er gennemført detaljerede beregninger af varmforsyningen i alle de byer, hvor der i dag er affaldsforbrænding. Af anonymiseringshensyn indgår disse resultater kun på helt aggregeret niveau i rapporten.

Samfundsøkonomiske scenarier

I scenarierne regnes der uden skatter og afgifter og, som tidligere drøftet, med aftagende affaldsmængder baseret på regeringens Ressourcestrategi. At skatter- og afgifter ikke indgår, har både fordele og ulemper. Ulempen er, at aktørernes i deres beslutninger i praksis indregner skatter og afgifter. Herved vælger modellen i visse tilfælde alternativ varmforsyning baseret på naturgas, som ikke ville blive valgt i praksis. Fra 2035 er dette dog ikke længere et problem. Fordelen ved at regne uden afgifter og tilskud er, at optimeringen foregår på samfundsøkonomiske præmisser.

Optimering med eller uden "foresight"

Det har været et særligt ønske, at projektet skulle vise en optimal kapacitetstilpasning frem mod 2050. Da affaldsmængderne er faldende i grundscenariet, og da der i disse analyser ikke regnes med import/eksport af affald, betyder det, at der kan blive behov for at etablere anlæg i f.eks. 2020, som der kun er behov for i 10-15 år.

Modelleringen kører dog "kronologisk uden fremsyn", således at modellen i sine investeringsbeslutninger i 2020 etablerer anlæg med en levetid på 30 år uden at vide, om affaldsmængderne vil stige eller falde derefter. Dette manglende langsigtsperspektiv i investeringsbeslutningerne har været problematiseret i følgegruppen. Derfor har der til sammenligning været gennemført nogle optimeringsrutiner i 2050 og 2035, hvor al eksisterende kapacitet har været fjernet: Optimering af enkeltår uden memory. Disse analyser tjener til at vise den ideelle tilpasning i f.eks. 2050.

Forskellen mellem de to metoder viser sig et være så lille, at den kan betragtes som uden betydning. Derfor er der i det følgende anvendt investeringsmetoden "kronologisk uden fremsyn", da dette vurderes mest i overensstemmelse med virkeligheden.

5.1 Mix-scenarie

Mix-scenariet har til formål at analysere en situation, som fortsætter den nuværende struktur i affaldsforbrændingssektoren helt frem til 2050. Dog antages det, at der ikke i Mix-scenariet opretholdes en kommunal anvisningsret for erhvervsaffald.

Kommunalt affald
(husholdningsaffald)

I Mix-scenariet har hvert affaldsforbrændingsselskab (repræsenteret ved et eller flere forbrændingsanlæg) som beskrevet et opland tilknyttet i form af kommuner, som leverer husholdningsaffald og andet kommunalt affald. Oplandet binder alene husholdningsaffald, og det antages endvidere, at eksisterende aftaler mellem affaldsselskaberne kan fornys, således at der fortsat i et vist omfang kan udveksles husholdningsaffald på tværs af selskaber efter eksisterende mønster. For de mindre områder vil der ikke kunne investeres fremadrettet. I Mix-scenariet er oplandet derfor knyttet til nærmeste større anlæg.

Erhvervsaffald

Erhvervsaffaldet kan i modellen flyde frit både i Mix-scenariet og i Licitationsscenariet.

Sammenligning af Mix-scenariet og forbrændte mængder

Der er foretaget en grundig sammenligning og løbende tilpasning af Mix-scenariets allokering af affald til affaldsværkerne og de faktiske forbrændte mængder ifølge BEATE-opgørelsen. For de fleste værker er der overensstemmelse mellem mix-scenariets allokering og de faktiske mængder med undtagelse af nogle enkelte værker. Forskellene skyldes formentlig, at Mix-scenariet i modellen er bundet i forhold til de eksisterende oplande, hvor der i virkelighedens verden foruden oplandene løbende laves aftageaftaler mellem kommuner og værker, som det ikke er muligt fuldstændigt at inkludere i et modelværktøj.

Tendenser

Udvikling fra 2020 til 2050

Analysen viser, at i mindre områder, hvor der er bundet affald, udvides kapaciteten kun således, at kravene lige netop opfyldes. I de helt små områder er det ikke muligt fremadrettet at investere, og derfor samles affaldet på færre områder. Nye investeringer i yderområderne er derfor

meget små, så meget af det resterende affald og dermed erhvervsaffald flyttes til de større fjernvarmenet som Storkøbenhavn, Aarhus, Aalborg, Odense og trekantsområdet (TVIS).

5.2 Licitations-scenariet

I Licitations-scenariet kan både husholdnings- og erhvervsaffald flyde frit i transportnetværket. For alle beregningsår kan der investeres i nye anlæg i begge scenarier.

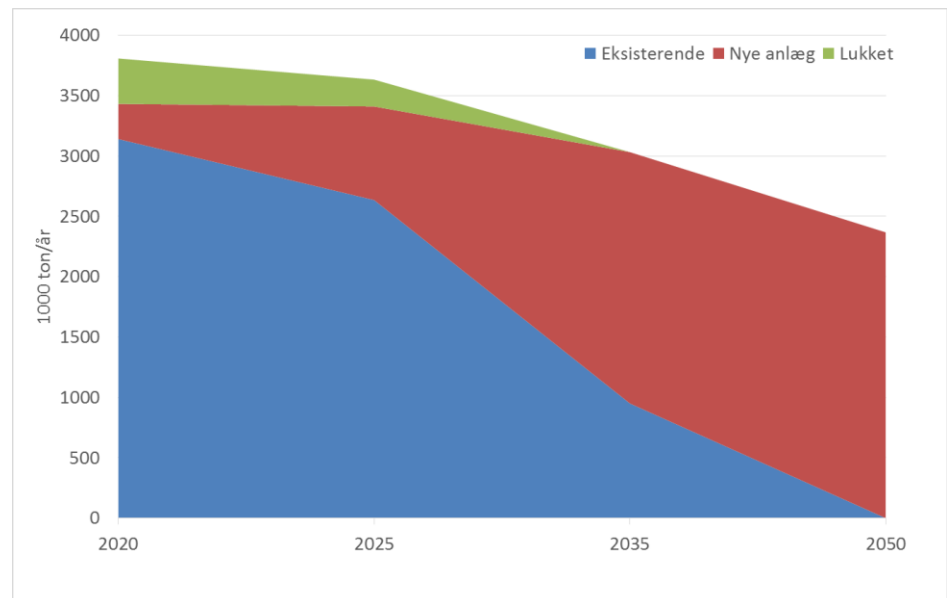
Overblik resultater

Overordnet ses tydeligt en udvikling, hvor der løbende lukkes værker i de mindre byer – i takt med, at de udtjenes - samtidig med, at kapaciteten i nogle af de større byer udbygges. Allerede i 2035 er størstedelen af forbrændingskapaciteten samlet i 7 fjernvarmeområder.

I det følgende analyseres de enkelte år 2020, 2025, 2035 og 2050 nærmere, og i afsnit 6.4 undersøges investeringsforløbet både for hele Danmark og for udvalgte byer i Licitations-scenariet.

5.3 Kapacitetsudbygning og investeringer

Der er i analysen taget udgangspunkt i det eksisterende og planlagte kapitalapparat for affaldsforbrænding. Der er ifølge de anvendte data kun uudnyttet kapacitet i 2013 på ca. 5 pct.



Figur 8. Udvikling af kapacitet i Licitations-scenariet for hele Danmark opdelt på eksisterende anlæg (indeholdende planlagte anlæg), nye anlæg og lukkede anlæg. Lukkede anlæg er eksisterende eller planlagte værker, der principielt har ledig ikke-udtjent kapacitet. (1000 tons/år)

Figuren viser således, at kun en meget lille del af de eksisterende værker lukkes før tid. Fra 2035 består affaldsforbrændingssektoren primært af 'nye anlæg', idet den eksisterende kapacitet er udfaset.

5.4 Affaldsværkernes økonomi

Formålet med analysen er at undersøge de samfundsøkonomiske konsekvenser af to forskellige modeller for tilpasning af den danske affaldsforbrændingskapacitet til de indenlandske mængder af forbrændingseget affald. Endvidere er det væsentligt, at hele el- og varmforsyningen inddrages i analysen.

Nedenfor fremgår en sammenligning de samlede udgifter og indtægter for affaldsforbrændingsanlæggene i de to scenarier.

Kun kapitalomkostninger på nye anlæg

De samlede nettoomkostninger for værkerne er overordnet set stigende fra 2020 frem til 2050. Stigningen skyldes først og fremmest stigende kapitalomkostninger som følge af investeringer i nye anlæg. For eksisterende værker betragtes kapitalomkostningerne som 'sunk cost', hvorfor de samlede udgifter - særligt i 2020 – ikke omfatter kapitalomkostninger. Dette medfører, at nettomkostningerne til affaldsforbrænding er negative i 2020. For nye værker er der anvendt en afskrivningsperiode på 20 år og en realrente på 5 % til beregningen af de årlige kapitalomkostninger.

Stigende CO₂-udgifter

Derudover fremgår det af tabellen, at CO₂-omkostningerne er meget stigende over perioden. I modellen indgår der en prissætning på CO₂, som er baseret på målsætninger om CO₂-reduktioner. Brændsels- og CO₂ priser svarer til Energistyrelsens opdaterede analyseforudsætninger, inklusiv opdateringer foretaget i forbindelse med aftaleanalyserne.

På trods af stigende samlede udgifter falder både faste driftsomkostninger, variable omkostninger og transportomkostninger. Variable D&V samt transportomkostninger er uændret pr ton, og faldet skyldes derfor alene aftagende mængder til forbrænding. Lavere faste omkostninger skyldes dels aftagende kapacitet som følge af lavere mængder dels udskiftning af eksisterende anlæg med høje faste D&V.

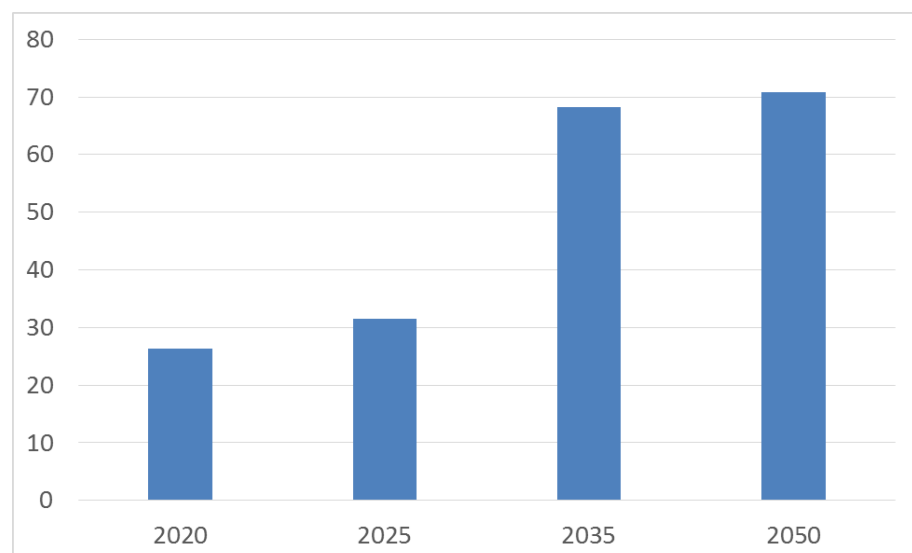
Mio. kr	2020		2025		2035		2050	
	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation
Udgifter	1.656	1.617	2.010	1.966	2.191	2.118	2.620	2.547
Kapital	149	133	370	357	967	923	1.082	1.037
Faste D&V	822	802	780	753	479	439	352	312
Var D&V	457	457	446	446	365	365	269	269
CO2	98	98	272	272	265	265	833	833
Transport	131	127	142	139	115	127	84	95
Indtægter	1.822	1.809	1.970	1.958	1.975	1.971	1.822	1.820
Varme	918	902	897	877	1.024	1.020	914	911
El	904	907	1.073	1.081	951	950	908	909
Nettoomk	-166	-192	40	8	215	147	798	727

Tabel 5: Samlede udgifter og indtægter for affaldsforbrændingsanlæggene i de to scenarier i 2020, 2025, 2035 og 2050. Nettoomkostningen skal dække behandlingstakten for affald.

Forskelle mellem scenariernes transportomkostninger

Det er desuden interessant at følge udviklingen i transportomkostningerne. I takt med, at kapaciteten flytter til de større fjernvarmeområder, stiger forskellen mellem Mix-scenariets transportomkostninger og Licitationsscenariets transportomkostninger.

Den samlede økonomiske gevinst ved et Licitationsscenariet frem for Mix-scenariet fremgår af figur 9. Det er tydeligt, at gevinsten frem mod 2050 er stigende.



Figur 9. Difference mellem nettoomkostninger til affaldsbehandling i de to scenarier i 2020, 2025, 2035 og 2050 – vist som nettogevinst for Licitationsscenariet.

I 2020 er gevinsten ca. 26 mio. kr. årligt og stiger til i 2035 at være ca. 68 mio. kr. årligt. I 2050 er gevinsten på trods af aftagende affaldsmængder ca. 71 mio. kr. årligt. Den højere gevinst i 2035 og 2050 skyldes overvejende skalaeffekten ved at investere i større anlæg. Som det ses af tabellen ovenfor, opnås der væsentlige reduktioner af både kapitalomkostninger og faste D&V, når der investeres i de store fjernvarmeområder frem for lokale udbygninger.

Indtægtssiden

Forskelle i indtægter fra el mellem de to scenarier er af mindre betydning. Til gengæld er der særligt for 2025 et vist tab fra varmesalget på ca. 20 mio. kr. De marginale varmepriser er i de mindre fjernvarmenet noget højere, fordi det kun er muligt at investere i små anlæg, der typisk er dyrere pr varmeeenhed. Over tid udjævnes disse forskelle i takt med, at værker i de helt små områder udtjenes.

5.5 Behandlingsomkostninger

Effektiviseringen af affaldsforbrændingssektoren skulle gerne afspejle sig i lavere behandlingsomkostninger for affald til forbrænding.

Behandlingsomkostninger for de eksisterende værker kan ikke direkte aflæses af de givne datainputs, idet kapitalomkostninger for eksisterende anlæg ikke er medregnet. Som beskrevet skyldes det, at de er uden betydning for optimeringsrutinen.

Store udsving i varmeindtjening

For 2020 er der for de enkelte fjernvarmeområder betydelige udsving i de marginale varmeindtægter. For de fleste områder ligger indtjeningen i intervallet 100-400 kr./ton, mens der for nogle områder er meget højere indtjening på op til 500 kr./ton. Variationer fortsætter i 2025, men det er tydeligt, at udsvingene er mindre markante. I 2050 er forskellene stort set udlignet.

Årsager til variationer i marginalvarmeomkostninger

Der er flere årsager til, at de marginale varmeomkostninger varierer mellem områderne på kort og på lang sigt. De i dag gældende priser for affaldsvarme er fastsat som den laveste af den omkostningsbestemte varmepris, substitutionspriser eller det udmeldte prisloft. Da varmeindtægterne i modelberegningerne er beregnet gennem marginalprissætning (marginal substitutionspris), har den alternative varmeproduktion stor betydning for varmeindtægten i den enkelte by. I områder, hvor der eksempelvis i 2020 eller 2025 er billig kulkraftvarme (uden afgifter), vil marginalomkostningen således være lav. For det andet vil der i områder, hvor affaldsvarme dækker en meget stor del af varmegrundlaget være perioder med bortkøling. I disse perioder er

marginalomkostningen direkte negativ. Endelig er der forskelle i virkningsgrader for de forskellige værker, og da indtjeningen er normeret til pr ton, vil det give højere indtjening for værker med høje virkningsgrader.

5.6 Økonomiske konsekvenser for hele energisystemet

Hvor der i det foregående afsnit var fokus på forbrændingsanlæggenes økonomi, lægges der i dette afsnit en ring om hele Danmark. Ændringerne af forbrændingskapaciteten i de forskellige fjernvarmeområder har, som det kan ses, økonomiske konsekvenser for mere end blot affaldsværkerne og deres tilknyttede varmeområder. Tabel 8 nedenfor viser, hvordan hele det danske energisystems udgifter og indtægter fordeler sig i både Mix-scenariet og Licitations-scenariet.

Mio. kr	2020		2025		2035		2050	
	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation
Udgifter	36.184	36.156	38.504	38.464	37.992	37.905	43.195	43.119
Kapital	18.709	18.705	19.965	19.949	23.594	23.546	29.966	29.925
Faste D&V	6.005	5.984	5.449	5.421	4.739	4.699	5.451	5.410
Var D&V	1.772	1.773	2.202	2.202	2.284	2.284	1.966	1.966
Brændsel	8.543	8.546	8.405	8.412	6.994	6.983	4.895	4.889
CO2	1.023	1.022	2.342	2.342	266	266	833	833
Transport	131	127	142	139	115	127	84	95
Indtægter	15.891	15.899	18.412	18.420	17.014	17.000	16.995	16.996
El	15.891	15.899	18.412	18.420	17.014	17.000	16.995	16.996
Nettoomk.	20.293	20.258	20.092	20.045	20.978	20.905	26.200	26.123

Tabel 6. Udgifter og indtægter for hele el- og varmesektoren i Danmark i mio. kr. (faste 2011-priser) for Mix- og Licitations-scenarie i 2020, 2025, 2035 og 2050.

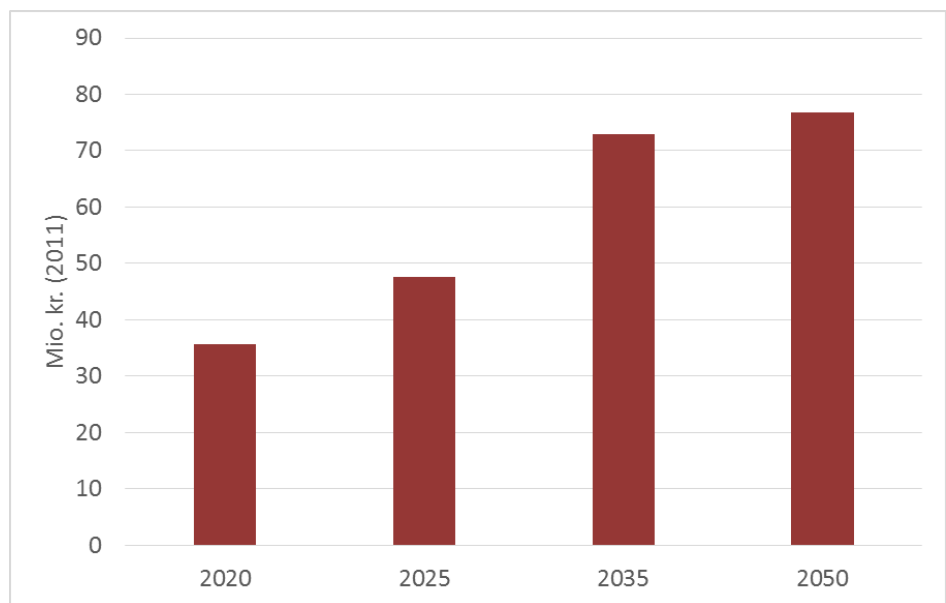
Umiddelbart fremgår det af Tabel 8, at de samlede omkostninger for den samlede danske el- og varmesektor er stigende for begge scenarier fra 2020 frem til 2050.

Indtægter fra varmesalg

I modsætning til affaldsværkernes økonomi så medregnes der nu ikke varmeindtægter, idet varmebehovet skal dækkes fuldtud i begge scenarier, og varmeprisen blot bestemmer en betaling mellem to aktører i det danske samfund. Ændring i varmebetaling er en omfordeling, der beregningsmæssigt ikke påvirker økonomien for samfundet.

Tilskud til elproduktion i Danmark

Beregningerne forudsætter, at Danmark lever op til de politiske mål om VE-baseret energiforsyning med en national VE-udbygning. Det er med andre ord ikke acceptabelt, at Danmark blot importerer fossil el fra andre lande. Derfor er der indlagt en restriktion om, at Danmark på årsbasis som minimum skal producere en mængde el svarende til det samlede elforbrug i Danmark inklusive elforbrug til fjernvarmeproduktion. Denne restriktion kan tolkes som et tilskud til VE-baseret elproduktion i Danmark. Da der er tale om en overførsel mellem aktører i Danmark (hvis staten eller danske elforbrugere giver tilskud til elproducenter i Danmark), indgår denne transaktion heller ikke i den samfundsøkonomiske analyse.



Figur 10. Økonomisk nettogevinst for hele el- og varmesektoren i mio. kr. (faste 2011-priser) i 2020, 2025, 2035 og 2050 ved Licitationscenariet frem for Mix-scenariet.

Det ses, at den samlede økonomiske gevinst for hele el- og varmesektoren er på nogenlunde samme niveau som gevinsten alene for affaldsforbrændingssektoren. Som det fremgår, stiger gevinsten frem til 2035, hvor der ses en samfundsøkonomisk gevinst på knap 73 mio. kr. og ca. 78 mio. kr. i 2050.

6 Følsomhedsanalyser

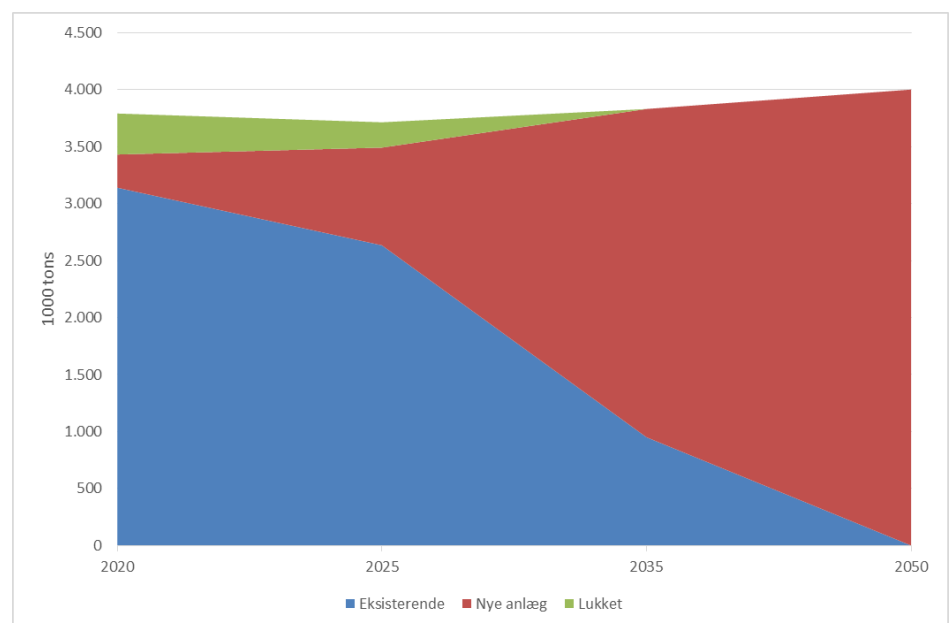
Den lange tidshorisont gør resultaterne følsomme i forhold til forudsætningerne i udgangspunkt. Særligt fremskrivningen af affaldsmængderne har betydning for den fremtidige organisering af sektoren. Fordi datagrundlaget for fastsættelsen af transportomkostninger har været usikkert, er resultaternes afhængighed af omkostningen til transport af husholdningsaffald undersøgt.

6.1 Fastholdte affaldsmængder fra 2024

Der er foretaget en følsomhedsanalyse, hvor affaldsmængderne efter 2024 fastholdes på 2024-niveau. Følsomheden på mængder kan dels sige noget om, hvordan ændrede mængder påvirker placeringen af affaldsforbrændingsanlæggene og dels give et overblik over omkostningerne, ved ændrede mængderne. Disse omkostninger kan indikere den samfundsøkonomiske værdi af affald som en import- eller eksportvare for Danmark.

Kapacitetsudbygning

Resultaterne vil pga. investeringsforløbet ikke få nogen betydning før 2025. Det fremgår af Figur 11, at kapacitetsudbygningen er stigende fra 2025, og at den samlede kapacitet ligeledes stiger i perioden på trods af uændrede mængder.



Figur 11. Kapacitetsudvikling i 1000 tons/år ved fastholdte affaldsmængder fra 2024.

Når det undersøges, hvor der etableres ny erstatningskapacitet, fremgår det, at dette fortsætter med at rykke mod de større byer.

Skalaeffekten dominerer placeringen af investeringer

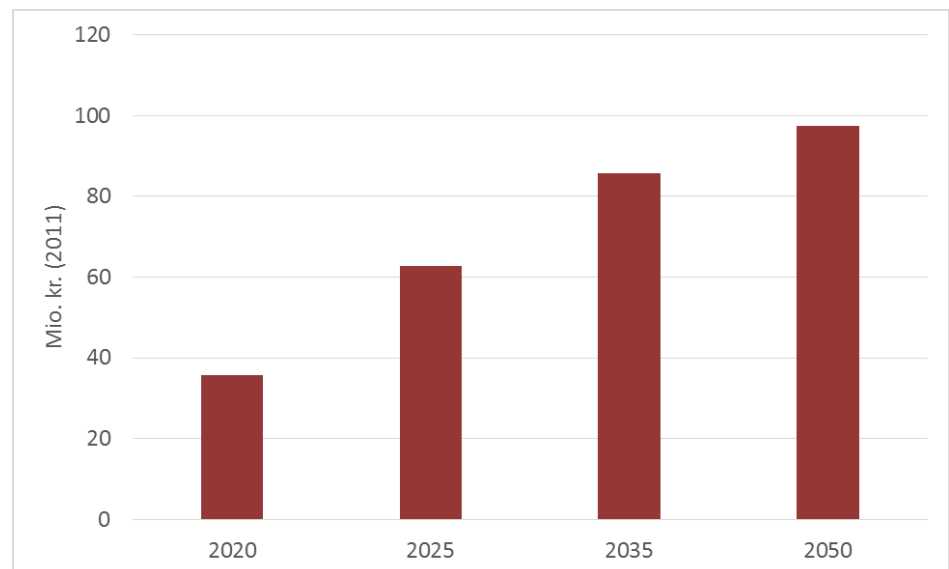
Også for de øvrige større byer fortsætter etablering af erstatningskapacitet. Det er tydeligt, at skalaeffekten ved investeringer har væsentligt større betydning for resultaterne end transportomkostningerne. Det er således billigere at transportere affald ad længere strækninger hen til anlæg med lavere behandlingsomkostninger, end det er at spare transportomkostninger og afbrænde affaldet lokalt.

Mix-scenariet

Med fastholdte mængder fra 2024 er Mix-scenariets forudsætning om fastholdt struktur nok mere realistisk. I Grundscenariet med faldende affaldsmængder opstod der en situation, hvor der i flere byer blev bygget urealistisk små anlæg, som måtte efterbehandles. Når mængderne er tilstrækkeligt store, vil der således være rum til at kunne investere i lokale ovne af en mere "realistisk" størrelse i de fleste byer.

Økonomi for det samlede energisystem

Den økonomiske gevinst for det samlede energisystem ved at gå fra mix til tilpasning fremgår af nedenstående figur. Det ses, at gevinsten i 2035 og 2050 er 20-30 mio. kr. større end i Grundscenariet, fordi affaldsmængderne også er større.



Figur 12. Økonomisk potentiale i mio. kr. for det samlede energisystem med fastholdte affaldsmængder fra 2024. Potentialet er beregnet som forskellen mellem nettoomkostningerne for de to scenarier.

I tabellen nedenfor ses de underliggende økonomiske poster.

Mio. kr	2020		2025		2035		2050	
	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation
Udgifter	36.184	36.156	38.547	38.511	38.173	38.113	44.073	43.984
Kapital	18.709	18.705	19.994	19.985	23.675	23.612	29.948	29.906
Faste D&V	6.005	5.984	5.461	5.434	4.798	4.737	5.537	5.486
Var D&V	1.772	1.773	2.211	2.210	2.353	2.349	2.102	2.101
Brændsel	8.543	8.546	8.396	8.400	6.864	6.924	4.885	4.877
CO2	1.023	1.022	2.345	2.344	332	332	1.453	1.453
Transport	131	127	141	137	151	160	148	161
Indtægter	15.891	15.899	18.411	18.438	17.037	17.063	17.540	17.549
El	15.891	15.899	18.411	18.438	17.037	17.063	17.540	17.549
Nettoomk.	20.293	20.258	20.136	20.073	21.136	21.050	26.533	26.436

Tabel 7. Udgifter og indtægter for hele el- og varmesektoren i Danmark i mio. kr. (faste 2011-priser) for Mix- og Licitationsscenarie i 2020, 2025, 2035 og 2050 – med fastholdte affaldsmængder efter 2024.

6.2 Transportomkostninger for husholdningsaffald

I følgegruppen er det blevet diskuteret, om transportomkostningen på 1,5 kr./ton for husholdningsaffald er realistisk, særligt når der ikke medregnes omlastning. Derfor er der gennemført følsomhedsanalyser, som vurderer effekten af øget transportomkostning for husholdningsaffald. I Hovedscenariet er transportomkostningen 1,5 kr./ton/km. I det følgende analyseres et scenarie med 3 kr./ton/km og 6 kr./ton/km. bl.a. som udtryk for, at der også er indlejret mulige omkostninger til omlastning i selve transportomkostningen.

Forbrænding af affald

1000 tons	2020	2025	2035	2050
Hovedscenarie				
Store anlæg (70 ton)	2.436	2.533	2.384	1.853
Mellemstore anlæg (25 ton)	309	328	142	48
Mindre anlæg (<=10 ton)	582	393	133	63
3 kr./ton/km				
Store anlæg (70 ton)	2.419	2.482	2.370	1.828
Mellemstore anlæg (25 ton)	286	311	128	56
Mindre anlæg (<=10 ton)	622	461	161	79
6 kr./ton/km				
Store anlæg (70 ton)	2.389	2.429	2.237	1.677
Mellemstore anlæg (25 ton)	280	296	114	52
Mindre anlæg (<=10 ton)	659	530	309	235

Tabel 8. Oversigt over affaldsforbrænding ved ændring af transportomkostningen for husholdningsaffald (1000 tons) alle for Licitations scenariet.

Højere transportomkostninger giver større incitament til at investere lokalt. Kapaciteten på små anlæg er ca. firedoblet, når transportomkostningen på husholdningsaffald firedobles (dvs. ved 6 kr./ton/km).

Transportafstande og transportomkostninger

Når transportomkostningerne ændres har det betydning for transportmønstrene. Tabel 9 viser det gennemsnitlige antal kørte kilometre for et tons affald, og tabel 10 viser de samlede transportomkostninger, som følger samme udvikling.

Km	2020		2025		2035		2050	
	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation
Hovedscenarie	64,8	60,6	72,4	68,6	71,7	75,0	70,0	76,2
3 kr/ton/km	65,4	61,9	72,4	72,4	71,9	73,8	69,8	76,7
6 kr/ton/km	65,3	60,8	72,1	69,6	71,6	68,4	69,4	67,5

Tabel 9. Gennemsnitlig afstand for et transporteret ton affald.

I Hovedscenariet er det interessant, at transportafstandene og dermed transportomkostningerne først fra 2035 er højere i Licitationsscenarioet end i Mix-scenarioet. Tendensen er tydeligere des højere transportomkostninger. Ved 6 kr/ton/km er transportomkostningen i alle tilfælde højere i Mix-scenarioet.

Mio. kr.	2020		2025		2035		2050	
	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation
Hovedscenarie	131	127	142	139	115	127	84	95
3 kr/ton/km	197	185	213	210	175	196	129	149
6 kr/ton/km	326	296	354	330	294	287	218	209

Table 10. Oversigt over de samlede transportomkostninger i de forskellige følsomhedsscenerier (Mio. kr.).

Økonomi

Mio. kr	2020		2025		2035		2050	
	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation
Udgifter	36.248	36.213	38.580	38.549	38.055	37.979	43.236	43.177
Kapital	18.712	18.698	19.969	19.939	23.595	23.551	29.961	29.924
Faste D&V	6.004	5.993	5.451	5.445	4.742	4.705	5.452	5.415
Var D&V	1.772	1.772	2.202	2.202	2.284	2.285	1.966	1.966
Brændsel	8.540	8.542	8.403	8.410	6.992	6.976	4.895	4.890
CO2	1.024	1.023	2.341	2.342	266	266	833	834
Transport	197	185	213	210	175	196	129	149
Indtægter	15.883	15.890	18.411	18.430	17.014	16.998	16.996	16.995
El	15.883	15.890	18.411	18.430	17.014	16.998	16.996	16.995
Nettoomk.	20.365	20.323	20.169	20.120	21.041	20.981	26.241	26.182

Table 11. Oversigt over økonomi for den samlede el- og varmesektor med transportomkostning for husholdningsaffald på 3 kr/ton/km (Faste 2011-Mio. kr.).

Mio. kr	2020		2025		2035		2050	
	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation	Mix	Licitation
Udgifter	36.379	36.328	38.728	38.680	38.178	38.123	43.327	43.285
Kapital	18.711	18.702	19.972	19.954	23.597	23.568	29.961	29.945
Faste D&V	6.007	5.997	5.453	5.452	4.744	4.725	5.452	5.438
Var D&V	1.772	1.772	2.202	2.203	2.284	2.284	1.966	1.966
Brændsel	8.540	8.538	8.405	8.400	6.992	6.992	4.895	4.893
CO2	1.024	1.023	2.342	2.343	266	266	833	833
Transport	326	296	354	330	294	287	218	209
Indtægter	15.881	15.884	18.422	18.424	17.014	17.004	17.000	17.006
El	15.881	15.884	18.422	18.424	17.014	17.004	17.000	17.006
Nettoomk.	20.498	20.444	20.306	20.257	21.164	21.119	26.327	26.279

Tabel 12. Oversigt over økonomi for den samlede el- og varmesektor med transportomkostning for husholdningsaffald på 6 kr/ton/km (Faste 2011-Mio. kr.).

Det økonomiske potentiale er for alle scenarier i omegnen af 50-80 mio. kr. På længere sigt er gevinsten ved Licitationsscenarioet stigende for Hovedscenariet med 1,5 kr./ton/km. For de øvrige scenarier er stigningen meget afdæmpet.



Figur 13. Potentielle økonomiske forskelle mellem Mix- og Licitationsscenarioet (Faste 2011-Mio. kr.).

Bilag 1: Regneeksempel

For at illustrere beregningerne af faste og variable D&V-omkostninger på ovnlinjer er der opstillet et regneeksempel. Der tages udgangspunkt i et fiktivt værk med følgende data:

- 2 ovne: En 5 tons ovn fra 1990 og en 10 tons ovn fra 2010
- Samlede D&V-omkostninger: 50 mio. kr.
- Forbrændt mængde affald: 100.000 tons

Først udregnes værkets variable omkostninger:

$$130 \text{ kr./ton} * 100.000 \text{ ton} = 13 \text{ mio. kr.}$$

Dernæst udregnes værkets samlede faste omkostninger:

$$50 \text{ Mio. kr.} - 13 \text{ mio. kr.} = 37 \text{ mio. kr.}$$

De faste omkostninger udgør således ca. 74 pct. af de samlede omkostninger. De faste omkostninger fordeles efterfølgende ud på ovnlinjer vægtet med kapacitet, således at den lille ovn vægter 1/3 og den store ovn vægter 2/3. Der tillægges efterfølgende et alderstillæg, således at den ældre ovnlinje vægter forholdsvist mest:

Ovnlinje 1

$$1/3 * 37 \text{ mio. kr.} * 1,01^{(2013-1990)} = 15,5 \text{ mio. kr.}$$

Ovnlinje 2:

$$2/3 * 37 \text{ mio. kr.} * 1,01^{(2013-2010)} = 25,4 \text{ mio. kr.}$$

Omkostninger inklusiv alderstillæg bruges til at vægte de faste omkostninger:

Ovnlinje 1:

$$15,5 / (15,5 + 25,4) * 37 \text{ mio. kr.} = 14,0 \text{ mio. kr.}$$

Ovnlinje 2:

$$25,4 / (15,5 + 25,4) * 37 \text{ mio. kr.} = 23,0 \text{ mio. kr.}$$

Det ses således, at de samlede faste omkostninger fastholdes på værket, men vægten mellem ovnlinjer ændres, når alderstillægget indføres. Den ældre ovnlinje vægter således ca. 38 pct. af de faste D&V-omkostninger med alderstillæg mod 33 pct. uden alderstillæg.