

Andre danske drivhusgasudledninger

25/02 – 2015, Jacob Sørensen

1. Indledning

Mens de største danske udledninger kommer fra fossilt energiforbrug (76 % i 2012), samt landbrugets udledning af metan og lattergas (19 % i 2012), kommer de resterende omkring 6 % fra en række andre kilder (ekskl. LULUCF¹):

- Affald, herunder affaldsforbrænding og metanudledninger fra deponier (lossepladser).
- Spildevandsbehandling.
- Industrielle processer, særligt cementproduktion og brænding af mursten og andre lerprodukter.
- Udledning af industrielle gasser, primært flourerede gasser (F-gasser, også kendt som freoner m.v.) og opløsningsmidler.

En række af disse udledninger kan reduceres, selvom de samlet har været nogenlunde konstante siden 1990. I det følgende viser vi, at udledningen kan reduceres med 39 % fra perioden 2008-2012 til 2030.

En kraftigere reduktion er imidlertid påkrævet, hvis Danmark skal reducere sin samlede drivhusgasudledning med 95-100 %. Med en ekstraordinær indsats, hvor cementproduktionen halveres, og affaldsproduktionen reduceres med yderligere 80 % i forhold til tiltagene beskrevet i det følgende, kan den samlede udledning reduceres med yderligere 50-70 % af dagens niveau. Det vil naturligvis kræve en reduceret brug af cement og en markant ændret affaldsbehandling, f.eks. med udstrakt genbrug m.m.

Tabel 1 giver en oversigt over historiske og mulige fremtidige drivhusgasudledninger fra affald og industri. Udledningerne omfatter ikke udledninger, der skyldes sektorernes energiforbrug

¹ Disse tal omfatter ikke udledninger og CO₂-opsamling fra brug af land, inkl. CO₂-udledninger fra landbrugsjorde, skovens opsamling af CO₂ m.m., samlet benævnt Land-Use, Land-Use Change, and Forestry (LULUCF).

(afbrænding af fossil energi), da de er omfattet af forslagene til en dansk omstilling til vedvarende energi.

Udledning af drivhusgasser for affald og industri, ekskl. energiforbrug, millioner tons CO ₂ e/år						
Sektor	Udledningstype	1990	2008 - 12 Gns.	BAU 2030	Tiltag 2030	Ekstra tiltag 2030
Affald-spildevand	Spildevand	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Affald-spildevand	Deponi (lossepladser)	1,8	0,8	0,3	0,3	0,3
Affald-spildevand	Affaldsforbrænding, ikke-bionedbrydeligt	0,6	1,4	1,8	1,1	0,2
Industri m.m.	Cement og lervarer	1,1	1,0	1,3	0,9	0,4
Industri m.m.	Andre processer	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Industri m.m.	Opløsningsmidler	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Industri m.m.	F-gasser	0,3	0,8	0,1	0,1	0,1
I alt	Alle	4,1	4,3	3,7	2,7	1,3

Tabel 1. Samlede, ikke-energirelaterede udledninger af drivhusgasser ekskl. landbrug og ekskl. landanvendelse (LULUCF) Pga. afrundinger er der forskel mellem summen af kolonnerne og "I alt" felterne. De i dette notat beskrevne tiltag er samlet i kolonnen "Tiltag 2030". Ekstra tiltag omfatter en ekstraordinær indsats for at reducere udledninger fra cementproduktionen samt at afbrændingen af affald reduceres med yderligere 80 % i forhold til de tiltag, som er beskrevet i notatet.

2. Affaldsforbrænding

Kun CO₂ fra ikke-bionedbrydeligt kulstof bliver betragtet som CO₂-udledning i henhold til IPCC Guidelines. Den nuværende udledning af CO₂ fra forbrænding af ikke-bionedbrydeligt affald udgør ca. 1,4 mio. tons CO₂, og 3,1 mio. tons CO₂ hvis udledningen fra bionedbrydeligt affald regnes med. Hvis det f.eks. antages, at det lykkes at stabilisere de samlede affaldsmængder fra 2020, vil udledningen fra ikke-bionedbrydeligt affald kunne reduceres til 1,1 mio. tons CO₂, og 2,5 mio. tons CO₂, hvis udledningen fra bionedbrydeligt affald regnes med.

DCE's fremskrivning af produktionen af energi fra affald (Municipal waste)² fremgår af Tabel 2. DCE's fremskrivning er en såkaldt "with measures"-fremskrivning. Det vil sige, at den indeholder effekten af politikker og virkemidler, som er vedtaget pr. september 2012. Vi kalder derfor scenariet for "business as usual".

² "Projection of Greenhouse Gases 2011-2035", Ole-Kenneth Nielsen et al. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy. No. 48, 2013. Aarhus University.

I Tabel 2 har vi beregnet den forventede udledning af CO₂ ud fra fremskrivningen af energiproduktionen. Det fremgår af kilden, at affald udleder 37 kg per GJ produceret energi (37 tons CO₂/TJ). Senere beskrives, at det kun er det ikke-bionedbrydelige CO₂ fra affaldet, som opgøres.

	2011	2015	2020	2025	2030
Energiproduktion fra affald, TJ	38.550	39.572	43.637	45.036	48.294
Udledning af ikke-bionedbrydeligt CO ₂ , mio. tons	1,43	1,46	1,61	1,67	1,79

Tabel 2. Fremskrivning af energiproduktionen og deraf beregnet udledning af CO₂ fra ikke-bionedbrydeligt affald.

En række livscyklus-beregninger (LCA) viser, at kildesortering og genanvendelse af husholdningsaffald giver en samlet reduktion i udledningen af drivhusgasser. LCA dækker i princippet alle de udledninger, der er forbundet med produktion og brug af et givent materiale, helt fra udvinding af råstoffer til det bliver til affald.

Miljøprojekt nr. 1458³ har udarbejdet 12 scenarier for sortering af husholdningsaffald for 2020. De LCA-baserede beregninger indeholder bl.a. udledning forbundet med indsamling af affaldet fra forskellige boligtyper og oparbejdelse af det indsamlede affald. Alle scenarierne viser en reduktion i udledningen af drivhusgasser ift. et basisscenarie, dvs. en typisk "nu-situation". Fem af scenarierne giver reduktioner på ca. 19 %, mens tre giver næsten lige så store reduktioner. Alt medregnet kan den foreslåede sortering af husholdningsaffald således medføre en samlet dansk reduktion af udledning af drivhusgasser på ca. 0,5 % af de samlede danske udledninger i 2020. Antagelser om marginal-el og marginal-varme har stor betydning for scenarierne.

Disse tal indeholder som sagt alle emissioner fra alle processer ifm. med materialernes livscyklus. Herudfra kan vi konstatere, at det klimamæssigt er en god ide at indsamle og genbruge affald, i stedet for at brænde det af i et affaldsforbrændingsanlæg. Til gengæld vil øget genanvendelse have negativ betydning for energiproduktionen i affaldsforbrændingsanlæg. Med dagens affaldsforbrændingsteknologi er energiproduktionen konstant og ufleksibel, hvorfor den ikke egner sig til samspil med svingende energiproduktion fra sol og vind, som er afgørende i VedvarendeEnergi's forslag til energiomstilling.

2.1 Mindre el- og varmeproduktion i 2020

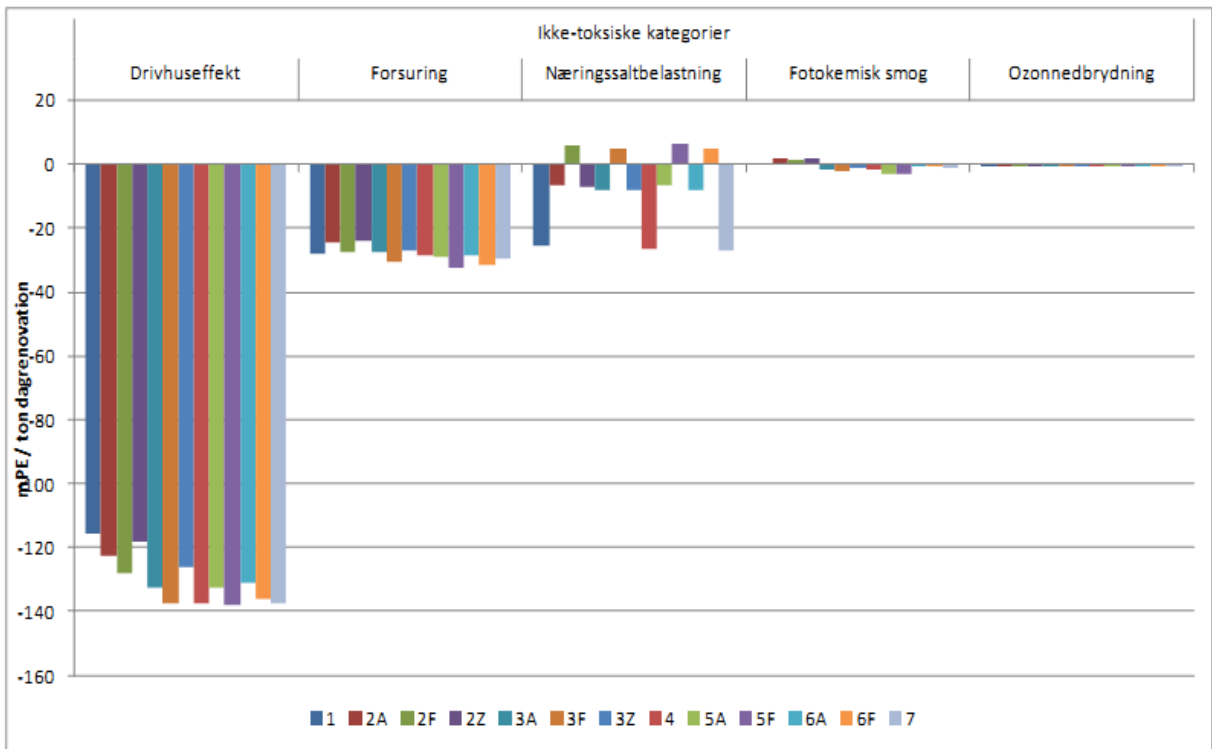
Isoleret set vil sortering og genanvendelse naturligvis betyde, at forsyningen af el- og varme fra affaldsforbrændingsanlæg bliver reduceret, når anlæggene får tilført mindre affald. På kort sigt vil den manglende affaldsmængde skulle erstattes af andet brændsel, sandsynligvis

³ "Miljø- og samfundsøkonomisk vurdering af muligheder for øget genanvendelse af papir, pap, plast, metal og organisk affald fra dagrenovation", Miljøstyrelsen, 13-05-2013, online på: <http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2013/maj/miljoe-og-samfundsøkonomisk-vurdering-af-muligheder-for-øget-genanvendelse-af-papir-pap-plast-metal-og-organisk-affald-fra-dagrenovation/>.

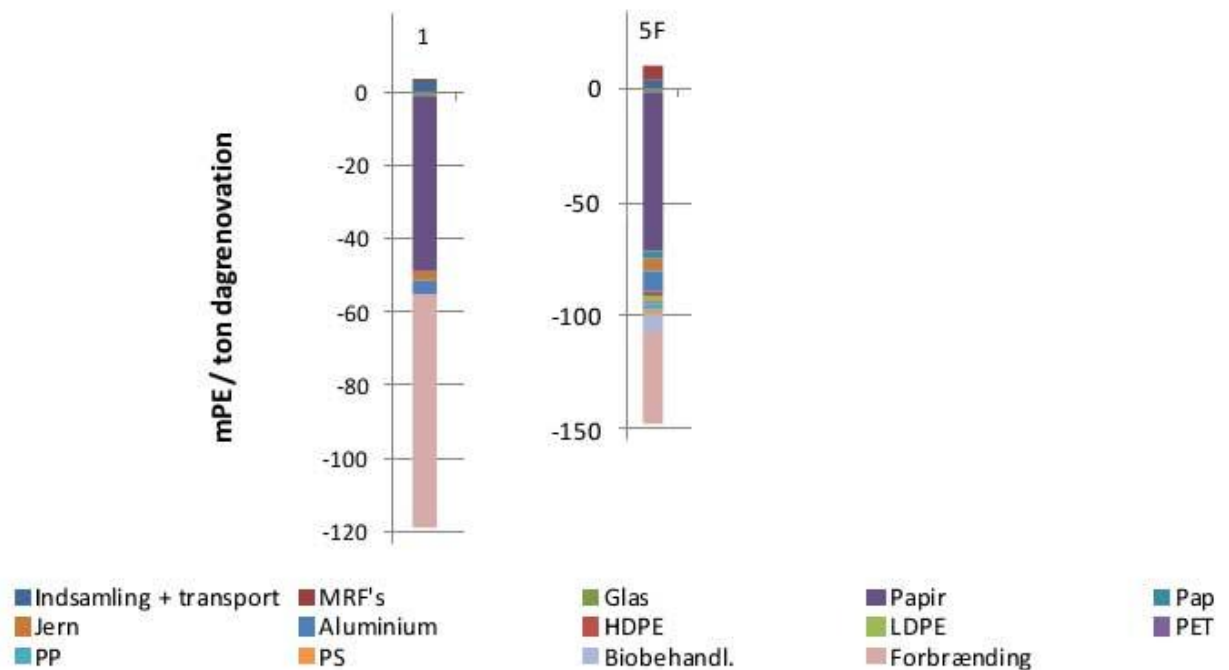
importeret affald eller biomasse. Ifølge Vestforbrænding er man nemlig nødt til at udnytte kapaciteten i affaldsforbrændingsværkerne af både tekniske og økonomiske årsager. Derfor er det vigtigt, allerede nu at planlægge efter reducerede affaldsmængder til affaldsforbrændingsanlæg.

I det følgende vil vi tage udgangspunkt i Scenarie 5F i Miljøprojekt nr. 1458. Scenariet er valgt, fordi bilaget til rapporten indeholder detaljer om netop dette scenarie. Af figur 1 fremgår, at 5F er blandt den gruppe af scenarier, som giver reduktioner på ca. 19 % ud fra et LCA-perspektiv. Vi vurderer, at 5F er repræsentativ for denne gruppe, og at vores estimater for fremtidens energiproduktion og emissioner fra affald ikke vil forbedres nævneværdigt ved at gennemgå alle disse fem scenarier, taget de i øvrigt forholdsvis høje usikkerheder i betragtning.

I forhold til basisscenariet (Scenarie 1) indeholder Scenarie 5F øget sortering af organisk affald, papir, pap, plast og metal i husholdningerne samt glasindsamling i kubeordninger. Figur 2 illustrerer forskellen mellem Scenarie 1 og Scenarie 5F med hensyn til deres potentielle drivhuseffekt. Figuren kan ikke bruges i vores videre analyse af, hvad øget indsamling og genanvendelse betyder for energiproduktionen fra affald, da enheden udtrykkes i personækvivalenter (mPE=millipersonækvivalenter). Enheden bruges ofte i LCA-analyser for at kunne sammenligne forskellige typer miljøpåvirkninger. Figuren vises for at illustrere betydningen af de forskellige områder, som har betydning for drivhusgasudledningerne.



Figur 1. Kopi fra Miljøprojekt nr. 1458 af Figur B Samlede ikke-toksiske potentielle miljøpåvirkninger for de 13 scenarier for ét blandet opland.



Figur 2. Potentiel drivhuseffekt i Scenarie 1 og Scenarie 5F. Manipuleret kopi af Scenarie 1 og Scenarie 5F i hhv. Figur 10 og Figur 15 i Miljøprojekt nr. 1458. Bemærk at skalaen er forskellig i de to søjler.

I dette afsnit vil vi ikke beregne, hvor meget energi man kan udvinde fra den organiske fraktion. Til vurdering af potentiale for biomasse kan det dog være relevant at opgøre, hvor

Husholdningsaffald		1	5F
Affald indsamlet	Ton/år	169.028	169.028
- heraf til genanvendelse	Ton/år	28.930	48.886
- heraf til bio-behandling	Ton/år	0	48.416
- heraf til rest-behandling	Ton/år	140.098	71.726

Tabel 3. *Behandling af husholdningsaffald fra for ét blandet opland. Kilde: Miljøprojekt nr. 1458. 3A, 3F, 3Z, 5A, 6A og 6F bygger på samme værdier.*

meget organisk affald der indsamles, hvilket fremgår af tabel 3.

I Miljøprojekt nr. 1458 regnes som udgangspunkt med et opland på 250.000 boliger, heraf 150.000 enfamilieboliger og 100.000 etageboliger. Dette svarer ifølge rapporten til et indbyggerantal på mellem 500.000-550.000, eller 1/10 del af den samlede befolkning i Danmark. En lang række af andre forudsætninger gør sig gældende, men det vil føre for vidt at beskrive dem her. Læseren henvises til rapporten for at få mere at vide om disse.

Tabel 4 sammenholder konsekvensberegninger for produktion af energi i affaldsforbrændingen i basisscenariet og Scenarie 5F. Det fremgår, at mængden af affald til forbrænding fra husholdninger vil blive reduceret væsentligt, hvis Scenarie 5F gennemføres i 2020. Ligeledes vil den resulterende produktion af varme og el blive reduceret. Meget andet

		Basisscenarie	Scenarie 5F
Input af affald	Ton affald/år	140.098	77.445
Input fra affald	GJ ind/år	1.259.015	683.024
Output af varme	GJ varme/år	919.081	498.608
Output af elektricitet	MWh el/år	76.940	41.740

Tabel 4. *Konsekvens ved ændret input til affaldsforbrændingsanlæg. Kilde: Miljøprojekt nr. 1458.*

affald end husholdningsaffald havner dog i forbrændingsanlæggene. Mængderne fremgår af Tabel 4.

For at beregne hvad øget kildesortering af affald har af betydning på landsplan, må vi skalere Scenarie 5F op med en faktor 10. Desuden må vi også vurdere, om det er muligt at øge kildesorteringen af affald fra andre sektorer. I de følgende beregninger gør vi følgende antagelser for 2020:

- Husholdninger: Scenarie 5F bliver gennemført.
- Bygge- og anlægssektor: Ingen ændring i forhold til forbrænding.
- Industri: Ingen ændring i forhold til forbrænding.
- Servicesektor, inkl. off. institutioner: *Danmark uden affald* har procentmæssige mål for genanvendelsen af papir-, pap-, glas-, metal- og plastemballage fra servicesektoren som helhed samt organisk affald fra restauranter, dagligvarehandel

m.v. Genanvendelsen af papir-, pap-, glas-, metal- og plastemballage ventes at blive forøget fra 53 % i dag til 70 % i 2018. Indsamling af organisk affald fra restauranter, dagligvarehandel m.v. øges fra i dag ca. 17 % til ca. 60 % i 2018. Der gives således ikke et skøn for de samlede mængder, eller for konsekvensberegninger for energiproduktionen fra affald. Da den samlede mængde affald udgør ca. halvdelen af husholdningsaffaldet (2011), antages at sektoren kan sammenlignes med fem opland i Scenarie 5F.

- Forsyning og andet erhvervsaffald: Ingen ændring i forhold til forbrænding.

Med en øget indsamling af affald fra både husholdninger og servicesektoren opskalerer vi

	Tons	Procent af fraktion
Husholdninger	1.342.724	56
Bygge- og anlægssektor	88.230	3
Industri	165.652	15
Servicesektor, inkl. off. Institutioner	626.791	34
Forsyning og andet erhvervsaffald	381.538	35
Total	2.604.935	29

Tabel 5. Affald til forbrænding 2011 ekskl. jord. Kilde: Danmark uden affald.

Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018. Høringsudkast. November 2013.

Scenarie 5F til et nationalt plan ved at gange med 15. Tabel 6 sammenligner konsekvenserne i 2020, hvis Scenarie 5F gennemføres på landsplan, for husholdningsaffald, og hvis

		Status quo	Konsekvens: Øget genanvendelse	Konsekvens: Energibehov
Input af affald	Ton affald/år	2,1	1,2	
Input fra affald	GJ ind/år	18,9	10,2	8,7
Output af varme	GJ varme/år	13,8	7,5	
Output af elektricitet	MWh el/år	1,2	0,6	

Tabel 6. Konsekvens for input og output til affaldsforbrændingsanlæg på landsplan ved øget kildesortering og genanvendelse i 2020. Bemærk, at der er betydelige mængder affald fra andre sektorer, som ikke indgår i beregningerne.

genanvendelsen af affald fra servicesektoren stiger tilsvarende.

Af Tabel 6 fremgår, at der vil blive tilført 8,7 GJ mindre energi fra affald til affaldsforbrændingsanlæggene, hvis tiltag svarende til Scenarie 5F gennemføres på landsplan i husholdninger og servicesektoren i 2020.

Med VedvarendeEnergis scenarie for hurtig omstilling til vedvarende energi er der fremlagt et scenarie, hvor dansk energiforbrug kan forsynes med 100% vedvarende energi allerede i

2030uden at der er behov for energi fra affaldsforbrænding. ⁴ Hvis dette foreslåede scenarie følges, er reduceret energi for affaldsforbrænding ingen hindring for omstilling til vedvarende energi.

2.2 El- og varmeproduktion mod 2030

Fremskrivninger af affaldsproduktionen frem til 2030 er afhængig af f.eks. forventningen til den økonomiske udvikling. Miljøstyrelsens affaldsprognose fremgår af tabel 6.

Fremskrivningen er baseret på FRIDA-modellen, som tager udgangspunkt i en fremskrivning af den økonomiske vækst beskrevet af ADAM-modellen. Prognosen er baseret på affaldsdata fra 1994-2009. Miljøstyrelsen vurderer fornuftigt nok, at der er væsentlig usikkerhed på den langsigtede fremskrivning af den økonomiske vækst, og derfor også på den fremskrevne udvikling i affaldsmængderne.

Henholder vi os i stedet til en betragtning om grænser for vækst, kan vi antage, at det lykkes at stabilisere de samlede affaldsmængder fra 2020. Med gennemførelse af Scenarie 5F i 2020 vil den faktiske genanvendelsesprocent for husholdningsaffald være ca. 55 % i 2020. Vi forventer, at genanvendelsen stiger yderligere efter 2020, også i servicesektoren selvom indsamlingsprocenten i udgangspunktet er betydelig højere end i husholdningerne.

I vores scenarie for 2020 til 2030 antager vi, at efterhånden som det bliver mere almindeligt at sortere affald, bliver det normsættende at gøre det (også i andre fraktioner end papir og glas som i dag), og man vil kunne halvere tilførslen af affald fra husholdninger og servicesektoren

2012	2018	2024	2030
9,1	14,9	16,3	17,6

Tabel 7. Miljøstyrelsens forventning til udviklingen i affaldsproduktionen i mio. tons. Kilde: Danmark uden affald.

til affaldsforbrænding i løbet af perioden.

Med dette scenarie bliver der produceret 0,6 PJ/år mindre energi fra affald i 2030 end i 2020 som konsekvens af øget genanvendelse. Affaldsforbrændingssektoren vil således have behov for at få tilført 13,8 GJ energi per år, hvis de skal producere den samme mængde energi som i basisscenariet for 2020. Se tabel 7.

2.3 Udledning af CO₂ indtil 2012

Energistatistik 2012⁵ viser udledningen af CO₂ fra ikke-bionedbrydeligt affald. Organisk kulstof i affald er enten bionedbrydeligt eller ikke-bionedbrydeligt. Kun CO₂ fra ikke-bionedbrydeligt kulstof bliver betragtet som CO₂-udledning i henhold til IPCC Guidelines.

⁴ Se 6. Samlede scenarier og planer for en hurtig omstilling til vedvarende energi, VedvarendeEnergi, marts 2015, online på www.ve.dk

Konsekvens: Øget genanvendelse		2030
Input af affald	Ton affald/år	0,6
Input fra affald	GJ ind/år	5,1
Output af varme	GJ varme/år	3,7
Output af elektricitet	MWh el/år	0,3

Tabel 8. Grænser for vækst-scenarie. Bemærk, at der er betydelige mængder affald fra andre sektorer, som ikke indgår i beregningerne.

Energistatistikken antager, at 55 % af energiforbruget fra affald er bionedbrydeligt – og dermed vedvarende energi. Endvidere er CO₂-indholdet i affald fastsat til 37 Kg/GJ. Værdien skal betragtes som CO₂ fra den ikke-bionedbrydelige fraktion af affald. Det vil sige, at værdien udgør 45 procent af den faktiske udledning af CO₂.

Det nuværende nøgletal for forholdet mellem bionedbrydeligt og ikke-bionedbrydeligt affald

1000 ton	1990	1995	2000	2005	2010	2012
Ikke-bionedbrydeligt	583	850	1.136	1.403	1.386	1.386
Bionedbrydeligt	712	1.038	1.388	1.715	1.694	1.694
Affald	1.295	1.888	2.524	3.117	3.081	3.080

Tabel 9. Samlede CO₂-emissioner fra forbrænding af affald. Beregnet på baggrund af Energistatistik 2012.

samt den resulterende udledning af CO₂ bliver diskuteret i disse år. Der vil givetvis også være behov for at justere værdierne, efterhånden som genanvendelsen af affaldsressourcerne øges, og sammensætningen af affaldet ændres. I de følgende beregninger bruger vi samme værdier som i Energistatistik 2012.

Udledningen af CO₂ fra affaldsforbrænding vises i Tabel 9.

2.4 Udledning af CO₂ i perioden 2020 til 2030

Danmark uden affald forventer 3,7 mio. tons affald til forbrænding i 2018, forudsat status quo i behandling af affaldet i forhold til i dag. I 2011 var forbrændingen 2,6 mio. tons. Den forventede forøgelse af affaldsmængden til forbrænding svarer til konsekvens-reduktionen i 2020 på 1,1 mio. tons affald. Vi antager dermed, at udledningen i 2020 vil være som i 2012, hvis den øgede genanvendelse gennemføres som beskrevet tidligere.

⁵ <http://www.ens.dk/info/tal-kort/statistik-nogletal/arlig-energistatistik>.

Med status quo i affaldsproduktionen fra 2020 viser konsekvensberegningen 0,6 mio. tons mindre affald til forbrænding i 2030 ift. 2020, hvilket vi konverterer til 20 procent mindre CO₂-udledning. Se tabel 10.

2.5 Vurdering af økonomi

De velfærdsøkonomiske omkostninger for basisscenariet i Miljøprojekt nr. 1458 er højere eller på niveau med de andre 12 scenarier (se figur 3). Dette skyldes primært høje indsamlingsomkostninger til basissceniets 52 årlige tømninger af restaffald. De øvrige scenarier opererer med 13 eller 26 årlige tømninger afhængig af affaldsfraktioner. Scenarie 5F hører velfærdsøkonomisk til blandt de bedste scenarier.

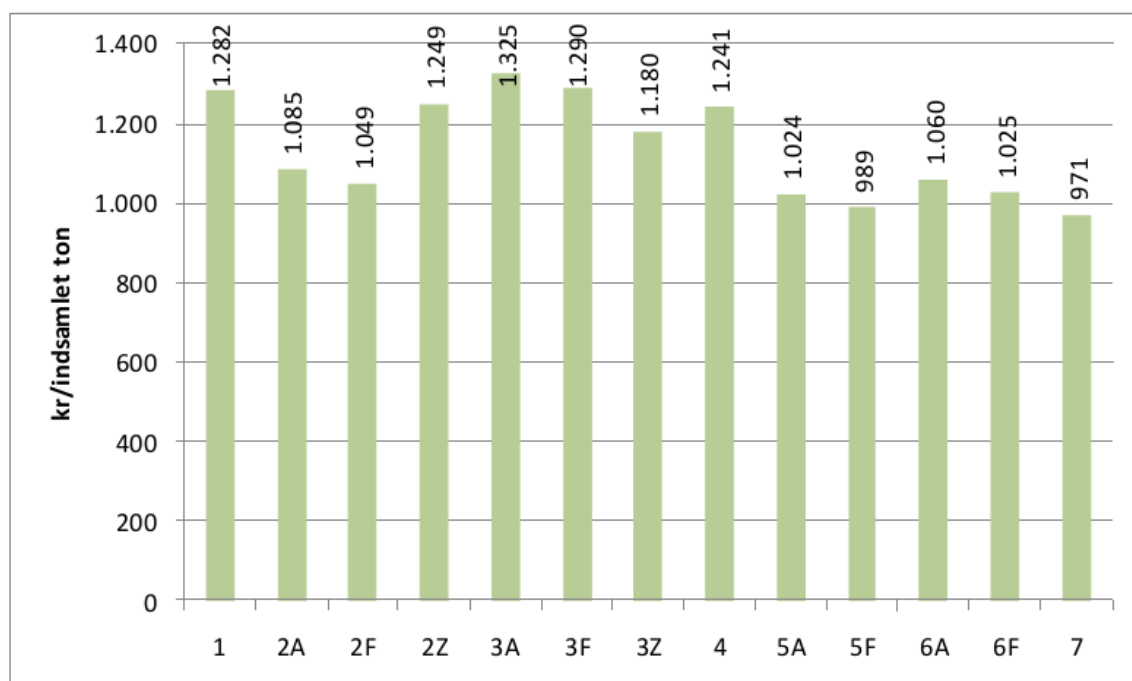
1000 ton	2020	2025	2030
- Affald, ikke-bionedbrydeligt	1.386	1.247	1.109
- Affald, bionedbrydeligt	1.694	1.524	1.355
Affald	3.080	2.772	2.464

Tabel 10. Samlede CO₂-emissioner fra forbrænding af affald, hvis genanvendelsen af affald fra husholdningerne og servicesektoren øges som beskrevet.

Budgetøkonomisk bliver det konkluderet i Miljøprojekt nr. 1458, at det i mange danske kommuner ikke behøver at give anledning til øgede omkostninger, at opnå en væsentlig højere genanvendelse af de forskellige affaldsfraktioner fra dagrenovationen, end den opnåede genanvendelse i dag.

2.6 Politiske tiltag

Danmark uden affald har som mål, at 50 % af organisk affald, papir-, pap-, glas-, plast-, metal- og træaffald fra de danske husholdninger indsamles og genanvendes eller på anden måde nyttiggøres materialemæssigt i 2022. I 2011 blev 22 % af de nævnte materialetyper



Figur 3. Velfærdsøkonomiske omkostninger for 150.000 enfamilie- og 100.000 etageboliger, kr./ton indsamlet. Kopi af Figur 33 i Miljøprojekt nr. 1458.

genanvendt, mens 75 % blev forbrændt.

Det tyder på, at dette mål er svagere, end hvad der lægges op til i Scenarie 5F (se Tabel 2). Desuden ser det ud til, at *Danmark uden affalds* mål for servicesektoren er lavere end dem, vi har forudsat i vores antagelser. De nationale målsætninger for genanvendelse af affald skal således øges, hvis vores plan skal gennemføres.

Kommunerne har metodefrihed til at opnå mål på affaldsområdet. De vil derfor spille en afgørende rolle med hensyn til at opnå den øgede indsamling og genanvendelse af affald fra husholdningerne og servicesektoren, som er skitseret i visionen ovenfor.

Endelig antager vi i den ovenstående vision, at affaldsmængderne ikke vil stige efter 2020. Med udgangspunkt i den historiske udvikling og samtidens dominerende politiske debat, må

denne antagelse anses som ambitiøs. I 2020 kan ressourcespørgsmålet dog se væsentlig anderledes ud end i dag. Under alle omstændigheder vil der være behov for væsentlige politiske tiltag, og en væsentlig ændring af den politiske debat og retorik, hvis affaldsmængderne skal stabiliseres efter 2020.

2.7 Mulighed og behov for folkelig deltagelse

Øget genanvendelse forudsætter opbakning fra befolkningen. Hver enkelt borger skal lære mere om forskellige affaldsfraktioner, og de skal sortere deres affald mere grundigt end i dag. Aktiv folkelig inddragelse i alle led i planlægning, introduktion og drift, især i forbindelse med indsamling, vil derfor være en fordel.

Mange miljøforeninger har historisk arbejdet med at kildesortering og genanvendelse af affald. Det vil være en fordel, hvis disse foreninger fortsat presser på for øge kildesorteringen og skabe folkelig debat og deltagelse.

2.8 Andre tiltag

Vi har i dette kapitel beskrevet, hvad man kan opnå ved at øge kildesorteringen i husholdninger og servicesektoren. Man vil naturligvis også kunne opnå besparelser inden for andre sektorer, men det har ikke været muligt at beskrive det inden for rammerne af dette projekt. Zero Carbon Britain⁶ beskriver f.eks., at træbaseret byggeaffald kan omdannes til biochar og derved et lager for CO₂. Samme rapport foreslår også, at man bruger den organiske del af husholdningsaffald som foder til svin, hvilket er forbudt i Danmark.

⁶ Zero Carbon Britain: Rethinking the Future. www.zerocarbonbritain.org. Centre for Alternative Technology, 2013.

Desuden forventer *Danmark uden affald*, at 25 % af haveaffaldet energiudnyttes i 2018. I dag

	Bioforgasning	Kompostering	Forbrænding	Deponering
Mængde i 2011*	-	534.000 tons	23.000 tons	22.000 tons
Behandling i 2011*	-	87 %	4 %	4 %
Forventet effekt i 2018	3 %	73 %	22 %	2 %

*Tabel 11. Kopi af Tabel 6.3 fra Danmark uden affald. Mængde, behandling og forventet effekt for haveaffald fra husholdninger og erhverv, der indsamles til central behandling. * ekskl. mængder registreret som "Særlig behandling" og "Midlertidig oplagring".*

er det 4 %. Dette gælder for haveaffald fra både husholdninger og erhverv (se tabel 11). Øget forbrænding af haveaffald kan give et øget energiinput til forbrændingsanlæggene, og udledningen af CO₂ fra bionedbrydeligt affald vil øges, i det omfang det alternativt anvendes, så det ikke nedbrydes ved f.eks. kompostering. I *Danmark uden affald* forventes andelen til forbrænding at øges 5,5 gange. I VedvarendeEnergi's forslag til energiomstilling forventes have- og parkaffald sorteret, hvorefter træ-fraktionen bruges som biomasse til energi, mens blade og jord komposteres.

3. Affald - deponering

Udledningen af klimagasser fra danske lossepladser forventes at være 0,29 mio. tons CO₂e i 2030. Med kendte ekstra tiltag kan den reduceres til 0,25 mio. tons CO₂e i 2030.

Deponeringsanlæg, der indeholder organisk affald, producerer biogas, dvs. metan. DCE⁷ har lavet en prognose for udledningen af metan fra danske deponeringsanlæg frem til 2035. Tabel 12 præsenterer prognosen frem til 2030.

Status quo	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Gg CH ₄ /år	70,3	60,1	50,0	40,3	33,0	25,5	19,7	15,3	11,8
Gg CO ₂ e/år	1758	1503	1250	1008	825	638	493	383	295

Tabel 12. Historiske og fremtidige udledninger af metan fra danske lossepladser.

Metan dannes ved iltfri nedbrydning af organisk affald. Meget af den nuværende udledning af metan skyldes derfor tidligere deponering af organisk affald. Deponering af organisk affald er nemlig reduceret kraftigt de sidste mange år, efter man er gået over til at afbrænde affald i forbrændingsanlæg.

Metan indvindes fra flere lossepladser til energiformål, men potentialet er udnyttet, der hvor det kan lade sig gøre. En anden metode til at mindske udledningen fra nuværende deponier er

⁷ Projection of Greenhouse Gases 2011-2035. Ole-Kenneth Nielsen et al. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy. No. 48, 2013. Aarhus University.

ved at udlægge et såkaldt biocover, som er bio-aktive afdækningslag henover det deponerede affald.

Metan-udledningen kan desuden reduceres ved yderligere at reducere deponeringen af organisk nedbrydeligt affald. Den organiske fraktion, som i dag deponeres, stammer hovedsageligt fra storskrald og shredderaffald.

DCE's fremskrivning er en såkaldt "with measures"-fremskrivning. Det vil sige, at den indeholder effekten af politikker og virkemidler, som er vedtaget pr. september 2012. I det følgende gennemgås potentialerne for at nedbringe udledningen af drivhusgasser fra deponier, som rækker ud over de allerede vedtagende virkemidler.

3.1 Biocover

Biocovers er generel omkostningseffektiv med en skyggepris på 77 kr. per ton reduceret CO₂-ækvivalenter, ifølge et notat fra Miljøstyrelsen (i det følgende benævnt som MST's notat)⁸. Det bemærkes, at notatet er lavet for at beregne skyggeprisen og de velfærdsøkonomiske effekter, så forudsætningerne i notatet skal ses i sammenhæng hermed.

I dag er der 38 deponeringsanlæg i brug; 31 anlæg til blandet affald og syv anlæg til farligt affald. Derudover er der ca. 2.500 gamle ukontrollerede lossepladser. MST's notat vurderer, at fem procent af disse gamle lossepladser har potentiale for etablering af Biocovers, hvilket notatet sætter til ca. 100. Docent Peter Kjeldsen fra DTU Miljø vurderer dog, at Miljøstyrelsens skøn er konservativt, og at potentialet ligeså godt kan være 15 %. Vi vurderer dermed, at der kan etableres biocover på 400 anlæg, frem for de 138 anlæg som er forudsætningen i MST's notat. Vi antager, at alle 400 biocovers kan etableres inden 2020.

DTU vurderede i 2012⁹, at udledningen af metan kan reduceres med 79-93 % ved etablering af Biocovers. I Miljøstyrelsens beregninger antages, at etablering af Biocovers giver en øjeblikkelig reduktion på 79 % i det år, hvor Biocovers etableres. Vi antager at reduktionen er 85 %; tallet er dog ikke specielt følsomt i forhold til et scenarie.

I status quo-scenariet falder udledningen af metan kraftigt i de kommende årtier. I beregningerne antager vi, at effekten ved etablering af biocovers inden 2020 vil være proportional med udledningen ift. status quo.

Biocover	2020	2025	2030
Reduktionspotentiale (Gg CO ₂ e/år)	66	51	40

Tabel 13. Konsekvens ved etablering af 400 biocovers inden 2020.

8 Krav om og tilskud til biocover på visse lossepladser, http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/klima-co2/klimaplan-2012/Baggrundsnotater/krav_om_og_tilskud_til_biocover_paa_visse_lossepladser.pdf.

9 Miljøprojekt Nr. 1401 fra Miljøstyrelsen, "Reduktion af metan emissionen fra Klintholm losseplads ved etablering af biocover". DTU miljø, 2012.

3.2 Shredderaffald

Shredderaffald er neddelte biler, køleskabe m.v. Især med indførelsen af en statsafgift fra 1. januar 2012 er der opstået et potentiale for at udvinde ressourcer fra shredderaffald. Årligt deponeres ca. 160.000 tons, og det er estimeret, at der i alt er deponeret ca. 1,9 mio. tons shredderaffald, som potentielt er tilgængeligt for opgravning og behandling¹⁰. En LCA¹¹ viser, at et tons deponeret shredderaffald resulterer i en udledning på 11-12 kg metan i løbet af en defineret levetid på 20 år. Desuden vil der ske carbon-binding i deponiet, når organisk masse bindes, men vi har ikke et ordentligt datagrundlag for at kunne tage dette med i beregningerne.

Miljøstyrelsen arbejder med en mere omfattende vurdering af shredderaffald, som udkommer senere end 1. april 2014.

Udvinning af ressourcer fra shredderaffald vil primært ske, fordi det indeholder værdifulde ressourcer i form af materialer og energi. Årsagen til at nyttiggøre affaldet vil ikke være at opnå mindre udledning af drivhusgasser fra deponeringsanlæg, selvom der vil være en positiv klimaeffekt derved. Dermed giver det ikke mening at vurdere økonomien ift. udledningen af klimagasser fra deponeringsanlæg. Blot kan vi fastslå, at jo mere samfundet er villig til at undgå udledningen af klimagasser, jo bedre velfærdsøkonomi er der i at behandle shredderaffald.

Høringsudkastet til "Danmark uden affald" skriver om den forventede effekt ved initiativerne i forbindelse med ressourceplanen:

I 2018 sorteres og genanvendes mere og bedre shredderaffald, højst 30 % shredderaffald deponeres ubehandlet og 70 % nyttiggøres (minimum 10 % genanvendelse). I dag deponeres næsten alt shredderaffald.

Udviklingen frem mod 2024 forventes at indebære, at allerede deponeret shredderaffald i højere grad graves op og behandles.

Efter behandling af shredderaffald vil der stadig være en restfraktion, som skal deponeres som farligt affald. Af ovennævnte tekststykke fremgår det ikke, om restfraktionen skal regnes med som "ubehandlet" eller "nyttiggjort". I vores fremskrivning tager vi udgangspunkt i, at restfraktionen regnes med i de 30 %, som deponeres ubehandlet. Med udgangspunkt i at genbrugs- og nyttiggørelsesandelen af bilskrot er ca. 90 %, antager vi, at restfraktionen, som skal deponeres som farligt affald, er på ca. 10 %. Vi antager også, at der ikke vil være udledning af metan fra den nyttiggjorte shredderaffald samt restfraktionen.

I vores fremskrivning antager vi, at hele potentialet for "landfill mining" på ca. 1,9 mio. tons shredderaffald bliver gravet op og udnyttet. Med mindre der kommer en radikal omstilling af

10 "Danmark uden affald - Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018". Høringsudkast. November 2013.

11 Lavteknologisk genanvendelse af ressource i deponeret shredderaffald via størrelsesfraktionering. Miljøprojekt nr. 1440, 2012. Miljøstyrelsen.

produktionen, vil behovet for materialer kun blive større, og vi forventer, at det vil give økonomisk mening at udnytte hele potentialet. Vi forventer, at potentialet udnyttes jævnt i løbet af en 15 års periode fra 2020.

Shredderaffald	2020	2025	2030
Reduktionspotentiale (Gg CO ₂ e/år)	0	2	4

Tabel 14. Konsekvens ved mindre deponering af shredderaffald samt indvinding af mineraler og energi fra allerede deponeret shredderaffald.

3.3 Samlet potentiale

Tabellen viser det samlede potentiale for at reducere udledningen af drivhusgasser fra deponeringsanlæg og de forventede udledninger med og uden udnyttelse af biocover og behandling af shredderaffald.

Gg CO ₂ e/år	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Status quo	1758	1503	1250	1008	825	638	493	383	295
Reduktionspotentiale	0	0	0	0	0	0	66	53	44
Samlet udledning med potentiale	1758	1503	1250	1008	825	638	426	329	251

Tabel 15. Konsekvens ved biocover og mining af shredderaffald.

3.4 Politiske tiltag

Biocover er ukompliceret og har en lav skyggepris. Vi formoder derfor, at der inden for en forholdsvis kort tidshorison vil træffes en beslutning om etablering af en række biocovers. I første omgang vil en sådan beslutning muligvis indeholde et lavere antal lossepladser, end de 400, vi har forudsat i ovenstående scenarie. Desuden er det forventeligt, at man i første omgang vil etablere biocovers på de lossepladser, hvor skyggeprisen er lavest. For at komme op på 400 biocovers, må vi således forvente, at der skal lægges politisk pres på relevante aktører i de kommende år.

Mængde og nyttiggørelse af shredderaffald har vidtrækkende reguleringsmæssig rækkevide, som spænder fra EU's direktiver om produktdesigns til lokale bestemmelser om affaldshåndtering. Nyttiggørelse af shredderaffald er mest et spørgsmål om genanvendelse, udledningen af klimagasser har mindre betydning. Det politiske mål om nyttiggørelse er usikkert. Både fordi målet er nævnt i et høringsudkast, og fordi der er usikkerhed om, hvordan det er defineret.

3.5 Folkelig deltagelse

Etablering af biocovers vil ikke have den store folkelige appeal, det er noget som skal gennemføres på eksisterende lossepladser uden folkelig deltagelse.

Deponering af shredderaffald vil kunne mindskes gennem folkelig deltagelse. Dels kan en øget bevidsthed om miljøpåvirkningen fra produkter betyde, at folk køber færre produkter og biler, samt får deres apparater til at holde længere. Vi vurderer, at de fleste produkter i gennemsnit bliver udskiftet lang tid før det punkt, hvor det kan betale sig at skifte til et nyere produkt pga. en mindre ressource- og energikrævende drift fra nye, mere energieffektive produkter. Folkeligt pres kan betyde, at produkter bliver designet, så det bliver nemmere at lade dem indgå i nye materialekredsløb efter endt livsforløb. Endelig kan folkelig deltagelse betyde, at flere rene materialefraktioner bliver "tappet" fra produkterne, før de bliver afleveret som affald.

4. Spildevand

Udledningen af klimagasser ifm. spildevand vil udgøre omkring 0,17 mio. tons CO₂e i 2030.

Udledningen af metan og lattergas fra spildevandshåndtering udgjorde ca. 0,25 % af Danmarks samlede udledning af drivhusgasser i 2000. Udledningen forventes, jf. DCE's fremskrivning¹², at stige svagt mellem 2010 og 2030.

Opgørelserne af drivhusgasser fra spildevandshåndtering består af udledning af metan og lattergas fra kloaksystemet, renseproces og evt. produktion af biogas samt septiktanke. Energiforbrug til drift er ikke indbefattet.

Status quo	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Gg CO ₂ e./år	176	184	173	168	159	167	169	172	174

Tabel 16: Historisk og forventet samlet drivhusgasudledning fra spildevandsanlæg. Værdien for 2010 er gennemsnit for perioden 2008-2012.

Klimakommissionen nævner i bilag 7 i dokumentationsdelen, at potentialet for biogasproduktion fra spildevandsslam er 4,0 PJ/år. I 2008 lå produktionen på 0,84 PJ/år.

Da de samlede udledninger er små, vil vi ikke her gå mere i dybden med, hvad der er af potentialer for at reducere klimapåvirkningen fra spildevandshåndteringen.

12 "Projection of Greenhouse Gases 2011-2035", Ole-Kenneth Nielsen et al. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy. No. 48, 2013. Aarhus University.

5. Industrielle processer

Officielt forventes en udledning på 1,3 mio. tons CO₂ fra industrielle processer i 2030. Med et ophør af eksport af cement og en stabilisering af det danske forbrug af cement i 2020, forventer vi en udledning på 0,9 mio. tons CO₂ i 2030.

I 2010 udgjorde CO₂-udledningerne fra industrielle processer 1,0 mio. ton CO₂, svarende til ca. 2 pct. af de samlede danske drivhusgasudledninger.

Især produktion af materialer til byggesektoren medfører udledning af drivhusgasser. Den væsentligste kilde er produktion af cement, der bidrager med mere end 83% af udledningen af CO₂ fra de industrielle processer ifølge DCE (i perioden 2008-2012). Produktion af cement påvirker klimaet, fordi råstoffet kridt, forandrer sin kemiske sammensætning ved høj temperatur, og fordi produktionen er energikrævende. Kun den kemiske proces behandles her, da omstilling til vedvarende energi er behandlet i VedvarendeEnergi's forslag til energiomstilling.

Produktion af andre bygningsmaterialer som mursten, ekspanderede lerprodukter (f.eks. leca), glas og stenuld bidrager også væsentligt til den samlede udledning ifølge DCE¹³. De resterende udledninger stammer bl.a. fra metalproduktionen og produktion af læsket kalk til røgrensning mv.

En del af den afgivne CO₂ optages igen, når cement hærdner; men da det er en langsom proces, er dette optag ikke medregnet her. Nogle kilder finder, at 50 % af den frigivne CO₂ optages i løbet af et kortere tidsrum¹⁴.

Fremskrivninger af de danske CO₂-udledninger fra industrielle processer er usikre, da udledningerne kan påvirkes markant af beslutninger i ganske få virksomheder.

5.1 Business as usual

DCE's tidsserie for udledning af CO₂ ifm. industrielle processer vises i Tabel 17. DCE's fremskrivning er en såkaldt "with measures"-fremskrivning. Det vil sige, at den indeholder effekten af politikker og virkemidler som er vedtaget pr. september 2012. Vi kalder derfor scenariet for "business as usual".

13 "Projection of Greenhouse Gases 2011-2035", Ole-Kenneth Nielsen et al. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy. No. 48, 2013. Aarhus University.

14 http://www.nordicinnovation.org/Global/_Publications/Reports/2005/03018_carbon_dioxide_uptake_in_demolished_and_crushed_concrete.pdf.

1000 tons CO ₂	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Mineralske produkter	1069	1616	1544	997	1049	1162	1203	1266
Andet	83	85	61	37	37	38	38	39
Total	1152	1701	1604	1034	1086	1200	1242	1305

Tabel 17. Udledningen fra industrielle processer under antagelse af business as usual (DCE 2013). 2010 er gennemsnit for 2008-2012.

Faldet i mineralske produkter mellem 2005 og 2010 skyldes, at produktionen af salpetersyre/kunstgødning stoppede i Danmark.

5.2 Potentiale – procesrelateret

Cement fremstilles ved at brænde råmaterialerne kridt, sand og flyveaske i en cementovn. Herved fremkommer et mellemprodukt, såkaldt klinker. Disse formales herefter sammen med andre materialer i en mølle, hvorved det endelige produkt - cement - fremkommer.

Klimakommissionen skriver, at den proces-relaterede CO₂-emission i forbindelse med cementproduktionen formodes at kunne forbedres en del gennem teknologisk udvikling - de mest optimistiske analyser siger med op til 40 %. En fremherskende metode til at reducere udledningen – som allerede bruges i dag - er at blande cementen med flyveaske fra afbrændt kul. Klimakommissionen nævner, at flyveasken kun delvist ville kunne erstattes med affaldsasse og bioasse. Derfor kan der være behov for at reducere iblandingen af flyveaske i det fossilfrie samfund.

Klimakommissionen anslår, at teknologisk udvikling i cementproduktionen under visse forudsætninger vil kunne resultere i en reduktion af den procesrelaterede CO₂-emission fra cementproduktionen på omkring 20 % frem mod 2050.

Zero Carbon Britain¹⁵ vurderer, at en reduktion på 40 % er mulig.

Aalborg Portland har en målsætning om at udvikle cementtyper, der på lang sigt kan fremstilles med et lavere energiforbrug, og op til 30 % mindre CO₂-udledning for visse cementtyper¹⁶. Det er uklart hvor stor en andel af reduktionen, der forventes at komme fra proces, mindre klimabelastende energikilder eller energibesparelse. Desuden er det kun "visse" cementtyper, målsætningen handler om.

Virksomheder som Aalborg Portland vil næppe være tilbøjelige til at underdrive deres miljømål, så vi antager, som Klimakommissionen, at den procesrelaterede CO₂-emission fra cementproduktionen kan reduceres med omkring 20 % frem mod 2050, hvoraf man måske kan nå 10 % inden 2030.

15 Zero Carbon Britain, "Rethinking the Future". www.zerocarbonbritain.org. Centre for Alternative Technology, 2013.

16 Miljørededørelse 2012:
http://www.aalborgportland.dk/media/pdf_filer/ap_miljoeredegoerelse_2012.pdf

5.3 Potentiale - forbrug

En anden måde at reducere udledningen af klimagasser fra industrielle processer på, er ved at skære ned på forbruget af produkterne. En del af den danske cementproduktion går til eksport. I 2012 gik ca. 42 % af Aalborg Portlands samlede produktion til eksport.

Zero Carbon Britain nævner, at behovet for cement i byggesektoren kan reduceres ved at anvende en større andel bio-baseret bygningsmateriale. Imidlertid kan man forvente et stigende behov for cement til konstruktion og opstilling af vindmøller og anden infrastruktur. På den baggrund antager Zero Carbon Britain, at den britiske produktion af jern, stål og cement forbliver på 2007-niveau. I øvrigt vil forslagene om en mere bæredygtig transport reducere cementforbruget til veje og broer.

5.4 Grænser for vækst-scenarie

I nedenstående fremskrivning for udledninger fra industrielle processer (minus energiforbrug) har vi antaget, at:

- Produktionen af den procesrelaterede udledning af CO₂ per produceret enhed bliver reduceret med 10 % i perioden 2020-2030.
- Eksporten af cement bliver reduceret fra 42 % i 2020 til 0 % i 2050. Heri indgår en reduktion på ca. 14 % mellem 2020 og 2030.

Det danske forbrug af cement bliver stabiliseret fra 2020.

1000 tons CO ₂	2010	2015	2020	2025	2030
Mineralske produkter	997	1049	1162	1031	899
Andet	37	37	38	38	39
Total	1034	1086	1200	1069	938

Tabel 18. Grænser for vækst-scenarie (scenarie med tiltag). Antagelser er forklaret i teksten. 2010 er gennemsnit for 2008-2012.

6. Industrigasser (F-gasser) og opløsningsmidler

Udledningen af drivhusgasser ifm. opløsningsmidler og industrigasser udgør en meget lille andel af den samlede drivhusgasudledning. Den forventes at falde i de kommende årtier.

6.1 Opløsningsmidler mv.

Opløsningsmidler indgår i maling, lak og en række husholdningsprodukter, som f.eks. rengøringsmidler, og i mindre mængder i møbler, tøj, legetøj og kosmetik. Industrien bruger opløsningsmidler til at rense maskiner og til at fremstille produkter.

Opløsningsmidler er flygtige; dvs. at en stor del vil fordampe under anvendelsen. De flygtige organiske kulstofforbindelser (VOC), som fordamper, danner CO₂ ved kemiske reaktioner i atmosfæren.

I industrien er der ofte en god opsamling og efterfølgende genanvendelse eller destruktion af de fordampede opløsningsmidler. Men når opløsningsmidler indgår i forbrugerprodukter, frigives stofferne til atmosfæren under brug. Det betyder, at udledningen er højere ved privat brug, end når de bliver anvendt i industrien.

6.2 Industrigasser (F-gasser)

Fluorerede gasser (F-gasser) udgør HFC, PFC og SF₆. Disse gasser indeholder alle fluor, heraf navnet. Ingen af gasserne bliver produceret i Danmark, så udledningerne stammer udelukkende fra brugen af gasserne.

HFC anvendes eller har været anvendt til kølemiddel og til opblæsning af skumplast. PFC er et kølemiddel, og SF₆ har hovedsagelig været anvendt til støjisolering i vinduer.

Det er generelt forbudt at anvende, importere og sælge F-gasserne i Danmark, men der er en lang række undtagelser til anvendelser i lukkede kredsløb, f.eks. kølekredsløb, bl.a.:

- Højspændingsanlæg over en vis størrelse og spænding (1KV).
- Køleanlæg, varmepumper, airconditionanlæg (komfortkøling) og affugtere med fyldninger mellem 0,15 kg og 10 kg.
- Vaccinekølere.
- Mobile anlæg, f.eks. aircondition i biler.

Produkter til eksport er ikke omfattet af forbuddet. Det er tilladt at producere eksempelvis køleskabe og andre produkter med HFC i Danmark, hvis produkterne eksporteres.

6.3 Prognose

Tabel 19 viser de historiske udledninger af opløsningsmidler og F-gaser samt DCE's forventning til de fremtidige udledninger. Udledningen af opløsningsmidler er lav ift. andre kilder til klimagasser. Desuden forventes det, at udledninger af F-gasser vil falde meget kraftigt frem til 2025, da der er gode alternativer med langt mindre drivhusgaseffekter. Vi vil således ikke gå yderligere i dybden med disse udledninger.

Gg CO ₂ e	1990	2000	2005	2010	2010*	2015	2020	2025	2030
Opløsningsmidler mv.	93,3	42,2	87,7	76,4	77,5	71,9	67,4	63,6	60,6
F-gas total	326	683	838	851	844	573	142	83	75,3

Tabel 19. Historiske og forventede udledninger (DCE 2013) med tiltag. *Gennemsnit for 2008-2012.

7. Om dette notat

Dette notat er udarbejdet som en del af projektet "Hurtig omstilling til vedvarende energi" ved VedvarendeEnergi med Gunnar Boye Olesen om projektleder, og med støtte fra VELUX-Fonden. Projektet løber juli 2013 til marts 2015. Læs mere på www.ve.dk.