
LCA-screening af



mobiltelefoni leveret af



Jannick Højrup Schmidt, 2.-0 LCA consultants,
<http://www.lca-net.com/>
Maj 2010



Indhold

1.	Definition af formål og afgrænsning.....	3
1.1.	Livscyklusvurdering (LCA) og ISO-standarder for LCA	3
1.2.	Formål med LCA-screeningen.....	3
1.3.	Investering i vindmøller: En reel miljøforbedring eller 'varm luft'?	3
1.4.	Funktionel enhed.....	4
1.5.	Metode til livscykluskortlægning, systemgrænser og data.....	4
1.6.	Anvendte datakilder	8
1.7.	Usikkerhedsanalyse	9
1.8.	Metode til vurdering af miljøpåvirkninger	10
2.	Kortlægning af livscyklus	12
2.1.	Data for Mobilevalue telefoni	12
2.2.	Data for reduceret miljøpåvirkning fra opstillet vindmølle kapacitet	19
3.	Resultater.....	22
3.1.	Resultater: miljøpåvirkning per greentel-abonnement per år	22
3.2.	Resultater: reduceret miljøpåvirkning per opstillet vindmøllekapacitet	23
3.3.	Krævet investering i vindmøller for at udløst miljøpåvirkning modsvares af reduceret miljøpåvirkning	25
4.	Referencer	27
	Appendiks A: Produktkategorier i DK IO-modellen.....	29

1. Definition af formål og afgrænsning

1.1. Livscyklusvurdering (LCA) og ISO-standarder for LCA

Nærværende studie er en såkaldt LCA-screening, hvilket referer til, at det er en ikke-detaljeret livscyklusvurdering. LCA-screeningen er opbygget i overensstemmelse med de overordnede principper i ISO-standarderne for LCA: ISO 14040 og 14044. Det skal dog bemærkes, at LCA-screeningen ikke følger standarderne, idet følgende væsentlige punkter i ISO 14044 ikke er inkluderet:

- Kritisk review: Nærværende studie har ikke været underkastet et kritisk review
- Valget af påvirkningskategorier skal afspejle et omfattende sæt miljøforhold: I nærværende studie vurderes kun drivhusgasser og forbrug af fossil energi
- Evaluering af fuldstændighed, følsomhed og konsistens: Nærværende studie inkluderer ikke en udtømmende evaluering af disse elementer

1.2. Formål med LCA-screeningen

Produktet, som selskabet Mobilevalue, leverer er mobiltelefoni, dvs. det man betaler for at kunne sende og modtage data fra og til sin telefon. Det mobiltelefonabonnement nærværende LCA-screening vedrører hedder greentel. Mobiltelefoner og andet udstyr hos kunden er ikke en del af ydelsen med greentel. Mobilevalue sørger således for det administrative bindeled mellem mobilkunde, sendenet og teleserver. Mobilevalue ønsker at levere et produktalternativ (greentel) med en grøn profil. Da Mobilevalue ikke ejer sendenet og den server, som varetager telefoni, har de ikke selv væsentlig mulighed for at influere på miljøpåvirkningen fra den ydelse, de sælger. Derfor ønsker de i stedet at investere i vedvarende energi således, at den miljøbelastning, som Mobilevalue's aktiviteter udløser, bliver bæredygtig.

Formålet er således, at beregne hvor meget vedvarende energi Mobilevalue skal investere i, for at miljøpåvirkningen udløst fra Mobilevalue's aktiviteter modsvares af den reducerede miljøpåvirkning fra et renere energisystem. Dette er uddybet nedenfor.

På den ene side **udløser** et greentel mobilabonnement, via Mobilevalue's aktiviteter, en miljøbelastning. Dette stammer fra energiforbrug fra sendenet og teleserver, produktion og bortskaffelse af infrastruktur (sendenet), kørsel i biler, flyrejser, trykning af markedsføringsmateriale, rengøring etc.

På den anden side kan Mobilevalue, ved investering i vindmøller, **reducere** miljøpåvirkningen fra energiforsyning. Når der opstilles vindmøller, udløses naturligvis en mindre miljøpåvirkning, som relaterer sig til fremstilling, drift og bortskaffelse af vindmøllen, men samtidig reduceres behovet for at brænde fossile brændsler i de store kraftværker. Herved sker en netto reduktion i miljøpåvirkning fra energiforsyningen.

1.3. Investering i vindmøller: En reel miljøforbedring eller 'varm luft'?

Der findes forskellige ordninger for, hvorledes der kan investeres i vindmøller. Nogle ordninger indebærer, at rettighederne til de grønne certifikater sælges fra. Herved findes der også andre aktører i markedet, som tæller gevinsten ved opstilling af vindmøller med i deres regnskab (Global Wind Power 2010). Den faktiske

virksomhed ved investering i vindmøller bliver herved, at det ikke har nogen effekt, idet andre aktører fravælger andre reduktionsmuligheder på bekostning af køb af grønne certifikater. Man kan også sige, at gevinsten ved opstilling af vindmøller tælles med to steder.

Når der skal investeres i vindmøller for at opnå en reel reduktion i miljøpåvirkninger, er det derfor vigtigt, at det sikres, at eventuelle grønne certifikater ikke sælges fra til anden side. I nærværende LCA-screening er det forudsat, at miljøgevinsten ved investering i vindmøller ikke tælles dobbelt. Det er med andre ord forudsat, at når der investeres i 1 kW vindmøllekapacitet, så bliver der netto også opstillet 1 kW ekstra kapacitet, uden at der slækkes på andre miljøforbedringer andre steder i systemet.

1.4. Funktionel enhed

Formålet med LCAen er at beregne hvor meget vindmølle kapacitet, der skal investeres i, for at de reducerede miljøpåvirkninger herved svarer til, hvad et greentel mobilabonnement udløser af miljøpåvirkninger. Dette ønskes opgjort per mobil abonnement per år, da investeringen herved kan relateres til et enkelt årligt abonnement. For at kunne udregne den krævede vindmøllekapacitet, der skal investeres i per årligt mobil abonnement kræves to værdier:

1. Miljøpåvirkning for et gennemsnitligt årligt greentel mobilabonnement
2. Miljøpåvirkning (dvs. reduceret miljøpåvirkning) per investeret vindmølle kapacitet (regnet i watt, W)

1.5. Metode til livscykluskortlægning, systemgrænser og data

Produktsystem i en LCA

Et produktsystem er en samling af aktiviteter, som tilsammen leverer en funktion som repræsenterer livscyklussen af et produkt eller en service. Det vil sige, produktsystemet er alle de (linkede) aktiviteter, som påvirkes i livscyklussen af det produkt eller den service, som LCAen vedrører.

En aktivitet i et produkt system udgør et LCA datasæt. Dette består af:

- aktivitetens leverance af produkter
- aktivitetens forbrug af produkter
- aktivitetens direkte udvekslinger med miljøet (emissioner og ressourceforbrug)

Forskellen på et input til en aktivitet af et produkt og et input af en ressource er, at inputs af produkter leveres af andre aktiviteter, fx når et kraftværk bruger kul, og inputs af ressourcer "graves op" indenfor den givne aktivitet, fx hvis der er tale om en kulmine.

Øvelsen ved opstilling af et produktsystem er så, at identificere data på inputs og outputs af produkter og udvekslinger med miljøet for hver aktivitet, som produktsystemet inkluderer. Oftest inkluderer selv det simpleste produktsystem alle aktiviteter i økonomien. Et eksempel er, hvis man køber en sten fra et stenbrud. I første omgang skal der så samles data for inputs og outputs for stenbruddet. Et stenbrud har inputs af diesel, maskiner, samt services i form af revisor m.m. Dvs. der skal også samles data for dieselfremstilling (raffinaderier), fremstilling af maskiner, og serviceydelser. Disse aktiviteter har igen inputs af en lang række forskellige inputs. Ved at blive ved på denne måde, ender man med, at alle aktiviteter i

økonomien er inkluderet i produktsystemet. At samle data ind for et helt produktsystem er en omfangsrig opgave, og derfor er det ikke noget der gøres, hver gang en LCA skal udføres. Til det formål findes store databaser, der kan trækkes på. Eksempler herpå er ecoinvent databasen, som inkluderer mere end 4000 aktiviteter (ecoinvent 2007) og den danske input-output database (Schmidt 2010a, Schmidt 2010b, Schmidt et al. 2010, FORWAST 2010, Dalgaard and Schmidt 2010), som inkluderer 289 aktiviteter (147 aktiviteter som repræsenterer dansk økonomi og 142 aktiviteter som repræsenterer økonomien, der leverer produkter importeret til Danmark). Når der i det efterfølgende refereres til ovenstående danske input-output database anvendes betegnelsen; DK2003 IO-databasen.

Input-output data, proces-data og hybrid-data

Grundlæggende findes der to måder at få data til et produktsystem:

1. Proces-data (ofte henvist til som proces LCA eller bottom-up LCA)
2. Input-output data (ofte henvist til som input-output LCA eller IO-LCA)

Overordnet kan proces-LCA karakteriseres ved at have en potentiale for en høj detaljeringsgrad, og en fuldstændighedsgrad på mindre end 100% (dvs. ikke alt er inkluderet; ofte udelades fremstilling af bygninger, forbrug af services, forretningsrejser m.m.). IO-LCA kan karakteriseres ved at have en høj grad af fuldstændighed (ingenting er udeladt) og en lav detaljeringsgrad (der opereres med et begrænset antal kategorier af produkter og aktiviteter)

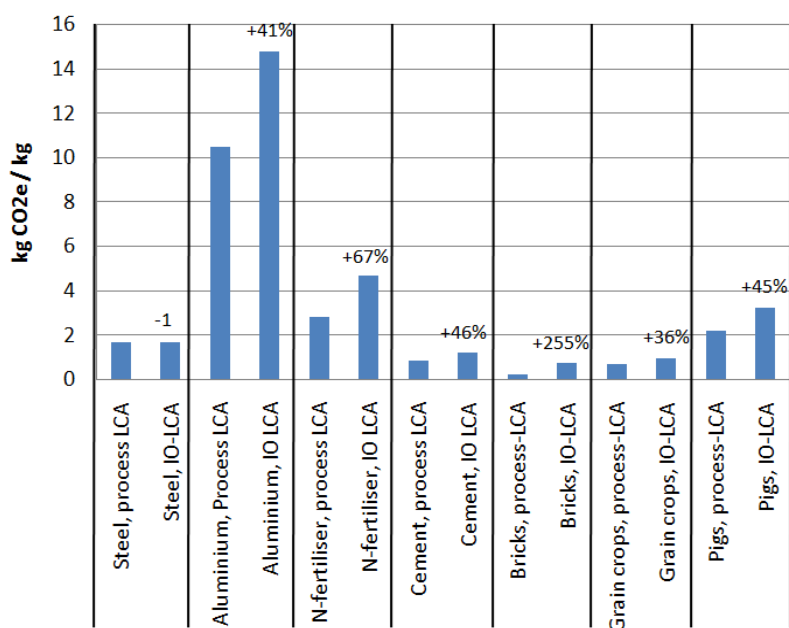
I en proces-LCA hænger aktiviteterne typisk sammen via fysiske produktflows. Data til at linke aktiviteter kommer typisk fra teknologiske beskrivelser og fra viden om sammenhænge på markedet. Samme princip bruges i en input-output LCA, men her forbindes aktiviteterne via data på de økonomiske transaktioner mellem sektorer (aktiviteter) i økonomien. Disse informationer hentes fra tilgangs- og anvendelses tabellerne (engelsk: supply-use tables) fra de nationale statistikker. Supply-use tabeller repræsenterer et lands nationalregnskab, og omfatter således et lands samlede økonomiske aktiviteter indenfor et givent år.

I en proces-LCA måles udvekslinger mellem aktiviteter i passende fysiske enheder, fx elektricitetsforbrug i kWh og forbrug af metaller i kilogram. Transaktioner mellem aktiviteter i en IO-LCA angives som udgangspunkt i monetære enheder. Dog anvender nogle nye IO-tabeller samme fysiske enheder som i proces-LCA. Dette gøres ved at bruge prisinformation, hvorved monetære transaktioner kan oversættes til fysiske transaktioner. Den eneste forskel på de to typer af data er derfor måden, data indsamles på. I en proces-LCA er data indsamlet for de enkelte enhedsprocesser ud fra kortlægninger i konkrete virksomheder, teknologiske opslagsværker, modellering, massebalancer m.m. I en IO-LCA er udgangspunktet for datagrundlaget udarbejdet af nationale statistiske kontorer, og de indsamlede data er baseret på indsamling af statistiske oplysninger fra virksomheder om deres samhandel med andre aktører – omfattende både fysiske varer og serviceydelser.

I en proces-LCA bruges begrebet 'cut-off' til at beskrive kriterier for, hvilke produkter og aktiviteter, der tages med i kortlægningen, og hvilke der udelades. Ofte udelades en lang række inputs i proces-LCA, og anvendelsen af cut-off regler er stort sjældent konsistent, da beslutninger om hvad der medtages oftest tages ad hoc og på baggrund af tidsbegrænsninger og datatilgængelighed. Eksempler på, hvad der ofte

udelades er: fremstilling af maskinel, bygninger og transportmidler samt energiforbrug, kontorartikler, serviceydelser m.m. i forbindelse med administration.

I en IO-LCA bruges ikke cut-off kriterier, da alle aktiviteter og produkter i økonomien er med i datagrundlaget; nationalregnskabet omfatter per definition alle aktiviteter (sektorer) og produkter (transaktioner mellem aktiviteter) i økonomien. Derfor er en væsentlig forskel på proces-LCA og IO-LCA graden af fuldstændighed. Det er ikke usædvanligt, at IO-LCA giver emissioner i en livscyklus, som er 50-100% højere end for en proces-LCA, fordi de mange små bidrag tælles med. Se eksempler i figuren nedenfor.



Figur 1.1: Sammenligning af GHG-emissioner for forskellige produkter baseret på henholdsvis proces-LCA og IO-LCA (Schmidt and Weidema 2009).

Input-output tabeller omfatter typisk 60 til 500 forskellige produktgrupper. Dette afspejler et højt aggregeringsniveau sammenlignet med, hvad der er muligt i en proces-LCA, hvor der ikke er nogen nedre grænse for, hvor detaljeret der kan modelleres. På databaseniveau er den mest detaljerede og komplette database ecoinvent databasen (ecoinvent 2007), som inkluderer mere end 4000 aktiviteter. For nogle produktgrupper har forskellen i aggregeringsniveau mellem IO-data og proces-data stor betydning for resultaterne af en LCA. Fx findes der i DK2003 IO-databasen et produkt 'Chemicals n.e.c.', hvilket omfatter alt mellem maling, pesticider, rengøringsmidler, gasser samt andre basiskemikalier. Til sammenligning findes der i ecoinvent databasen detaljerede data for 529 forskellige kemikalier. Derfor er der i LCA'er af produktsystemer, hvori der indgår store mængder kemikalier, væsentlige usikkerheder forbundet med aggregeringsniveauet.

Ved kombineret af proces-data og IO-data kan der opnås en stor grad af fuldstændighed (cut-off tæt ved 0%) samtidig med, at der kan modelleres på samme detaljeringsniveau, som ved proces-data. Dette kaldes hybrid-data. I praksis gøres dette ved at tage udgangspunkt i proces-data, og så fylde "hullerne" med IO-data. Et eksempel herpå er vindmøllestrøm. I ecoinvent databasen findes detaljerede proces-data for materiale- og energiforbrug, men ingen data for forbrug af services relateret til dette, fx revisor,

forretningsrejser med fly, annoncer, konsulentytelser, administration etc. I DK2003 IO-databasen findes data for el og varme som et aggregeret produkt, dvs. der skelnes ikke mellem forskellige teknologier til fremstilling af el og varme, fx vind, kul, gas etc. Ved at kombinereecoinvent databasens datasæt, som inkluderer forbrug af materialer og energi, med den del af DK2003 IO-dabasens datasæt, som vedrører forbrug af services, opnås et datasæt for vindmøllestrøm, som er detaljeret samtidig med, at cut-off er tæt ved 0%. Proceduren beskrevet ovenfor er beskrevet i detaljer i Schmidt and Thrane (2009). IO-dataene er selvfølgelig forbundet med nogen usikkerhed, da der antages, at 1 kWh vindmøllestrøm har samme forbrug af services som 1 kWh kul. Dog vil det altid være bedre at inkludere de bedst tilgængelige data, end at ignorere dem, og dermed have et resultat baseret på ufuldstændige data (cut-off større end 0%).

I nærværende LCA-screening anvendes som udgangspunkt IO-data. Dog anvendes hybrid-data for vindmøllestrøm, da IO-data for el ikke skelner mellem kul- og vindel. Begrundelsen for at anvende IO-data (og hybrid-data for vindel) er:

- Herved sikres en grad af fuldstændighed tæt ved 100% (ingenting er udeladt fra studiet)
- En detaljeret dataindsamling for inputs til Mobilevalue vil kræve en uforholdsvismæssig stor opgave sammenlignet med formålet af studiet (fx dataindsamling for Telias aktiviteter vedrørende datatrafik, samt drift og kundesupport relateret til Zitcom teleserver)

Multiple-output aktiviteter og inkluderede leverandører

Generelt findes der to måder til at modellere aktiviteter som har mere end et produktoutput og til at inkludere leverandører. Nedenstående metoder er beskrevet i Weidema (2003) og i JRC (2010). Et eksempel på en aktivitet, som leverer mere end et produktoutput er et decentralt kraftvarmeværk, som både leverer varme og el. I dette tilfælde er det efterspørgslen på varme, som bestemmer produktionsvolumenet af aktiviteten, mens produktionen af el er et afhængigt samprodukt. Et eksempel på en situation, hvor man skal afgøre, hvilke leverandører, som skal inkluderes er, hvor både centrale kraftværker (kondensværker eller udtagsværker), vindmøller og decentrale kraftvarmeværker leverer el til markedet. De to måder at modellere multiple-output aktiviteter og inkluderede leverandører er beskrevet nedenfor:

1. Multiple-output aktiviteter modelleres ved systemudvidelse og inkluderede leverandører for et givent produkt er single-output leverandører samt de leverandører, hvor det givne produkt er det bestemmende produkt. Identifikationen af hvilke leverandører som skal inkluderes kan forbedres ved at tage højde for flere kausale sammenhænge, idet andre begrænsninger, end bestemmende samprodukter, tages i betragtning, og derudover identificeres den leverandør som med størst sandsynlighed vil reagere på en ændring i efterspørgsel (oftest den mest konkurrencedygtige leverandør). Sidstnævnte forbedring er beskrevet i Weidema (2003) og Weidema et al. (2009)
2. Multiple-output aktiviteter modelleres ved anvendelse af allokering og inkluderede leverandører for et givent produkt er defineret som markedsgennemsnittet.

Ad. 1: I eksemplet ovenfor med varme fra decentrale kraftvarmeværker udføres systemudvidelse ved, at der som følge af det afhængige samprodukt, el, medregnes et negativt bidrag fra den undgåede alternative elproduktion. Når der i eksemplet ovenfor skal identificeres, hvilke leverandører af el, som skal inkluderes, så ekskluderes de leverandører, hvor el er et afhængigt samprodukt, dvs. decentrale kraftvarmeværker

ekskluderes, og de inkluderede leverandører af el er centrale kraftværker (kondensværker eller udtagsværker) og vindmøller. Hvis identifikationen af leverandører ønskes forbedret kan det tages i betragtning, hvorvidt en øget efterspørgsel på el vil påvirke raten, hvormed vindmøller opstilles. Oftest kan det antages, at opstilling af vindmøller er bestemt af politiske beslutninger om tilskud til og opstilling af vindmøller samt enkelte personers og institutioners ønske om, at investere i vindmøller – og ikke af den generelle efterspørgsel på el. Den generelle efterspørgsel på el vil mest sandsynligt blive mødt med øget kul- og gasbaseret el (Lund et al. 2010).

Ad. 2: I eksemplet ovenfor med varme fra decentrale kraftvarmeværker udføres allokering ved, at der vælges en allokeringsegenskab ved de samprodukter, der skal allokeres mellem, fx energiindhold, økonomisk værdi eller andet. Hvis energiindhold vælges, så vil allokeringsfaktoren typisk være omkring 66% (fordi energioutputtet fra decentrale kraftvarmeværker typisk fordeler sig på 2/3 varme og 1/3 el). Når der i eksemplet ovenfor skal identificeres, hvilke leverandører af el, som skal inkluderes, så inkluderes alle leverandører i et forhold, som reflekterer deres indbyrdes markedsandel.

I overensstemmelse med ISO14040/44, Det danske konsensusprojekt om LCA (Weidema 2003), samt ILCD LCA Handbook (JRC 2010) anvendes førstnævnte af ovenstående metoder til modellering, dvs. systemudvidelse.

Inkluderede leverandører for elektricitet: Som beskrevet ovenfor findes der indenfor den valgte modelleringsmetode flere måder at beskrive elproduktion:

- Default beskrivelse: Markedsgennemsnit eksklusiv de leverandører, hvor el er et afhængigt samprodukt
- Forbedret beskrivelse: Som ovenfor, men på baggrund af kausalsammenhænge, ekskluderes de leverandører, der antages at være bestemt af andre forhold end den generelle efterspørgsel på el. Af de tilbageværende leverandører identificeres hvilken, der er den mest konkurrencedygtige, og dermed den leverandør, der med størst sandsynlighed påvirkes

Sidstnævnte af de to ovenstående alternativer vælges, hvor den marginale leverandør af elektricitet antages at kunne beskrives som 50% kulbaseret og 50% gasbaseret. Denne sammensætning er baseret på Lund et al. (2010), som har gennemført en detaljeret energisystemanalyse af det danske/nordiske elmarked. Den marginale leverandør af el antages at være den samme på det europæiske marked, som på det nordiske marked.

1.6. Anvendte datakilder

Specifikke data leveres af Mobilevalue. Disse data omfatter alle Mobilevalue's årlige indkøb. I den forbindelse skal det bemærkes, at Mobilevalue er en nyetableret virksomhed, som endnu ikke har nogen årsregnskaber, hvoraf disse data kan trækkes. Derfor er alle Mobilevalue's indkøb baseret på et komplet budget for 2010 og en ikke lineær fremskrivning til 50000 aktive kunder. Dette omfatter køb af følgende ydelser:

- Indkøb af trafik hos Telia
- Indkøb af kundeservice og IT drift/server hos Zitcom
- Husleje, el, varme, vand

-
- Produktionsudstyr; PC'er, printer, mobiltelefoner, brevpapir etc.
 - Services; Advokat, revisor, anden rådgivning, transport, markedsføring etc.

Data for alle andre aktiviteter i produktsystemet end Mobilevalue, fås fra den danske IO-model for året 2003: DK2003 IO-databasen (Schmidt 2010a, Schmidt 2010b, Schmidt et al. 2010, FORWAST 2010, Dalgaard and Schmidt 2010). Produkter importeret til Danmark er repræsenteret ved en tilsvarende IO-model for EU27 år 2003. Den danske model og EU27-modellen er integreret i samme database. IO-modellen er udviklet som en del af EU-projektet: FORWAST (<http://forwast.brgm.fr/>). Fordelen ved input-output modellen fra FORWAST-projektet sammenlignet med traditionelle IO-modeller er, at:

- IO-tabellerne er i hybrid-enheder, hvor fysiske produkter regnes i kg eller kWh og serviceprodukter regnes i Euro. Herved er der taget højde for at produkter har forskellige priser i forskellige sektorer, fx betaler tunge industrivirksomheder mindre per kWh el end mindre virksomheder og husholdninger. Det betyder, at traditionelle IO-modeller typisk underestimerer miljøpåvirkningen fra tung industri og overestimerer miljøpåvirkningen fra let industri, servicesektoren og husholdningerne
- IO-modellen inkluderer affaldsstrømme, og affaldsbehandling heraf modelleres specifikt (genanvendelse, forbrænding, deponering m.m.)
- IO-modellen anvender systemudvidelse (se afsnit 1.5 om Multiple-output aktiviteter og inkluderede leverandører) til modellering af multiple-output aktiviteter
- tabellerne er baseret på detaljerede nationale massestrømsanalyser. Affaldsstrømme er bestemt ud fra massebalancer for hver enkel aktivitet (sektor)

Den anvendte IO-model er i hybridenheder, dvs. fysiske produkter er angivet i enheden kg eller kWh, og serviceprodukter er angivet i EUR₂₀₀₃. De overordnede produktkategorier er beskrevet nedenfor. En komplet liste over produktkategorierne i IO-modellen kan ses i Appendiks A: Produktkategorier i DK IO-modellen.

Den anvendte IO-model bliver tilgængelig i LCA-softwaret SimaPro 7.2 ved næste opdatering i løbet af år 2010. Modellen vil blive tilgængelig i demo-versionen af SimaPro 7.2, som kan downloades gratis (<http://www.pre.nl/simapro/>).

1.7. Usikkerhedsanalyse

I forbindelse med kortlægning af livscyklus (dataindsamling og modellering) vurderes usikkerheder i data (i slutningen af henholdsvis afsnit 2.1 og 2.2). Informationer om usikkerheder omsættes til statistisk information, som kan bruges til at generere mange stokastiske (tilfældige) variationer af produktsystemet, hvor variationerne følger den specificerede information om usikkerheder. LCA-resultatet beregnes for hver variation af produktsystemet, og der kan beregnes et middelværdi, samt indenfor et 95% konfidensinterval, en minimums- og en maksimumværdi. Denne metode kaldes en Monte Carlo simulering, og beregningerne udføres i praksis i LCA softwaret SimaPro 7.2. Usikkerhedsanalysen udføres ved beregning af LCA resultatet for 1000 variationer af produktsystemet. Monte Carlo metoden og udførelse af usikkerhedsanalyser i SimaPro 7.2 er yderligere beskrevet i Goedkoop et al. (2006).

1.8. Metode til vurdering af miljøpåvirkninger

I afsnit 1.1 refereres til miljøpåvirkninger henholdsvis udløst af Mobilevalue's aktiviteter og henholdsvis reduceret som følge af investering i vindmøller. I nærværende LCA-screening vurderes følgende to miljøpåvirkningskategorier:

- Drivhusgasemissioner (ofte benævnt carbon footprint)
- Forbrug af fossil energi (primærenergi, dvs. forbrug af fossile energiresourcer; kul, naturgas og råolie)

I livscyklusvurderinger vurderes normalt 10-20 miljøpåvirkningskategorier. Årsagen til at kun drivhusgasser og forbrug af fossil energi vurderes er:

- Ofte er en opgørelse af drivhusgasemissioner (carbon footprint) en god indikator på øvrige miljøpåvirkningskategorier (Weidema et al. 2008). Der er dog visse tilfælde, hvor dette ikke gælder:
 - Produktsystemer, som inkluderer landbrugs- eller skovbrugsprodukter, er typisk forbundet med et væsentligt bidrag til areal-relaterede effekter, fx biodiversitet og landskab. Dette er ikke tilfældet i nærværende studie
 - Produktsystemer, som inkluderer tungmetaller og kemikalier, er typisk forbundet med et væsentligt bidrag til human- og økotoksicitet. Dette er ikke tilfældet i nærværende studie
 - Produktsystemer, som inkluderer meget tung transport eller ukontrolleret forbrænding af materialer, er typisk forbundet med væsentlige partikelemmissioner, som har påvirkning på luftvejseffekter og -sygdomme. Dette er ikke tilfældet i nærværende studie
- Forbrug af fossil energi er medtaget ud fra et ønske om, at opstille en energibalance som en del af miljøprofilen for mobiltelefoni
- Nærværende studie er en LCA-screening, som per definition har et mindre omfang end en detaljeret LCA

Drivhusgasemissioner opgøres i enheden CO₂-ækvivalenter (CO₂-eq.) og følger IPCC (2007) tal for drivhuseffektpotentialet over en tidshorisont på 100 år (GWP100). Følgende faktorer relaterer forskellige drivhusgas emissioner til CO₂-eq.:

Emission	Emissions faktor	Enhed
Kuldioxid (CO ₂)	1	kg CO ₂ /kg CO ₂
Methan (CH ₄)	25	kg CO ₂ /kg CH ₄
Lattergas (N ₂ O)	298	kg CO ₂ /kg N ₂ O
Kulmonoxid (CO)	1.57	kg CO ₂ /kg CO

Tabel 1.1: Inkluderede drivhusgasemissioner og emissionsfaktorer.

Fossil energi opgøres i enheden MJ primærenergi og følger Stepwise (Weidema et al. 2007) og Impact2002 (Jolliet et al. 2003) metodernes energiindhold i fossile brændsler:

Emission	Energiindhold	Enhed
Kul (Coal, hard, unspecified, in ground)	19.1	kg CO ₂ /kg CO ₂
Råolie (Oil, crude, in ground)	45.8	kg CO ₂ /kg CH ₄
Naturgas (Gas, natural, 46.8 MJ per kg, in ground)	46.8	kg CO ₂ /kg N ₂ O

Tabel 1.2: Inkluderede fossile brændsler og energiindhold. De engelske betegnelser refererer til navnene på ressourcerne i modellen.

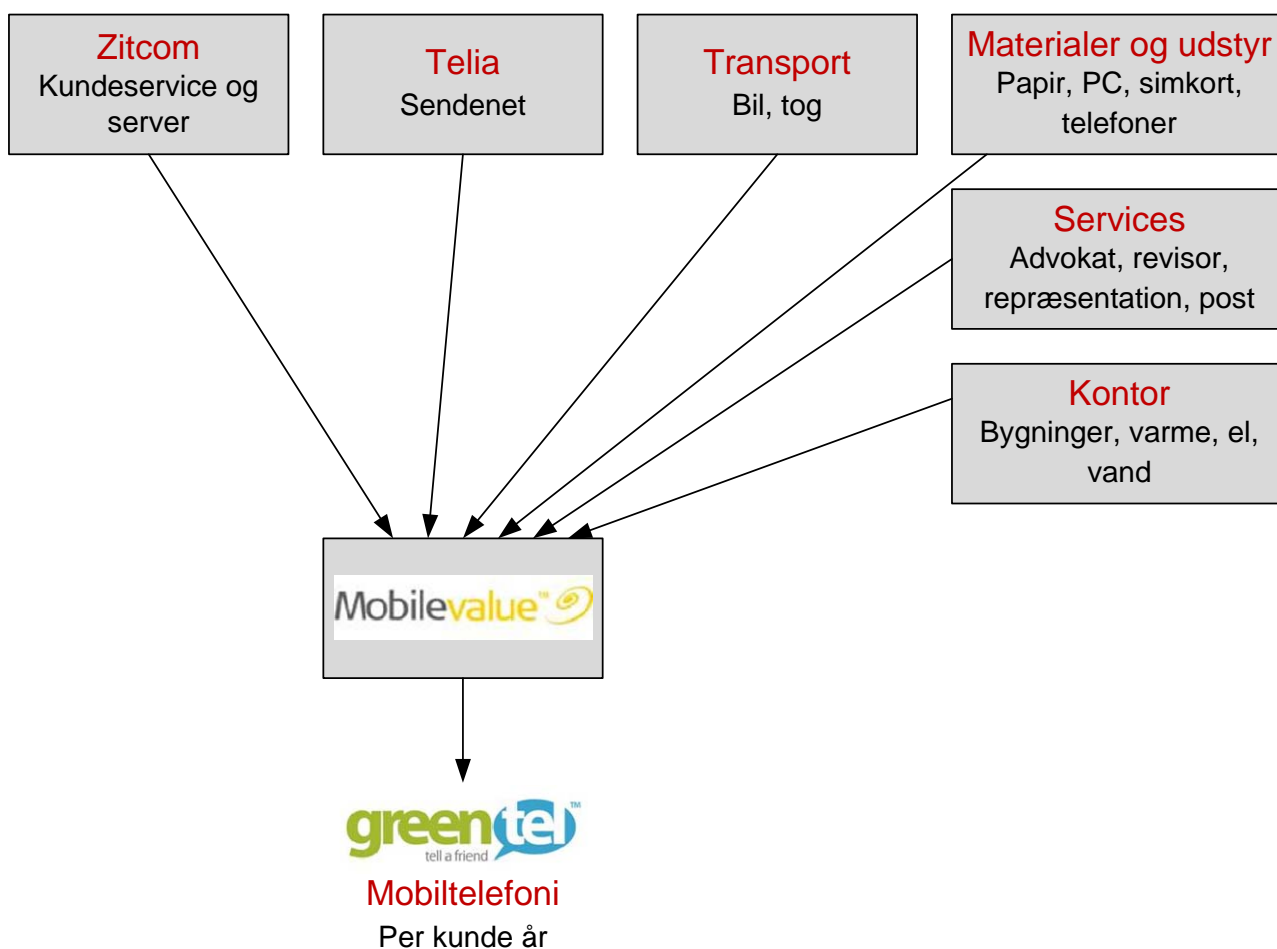
2. Kortlægning af livscyklus

I dette afsnit beskrives de data, hvorpå LCA-screeningen er baseret. For den del af LCA-screeningen, som vedrører Mobilevalue telefoni, er udgangspunktet et økonomisk budget for Mobilevalue's omkostninger opgjort per kunde per år. For den del af LCA-screeningen, som vedrører reduceret miljøpåvirkning per investeret kW vindmølle kapacitet, er udgangspunktet et datasæt for en vindmølle i ecoinvent databasen (ecoinvent 2007) kombineret med den danske input-output database.

2.1. Data for Mobilevalue telefoni

Udgangspunktet for LCA-screeningen af Mobilevalue telefoni er et økonomisk budget for Mobilevalue's omkostninger opgjort per kunde per år. Det opstillede budget er baseret på år 2010 og under antagelse af, at der er 50000 mobilkunder. Sidstnævnte antagelse er nødvendig, da ikke alle poster i budgettet i direkte proportionale med antallet af mobilkunder.

Figur 2.1 nedenfor giver et overblik over produktflowet (købte ydelser af Mobilevalue) relateret til salg af mobiltelefoni.



Figur 2.1: Overblik over produktflow relateret til den funktionelle enhed; et mobilabonnement (greentel) i et år.

Hver post i det økonomiske budget skal kobles til en produktkategori i IO-modellen; dette er vist i Tabel 2.1. Sammensætningen af Mobilevalue's indkøb per kunde per år jf. budgettet er angivet i tabellen nedenfor. Desuden er hver udgift kategoriseret til en produktkategori i IO-modellen.

Mobilevalue's indkøb jf. budgettet	Relativ fordeling	Kategorisering
Indkøb af trafik hos Telia	73%	'Post and telecommunication'. Specifikt energiforbrug per mobilkunde er oplyst af Telia. På baggrund heraf er energiforbruget i IO-aktiviteten modificeret.
Indkøb af markedsføring	17%	'Business services n.e.c.'
Indkøb af kundeservice hos Zitcom	4.6%	'Business services n.e.c.'. Specifikt energiforbrug per mobilkunde er oplyst af Zitcom. På baggrund heraf er energiforbruget i IO-aktiviteten modificeret.
Indkøb af IT drift/server hos Zitcom	4.6%	'Computer and related services'. Specifikt energiforbrug per mobilkunde er oplyst af Zitcom. På baggrund heraf er energiforbruget i IO-aktiviteten modificeret.
Husleje	0.17%	'Real estate services'
Person transport – Tog	0.041%	'Land transport and transport via pipelines'
Persontransport – bil	0.12%	Udspecificeret – se nedenfor
- Anskaffelse af bil	0.036%	'Motor vehicles and trailers'. Udregnet på baggrund af anskaffelsespris på bil, antaget levetid på 250000 km, oplyst km kørsel per år jf Mobilevalue's budget, samt fordeling på 50000 mobilkunder.
- Benzin	0.032%	'Refined petroleum products and fuels'. Udregnet på baggrund af oplyst km kørsel per år jf Mobilevalue's budget, fordelt på 50000 mobilkunder, oplyst benzinøkonomi for bilen samt prisen på benzin i FORWAST (2010)
- Reparation og vedligehold af bil	0.028%	'Trade and repair of motor vehicles and service stations'. Totale udgifter til transport (bil og tog) er opgivet i Mobilevalue's budget. Det er antaget at det, der ikke udgøres af togtransport, anskaffelse af bil og benzin, udgøres af vedligehold/reparation af bil samt forsikringer. Udgifterne til de to sidstnævnte er antaget at være lige store.
- Forsikring af bil	0.028%	'Insurance and pension funding'. Totale udgifter til transport (bil og tog) er opgivet i Mobilevalue's budget. Det er antaget at det, der ikke udgøres af togtransport, anskaffelse af bil og benzin, udgøres af vedligehold/reparation af bil samt forsikringer. Udgifterne til de to sidstnævnte er antaget at være lige store.
Indkøb af PC, printer, mobiltelefoner	0.023%	'Office machinery and computers'
Advokat, revisor og anden rådgivning	0.15%	'Business services n.e.c.'
Simkort	0.19%	'Radio, television and communication equipment'
Brevpapir, girokort og kuverter	0.039%	'Paper and paper products'
Porto	0.42%	'Paper and paper products'
Repræsentation	0.11%	'Hotels and restaurants'
Total	100%	

Tabel 2.1: Sammensætning af Mobilevalue's indkøb jf. budgettet samt kategorisering af udgifter til produktkategorier i IO-modellen. De absolutte værdier er ikke vist, da de af Mobilevalue er kategoriseret som fortrolige data.

Tilpasning til enheder i IO-model

Som beskrevet i kapitel 1.6, angives produkter i IO-modellen i hybridenheder, dvs. fysiske produkter er angivet i enheden kg eller kWh, og serviceprodukter er angivet i EUR₂₀₀₃. Da alle poster i Mobilevalue's budget per definition er opgivet i DKK skal dette omregnes til samme enhed, som i IO-modellen; referenceenheden for alle produkter i modellen kan ses i Appendiks A: Produktkategorier i DK IO-modellen.

Posterne i Mobilevalue's budget er opgivet i såkaldte *purchasers prices* (eksl. moms), hvorimod IO-modellen er baseret på økonomiske transaktioner i såkaldte *basic prices*. *Purchaser's prices* er den pris man giver for et produkt, når man køber det, dvs. inklusiv skatter/afgifter på produkter (dog ikke moms) samt dækningsbidrag i detail- og engroshandel og i transport. Trækkes dette fra købsprisen, så fås den pris, som producenten sælger produktet for, og dette kaldes for *basic price*. Derfor skal alle priser i Mobilevalue's budget først omregnes fra *purchaser's prices* til *basic prices*. Dette gøres ved brug af en *anvendelse tabel* (på engelsk: Use table) i henholdsvis *purchaser's prices* og *basic prices*. Disse data er leveret af Danmarks Statistik, og de er nærmere beskrevet i FORWAST (2010) i kapitlet om dataindsamling for Danmark. Når anvendelsestabellen haves i både *basic prices* and *purchaser's prices*, så kan en omregningsfaktor udregnes. Dette gøres specifikt for sektoren, 'Post and telecommunication', som er den sektor, hvorunder Mobilevalue hører. Omregningsfaktoren er sektorspecifik bl.a. fordi nogle sektorer har særaftaler vedr. afgifter for visse produkter.

IO-modellen er for år 2003, dvs. de økonomiske transaktioner er opgjort i dansk valuta i år 2003. De økonomiske transaktioner, som nærværende LCA screening er baseret på er i dansk valuta i år 2010. Omregning fra valuta i DKK2010 enheder til DKK2003 gøres ved hjælp af forbrugerprisindekset (Danmarks Statistik 2010a). Der i skrivende stund (april 2010) ikke data tilgængelig for forbrugerprisindeks for år 2010. Derfor anvendes i stedet forbrugerprisindekset for år 2009. Ved brug af forbruger prisindekset kan det beregnes at 1 DKK2010 svarer til 0.894 DKK2003. Det vil sige, for at omregne fra valuta DKK2010 til valuta DKK2003, skal der ganges med 0.894.

IO-modellen er opgjort i EUR2003. Derfor skal DKK2003 omregnes til EUR. Dette gøres ved anvendelse af en kurs på 7.43 DKK2003 per EUR2003 (Danmarks statistik 2010b).

Da IO-modellen er i hybridenheder skal de monetære transaktioner i EUR2003 (*basic prices*) for nogle produkter omregnes til enten masse (kilo tørstof) eller energi (kWh). Dette gøres ved hjælp af prisinformation, som er tilgængelig i FORWAST (2010).

Modificering af data for elektricitet i IO-modellen

Som beskrevet i afsnit 1.5 om Multiple-output aktiviteter og inkluderede leverandører, så antages det, at den påvirkede leverandør af elektricitet udgøres af 50% kulbaseret el og 50% naturgasbaseret el. Der findes imidlertid ikke separate data for kulel og naturgasel i IO-modellen. Derfor anvendes hybrid-modellering til at konstruere LCA-aktiviteter for dette. Der findes detaljerede data for kulel og naturgasel i ecoinvent databasen (ecoinvent 2007). Cut-off for disse aktiviteter er ikke 0%. Det, som ikke er inkluderet i disse aktiviteter, er inputs af services, fx forsikring, rengøring, markedsføring, revisor etc. Data på gennemsnitlig forbrug af serviceydelser per kWh elektricitet fås fra IO-modellen, og disse data summeres herefter med datasættet fra ecoinvent. Herved opnås LCA-data for vindmøllestrøm, som nærmer sig et cut-off kriterium

på 0%. Den anvendte teknik til hybridisering er nærmere beskrevet i kapitel 3.4 i Schmidt and Thrane (2009).

Til beskrivelse af kulel og naturgasel, er de anvendte aktiviteter fra ecoinvent databasen:

- Kulel: 'Electricity, hard coal, at power plant/NORDEL'
- Naturgasel: 'Electricity, natural gas, at power plant/NORDEL'

Ovenstående to elproducerende aktiviteter i ecoinvent repræsenterer el leveret til nettet. Der er således ikke indregnet tab i nettet. Tabet i elnettet er antaget at udgøre 5% (Schmidt 2007).

Ved anvendelse af ovenstående data kan miljøpåvirkningen per kWh el udregnes, dette er vist i Tabel 2.2.

Miljøpåvirkning fra elektricitet fra hhv. proces-data 50% kulel og 50% naturgasel (ecoinvent 2007) og services i IO-data (DK2003 IO-model)	GHG-emissioner per kWh	Primær energi per kWh
Proces-data: Electricity, hard coal, at power plant/NORDEL' (ecoinvent 2007)	504 g CO ₂ -eq.	5.99 MJ
Proces-data: Electricity, natural gas, at power plant/NORDEL' (ecoinvent 2007)	313 g CO ₂ -eq.	5.42 MJ
IO-data: Services i 'Electricity, steam and hot water, DK' (DK2003 IO-model)	1.96 g CO ₂ -eq.	0.0303 MJ
Total	819 g CO₂-eq.	11.4 MJ

Tabel 2.2: Miljøpåvirkning per kWh elektricitet opdelt i bidrag fra proces-data og IO-data.

Til sammenligning af resultater Tabel 2.2, så er miljøpåvirkningen fra gennemsnitlig dansk el i 2003 angivet i Tabel 2.3. Disse resultater er fremkommet ved at analysere dansk el i DK2003 IO-modellen uden ovenstående tilpasning.

Miljøpåvirkning fra gennemsnitlig dansk elektricitet i DK2003 IO-modellen	GHG-emissioner per kWh	Primær energi per kWh
IO-data: 'Electricity, steam and hot water, DK' (DK2003 IO-model)	560 g CO ₂ -eq.	5.75 MJ

Tabel 2.3: Miljøpåvirkning per kWh gennemsnitlig dansk el i år 2003 (baseret på DK2003 IO-modellen uden modificering af data).

Affald til behandling

Det fremgår af Tabel 2.1, at der hos Mobilevalue anvendes følgende produkter, som har en fysisk vægt:

- 'Office machinery and computers'
- 'Radio, television and communication equipment'
- 'Paper and paper products'
- 'Refined petroleum products and fuels'

Når der forbruges produkter med en fysisk vægt, skal disse produkter sendes til affaldsbehandling efter brug - dog ikke 'Refined petroleum products and fuels' som forbrændes. Det bemærkes, at noget af det producerede affald genereres hos Mobilevalue, og at noget genereres hos mobilkunden, fx når Mobilevalue køber papir og kuverter til breve, så sker affaldsgenereringen først hos mobilkunden. Der skelnes imidlertid ikke mellem hvor affald genereres, da miljøpåvirkningen er uændret (det antages at samme andel sendes til henholdsvis forbrænding og genanvendelse).

Affaldsgenerering i andre aktiviteter i IO-modellen er modelleret på baggrund af massebalancer og data for det danske affaldssystem (FORWAST 2010, Schmidt et al. 2010).

Affald hos Mobilevalue bestående af: 'Office machinery and computers' og 'Radio, television and communication equipment' antages at bestå af 64% jern og 36% plast. Denne produktsammensætning er en forsimpning af den reelle produktsammensætning, som er dokumenteret i FORWAST (2010). Årsagen til forsimpningen er, at øvrige materialer i de to produkter udgør en mindre andel, og at miljøpåvirkningen fra bortskaffelse af disse kan repræsenteres af jern og plastik. Af jernindholdet antages det, at 90% sendes til genanvendelse og 10% til deponi. Følgende produktkategorier i IO-modellen anvendes hertil: 'Recycling of iron basic' og 'Landfill of waste: Iron'. Af plastindholdet antages det, at 50% sendes til forbrænding og 50% til deponi. Følgende produktkategorier i IO-modellen anvendes hertil: 'Incineration of waste: Plastic' og 'Landfill of waste: Plastic'.

Papiraffald genereret fra Mobilevalue's indkøb af papirvarer sendes til forbrænding (43%) og genanvendelse (57%). Disse fordelinger er baseret på data for det danske affaldssystem (FORWAST 2010). Følgende produktkategorier i IO-modellen anvendes hertil: 'Recycling of waste paper' og 'Incineration of waste: Paper'.

Usikkerheder i de anvendte data

Som beskrevet i afsnit 1.5 om Input-output data, proces-data og hybrid-data, så er aggregeringsniveauet IO-data relateret til usikkerheder. Disse usikkerheder varierer fra produktgruppe til produktgruppe. Produktgrupper, hvor der er stort potentiale for usikkerheder er, hvor produktgruppen dækker over meget forskellige produkter/teknologier. Et eksempel herpå produktgruppen 'Chemicals n.e.c.' som dækker over maling, pesticider, rengøringsmidler, gasser samt andre basiskemikalier.

Det fremgår af Tabel 2.1, at Mobilevalue's udgifter relateret til greentel mobilabonnement består af 73% 'Post and telecommunication' og 22% 'Business services n.e.c.'. Øvrige indkøb udgør omkring 5%, og usikkerheder forbundet med dette vurderes ikke at være signifikant.

Post and telecommunication: I nærværende LCA-screening dækker produktkategorien 'Post and telecommunication' over indkøb af teletrafik hos Telia. Aktiviteten Telia omfatter både salg af mobiltelefoni, fastnettelefoni, internet, TV-pakker samt mobiltelefoner (retail-ydelse). Når Mobilevalue indkøber teletrafik hos Telia, er det kun den del, som vedrører mobiltelefoni, der påvirkes. Tabel 2.4 angiver, hvad aktiviteten 'Post and telecommunication' i DK2003 IO-databasen dækker over. Det fremgår af tabellen, at produktkategorien i DK2003 IO-modellen repræsenterer 75% teleydelser (heraf er 23%-point mobiltelefoni) og 25% andet (postvæsen m.m.). Det vil sige, at produktkategorien for en stor dels

vedkommende vedrører telefoni, hvilket peger på en god repræsentativitet. Dog er en stor del heraf fastnet telefoni, som har en miljøpåvirkning (emissioner og ressourceforbrug) som potentielt kan afvige meget fra miljøpåvirkningen fra mobiltelefoni.

Ydelser leveret af aktiviteten 'Post and telecommunication' i DK2003 IO-modellen	Andel
Telekommunikation, fastnet	52%
Mobiltelefoni	23%
Postvæsen	17%
Kurertjeneste,udbr.af dagblade	4.9%
Egenproduceret software	2.3%
Anden virks.i forb.m.databeh.	0.93%
Software	0.31%
Licensbet. (excl. software)	0.0031%

Table 2.4: Oversigt over, hvad produktgruppen 'Post and telecommunication' dækker over i DK2003 IO-databasen. De angivne data er baseret på data leveret af Danmarks Statistik i forbindelse med dataindsamling til DK2003 IO-databasen (FORWAST 2010).

Når Mobilevalue køber teletrafik hos Telia, anvendes produktkategorien 'Post and telecommunication' i DK2003 IO-databasen, hvor der justeres for det specifikke elforbrug hos Telia. Dette reducerer usikkerheden i datagrundlaget, men der anvendes stadig gennemsnitsdata for 'Post and telecommunication' til beskrivelse af de øvrige inputs og outputs relateret til indkøb af teletrafik hos Telia. Den væsentligste kilde til usikkerhed er vurderet til at være forskellen mellem mobil- og fastnettelefoni, som beskrevet ovenfor. Der er ikke identificeret nogen data, som kan belyse, hvad forskellen er. Det estimeres, at miljøbelastningen fra teletrafik hos Telia (med justering for elforbrug) ligger indenfor $\pm 50\%$ af miljøbelastningen fra 'Post and telecommunication' opgjort per leveret DKK ydelse.

Business services n.e.c.: I nærværende LCA-screening dækker produktkategorien 'Business services n.e.c.' over indkøb af:

- Indkøb af markedsføring (17% af Mobilevalue's indkøb)
- Indkøb af kundeservice hos Zitcom (4.6% af Mobilevalue's indkøb)
- Advokat, revisor og anden rådgivning (0.15% af Mobilevalue's indkøb)

I DK2003 IO-modellen dækker produktkategorien 'Business services n.e.c.' over en lang række services, fx vikarbureauer, overvågningsvirksomhed, konsulenter, markedsanalyse etc., hvoraf en stor del ikke er specificeret i datagrundlaget fra Danmarks Statistik (FORWAST 2010). Det fremgår, at produktkategorien dækker over vidt forskellige aktiviteter, hvorfor der potentielt er forbundet signifikante usikkerheder med anvendelse af denne produktkategori. Det estimeres, at miljøbelastningen fra indkøb, som er kategoriseret til at høre under 'Business services n.e.c.' ligger indenfor $\pm 100\%$ af miljøbelastningen fra 'Business services n.e.c.' opgjort per leveret DKK ydelse.

Elektricitet: Generelt er identificering af den faktisk påvirkede leverandør/teknologi for elektricitet forbundet med væsentlige usikkerheder. Det er således svært at forudsige, hvilken teknologi der vil blive installeret mere af om 15 år, hvis efterspørgslen på el stiger. Dette afhænger delvist af brændselspriser (i det frie marked), men også af implementering af energihandlingsplaner og CO₂-reduktioner i

energisystemet (det regulerede marked). Det er svært at forudse, hvor frit eller reguleret elmarkedet bliver i fremtiden, samt hvorledes brændselspriserne vil udvikle sig. Det vurderes at de faktiske miljøpåvirkninger fra el i fremtiden vil ligge indenfor intervallet mellem gennemsnitlig dansk el i Tabel 2.3 og den identificerede mest sandsynlige elmix på 50% kul og 50% gas angivet i Tabel 2.2.

2.2. Data for reduceret miljøpåvirkning fra opstillet vindmølle kapacitet

I dette afsnit beskrives data til beskrivelse af vindmøllestrøm, data til beskrivelse af den fortrængte alternative el ved opstilling af vindmøller, samt nettoreduktionen i miljøpåvirkning ved opstilling af vindmøllekapacitet.

Miljøpåvirkning fra vindmøllestrøm

Som beskrevet i afsnit 1.5 repræsenterer den anvendte IO-model cut-off kriterier på 0%. Der findes imidlertid ikke separate data for vindmøllestrøm i IO-modellen. Derfor anvendes hybrid-modellering til at konstruere LCA-aktiviteter for dette. Der findes detaljerede data for vindmøllestrøm i ecoinvent databasen (ecoinvent 2007). Cut-off for disse aktiviteter er ikke 0%. Det, som ikke er inkluderet i disse aktiviteter, er inputs af services, fx forsikring, rengøring, markedsføring, revisor etc. Data på gennemsnitlig forbrug af serviceydelser per kWh elektricitet fås fra IO-modellen, og disse data summeres herefter med datasættet fra ecoinvent. Herved opnås LCA-data for vindmøllestrøm, som nærmer sig et cut-off kriterium på 0%. Den anvendte teknik til hybridisering er nærmere beskrevet i kapitel 3.4 i Schmidt and Thrane (2009).

Til beskrivelse af vindmøllestrøm, er den anvendte aktivitet fra ecoinvent databasen 'Electricity, at wind power plant 2MW, offshore/OCE'. Ecoinvent aktiviteten repræsenterer en off-shore 2 MW vindmølle med 20 års levetid og en effektiv nyttevirkning på 30% i forhold til den normerede effekt (2 MW). Ved anvendelse af ovenstående data kan det udregnes, hvad miljøpåvirkningen er per kWh vindmøllestrøm, dette er vist i Tabel 2.5.

Miljøpåvirkning fra vindmøllestrøm fra hhv. proces-data (ecoinvent 2007) og services i IO-data (DK2003 IO-model)	GHG-emissioner per kWh	Primær energi per kWh
Proces-data: 'Electricity, at wind power plant 2MW, offshore/OCE' (ecoinvent 2007)	14.8 g CO ₂ -eq.	0.214 MJ
IO-data: Services i 'Electricity, steam and hot water, DK' (DK2003 IO-model)	1.72 g CO ₂ -eq.	0.0255 MJ
Total	16.5 g CO₂-eq.	0.239 MJ

Tabel 2.5: Miljøpåvirkning per kWh vindmøllestrøm opdelt i bidrag fra proces-data og IO-data.

Resultaterne i Tabel 2.5 er imidlertid ikke nok til at beregne, hvad miljøgevinsten er ved at opstillet et givent antal kW vindmøllekapacitet. For at kunne beregne dette, skal vindmøllens årlige produktion samt levetid kendes. Herved kan vindmøllens samlede elproduktion i hele dens levetid beregnes, og dette kan sammenholdes med alternativ elproduktion, som ville have været gældende, hvis ikke vindmøllen blev sat op. Baseret på data i ecoinvent (2007) for vindmølle aktiviteten 'Electricity, at wind power plant 2MW, offshore/OCE' kan den årlige produktion bestemmes til 30% af 2 MW i et år = 5,256,000 kWh, i det der er 8760 timer på et år. Det svarer til 2,628 MWh produceret vindmølle el per år per opstillet MW vindmølle kapacitet. Vindmøllens levetid er 20 år ifølge ecoinvent (2007). Herved bliver elproduktionen i vindmøllens levetid $20 \times 2,628 \text{ MWh} = 52,560 \text{ MWh}$ per MW opstillet kapacitet. Ved opstilling af 1 MW vindmølle kan det antages, at det betyder, at der ikke vil blive udbygget med 1 MW kapacitet af alternativ kapacitet, dvs. at der ved opstilling af 1 MW vindmøllekapacitet fortrænges/reduceres 52,560 MWh alternativ el.

Miljøpåvirkning fra fortrængt strøm

Miljøpåvirkningen fra den fortrængte alternative el er beskrevet i afsnit 2.1 om Modificering af data for elektricitet i IO-modellen.

Reduceret miljøpåvirkning ved opstilling af vindmøllekapacitet

Baseret på ovenstående miljøpåvirkninger per kWh hhv. vindmølle el (Tabel 2.5) og fortrængt alternativ el (Tabel 2.2), samt at opstilling af 1 W vindmølle svarer til 52.56 kWh fortrængt alternativ el, kan det beregnes, at opstilling af 1 W vindmølle svarer til:

Reduceret miljøpåvirkning per opstillet W vindmøllekapacitet	GHG-emissioner	Primær energi
Miljøpåvirkning fra opstilling af 1 MW vindmøllekapacitet (svarer til fremstilling af 52,650 Wh el)	880 g CO ₂ -eq.	12.9 MJ
Miljøpåvirkning fra fortrængt alternativ el (fortrængning af 52,650 Wh el)	-40,900 g CO ₂ -eq.	-571 MJ
Reduceret miljøpåvirkning per 1 W opstillet vindmøllekapacitet	-40,0 g CO₂-eq.	-558 MJ

Tabel 2.6: Reduceret miljøpåvirkning ved opstilling af 1 MW vindmøllekapacitet.

Usikkerheder i de anvendte data

Usikkerheder i dette afsnit vedrører vindmøllestrøm, da usikkerheder vedrørende fortrængt alternativ el er beskrevet i afsnit 2.1. Følgende usikkerheder relateret til modellering af vindmøllestrøm er estimeret:

- Data for fremstilling af en vindmølle (proces-data) er baseret på ecoinvent (2007). Disse data inkluderer vægten af alle vindmøllekomponenter, fundament m.m. Den reelle miljøpåvirkning fra vindmøllefremstilling estimeres, at være indenfor datasættet fra ecoinvent med $\pm 10\%$
- Levetiden for en vindmølle er ifølge ecoinvent (2007) 20 år. Global Wind Power (2010) regner som udgangspunkt med samme levetid, når der opstilles budgetter for investering i vindmøller. Den reelle levetid vurderes at ligge indenfor intervallet 20 -25 år
- En vindmølles effektive effekt i forhold til den normerede effekt er ifølge ecoinvent (2007) 30%. Global Wind Power (2010) regner som udgangspunkt med en effektiv effekt på 27%, når der opstilles budgetter for investering i vindmøller. Den reelle effektive effekt vurderes at ligge indenfor intervallet $30\% \pm 10\%$, dvs. mellem 27% og 33%

3. Resultater

3.1. Resultater: miljøpåvirkning per greentel-abonnement per år

I dette afsnit angives miljøpåvirkningen fra et greentel mobilabonnement leveret af Mobilevalue. Den funktionelle enhed for resultaterne er miljøpåvirkning for et gennemsnitligt årligt mobil abonnement. Resultaterne er præsenteret dels som resultater i absolutte tal og som en usikkerhedsanalyse.

Resultater

Nedenfor i Tabel 3.1 findes LCA-resultaterne relateret til dataene beskrevet i afsnit 2.1.

Bidrag til miljøpåvirkning	Drivhusgasemission (kg CO2-eq.)	Forbrug af primær energi (MJ)
Telia sendenet	48.4	829
Zitcom server og kundeservice	5.7	84
Transport (bil og tog)	0.2	4
Husleje	0.1	2
Materialer og udstyr (Papir, PC, simkort, telefoner)	0.1	1
Services (advokat, revisor, repræsentation, post)	7.9	121
Total	62.4	1041

Tabel 3.1: Miljøpåvirkning for et gennemsnitligt årligt greentel mobilabonnement.

Det fremgår af Tabel 3.1, at et gennemsnitligt årligt greentel abonnement udløser en miljøpåvirkning på 62.4 kg CO2-eq. og 1041 MJ forbrug af primær energi. Det væsentligste bidrag er relateret til indkøb af trafik hos Telia. Herudover er indkøb af services samt Zitcom server og kundeservice væsentlige bidragere til det samlede resultat.

Usikkerhedsanalyse

Data for usikkerhed relateret til miljøpåvirkningen fra mobiltelefoni leveret af Mobilevalue er beskrevet i afsnit 2.1. Nedenfor i Tabel 3.2 er informationerne om usikkerheder omsat til information, som kan bruges i den kvantitative usikkerhedsanalyse (Monte Carlo simulering). Når usikkerhedsinformation, som i afsnit 2.1, er på formen: den reelle værdi ligger med stor sandsynlighed indenfor intervallet givet ved et tal x og en afvigelse $\pm y\%$, så kan informationen omsættes til at være log-normal fordelt og at have standardafvigelsen $SD^2 = 1+y/100$.

Parameter	Fordeling
'Post and telecommunication'	Lognormal, standardafvigelse (SD^2) = 1.5
'Business services n.e.c.'	Lognormal, standardafvigelse (SD^2) = 2
Data for elektricitet	Beregning 1: anvendte data (Tabel 2.2) Beregning 2: gns. DK el (Tabel 2.3)

Tabel 3.2: Parametre relateret til usikkerhedsanalysen af miljøpåvirkningen fra greentel abonnement.

Det fremgår af tabellen, at der udføres to sæt beregninger:

- Beregning 1, hvor der anvendes den vurderede mest sandsynlige påvirkede elmix (data i Tabel 2.2)
- Beregning 2, som er en alternativ beregning, hvor der anvendes gennemsnitlig dansk el i år 2003 jævnfør DK2003 IO-modellen (data i Tabel 2.3)

Årsagen til at der udføres to alternative beregninger er, at emissionerne er enten 50% kul og 50% naturgas eller gennemsnitlig dansk el, idet der ikke er defineret nogen fordelinger, som er delvis den ene og delvis den anden fordeling. I sådan et tilfælde er det nødvendigt, at udføre usikkerhedsberegningen for hvert af de inkluderede alternativer. Resultaterne af usikkerhedsanalyserne er præsenteret i Tabel 3.3 og Tabel 3.4.

Usikkerhedsanalyse ved anvendelse af data for elektricitet: 50% kul og 50% naturgas	Drivhusgasemission (kg CO ₂ -eq.)	Forbrug af primær energi (MJ)
Gennemsnitsværdi	62.2	1036
Minimum (indenfor 95% konfidensinterval)	55.3	831
Maksimum (indenfor 95% konfidensinterval)	72.3	1639

Tabel 3.3: Usikkerhedsanalyse af miljøpåvirkning for et gennemsnitligt årligt mobil abonnement: Beregning 1: 50% kul og 50% naturgas.

Det fremgår af tabellen, at drivhusgasemissionen har en middelværdi på 62.2 kg CO₂-eq., og at den, under de givne forudsætninger, med 95% sandsynlighed ligger mellem 55.3 og 73.3 kg CO₂-eq. Forskellen på resultatet på 62.4 kg CO₂-eq. i Tabel 3.1 og gennemsnitsværdien på 62.2 kg CO₂-eq. i Tabel 3.3 skyldes statistiske udsvingninger. Hvis der var gennemført flere stokastiske variationer af produktsystemet i usikkerhedsanalysen, så ville gennemsnitsværdien nærme sig de 62.4 kg CO₂-eq. Tilsvarende kan der for forbrug af primær energiaflæses en middelværdi og et sandsynligt interval.

Usikkerhedsanalyse ved anvendelse af data for elektricitet: gns. DK i 2003	Drivhusgasemission (kg CO ₂ -eq.)	Forbrug af primær energi (MJ)
Gennemsnitsværdi	52.1	821
Minimum (indenfor 95% konfidensinterval)	48.9	788
Maksimum (indenfor 95% konfidensinterval)	56.2	863

Tabel 3.4: Usikkerhedsanalyse af miljøpåvirkning for et gennemsnitligt årligt mobil abonnement: Beregning 2: gns. DK el i år 2003.

3.2. Resultater: reduceret miljøpåvirkning per opstillet vindmøllekapacitet

I dette afsnit angives miljøpåvirkningen fra opstilling af vindmøllekapacitet, dvs. miljøpåvirkningen fra investering i vindmøller. Miljøpåvirkningen fra investering i vindmøller dækker over en lille påvirkning relateret til fremstilling, vedligehold og bortskaffelse af vindmøllen, og en stor negativ påvirkning fra fortrængt alternativ elproduktion i løbet af vindmøllens levetid. Den funktionelle enhed for resultaterne er miljøpåvirkning (dvs. reduceret miljøpåvirkning) per investeret W vindmøllekapacitet. Resultaterne er præsenteret dels som resultater i absolutte tal og som en usikkerhedsanalyse.

Resultater

Nedenfor i Tabel 3.5 findes LCA-resultaterne relateret til dataene beskrevet i afsnit 2.2. Det gøres opmærksom på, at Tabel 3.5 er identisk med Tabel 2.6.

Reduceret miljøpåvirkning per opstillet W vindmøllekapacitet	GHG-emissioner	Primær energi
Miljøpåvirkning fra opstilling af 1 MW vindmøllekapacitet (svarer til fremstilling af 52,650 Wh el)	880 g CO ₂ -eq.	12.9 MJ
Miljøpåvirkning fra fortrængt alternativ el (fortrængning af 52,650 Wh el)	-40,900 g CO ₂ -eq.	-571 MJ
Reduceret miljøpåvirkning per 1 W opstillet vindmøllekapacitet	-40,0 g CO₂-eq.	-558 MJ

Tabel 3.5: Miljøpåvirkning relateret til opstilling af 1 W vindmøllekapacitet.

Usikkerhedsanalyse

Data for usikkerhed relateret til miljøpåvirkningen fra opstilling af vindmøllekapacitet er beskrevet i afsnit 2.2. Nedenfor i Tabel 3.6 er informationerne om usikkerheder omsat til information, som kan bruges i den kvantitative usikkerhedsanalyse.

Parameter	Fordeling og standardafvigelse (SD ²)
Ecoinvent datasæt for fremstilling, drift og bortskaffelse af en vindmølle (alle inputs og outputs)	Lognormal, standardafvigelse (SD ²) = 1.1
Levetid for en vindmølle	Uniform, interval 20-25 år
Effektiv effekt i forhold til normeret effekt	Lognormal, standardafvigelse (SD ²) = 1.1
Data for elektricitet	Beregning 1: anvendte data (Tabel 2.2) Beregning 2: gns. DK el (Tabel 2.3)

Tabel 3.6: Parametre relateret til usikkerhedsanalysen af miljøpåvirkningen fra opstilling af vindmøllekapacitet.

Tilsvarende afsnit 3.1 udføres to sæt beregninger:

- Beregning 1, hvor der anvendes den vurderede mest sandsynlige påvirkede elmix (data i Tabel 2.2)
- Beregning 2, som er en alternativ beregning, hvor der anvendes gennemsnitlig dansk el i år 2003 jævnfør DK2003 IO-modellen (data i Tabel 2.3)

Resultaterne af usikkerhedsanalyserne er præsenteret i Tabel 3.7 og Tabel 3.8.

Usikkerhedsanalyse ved anvendelse af data for elektricitet: 50% kul og 50% naturgas	Drivhusgasemission (kg CO ₂ -eq.)	Forbrug af primær energi (MJ)
Gennemsnitsværdi	-44.7	-634
Minimum (indenfor 95% konfidensinterval)	-59.4	-1605
Maksimum (indenfor 95% konfidensinterval)	-34.2	-312

Tabel 3.7: Usikkerhedsanalyse af miljøpåvirkning for investering i 1 W vindmøllekapacitet: Beregning 1: 50% kul og 50% naturgas.

Det fremgår af tabellen, at drivhusgasemissionen har en middelværdi på -44.7 kg CO₂-eq., og at den, under de givne forudsætninger, med 95% sandsynlighed ligger mellem -34.2 og -59.4 kg CO₂-eq. Årsagen til at gennemsnitsværdien afviger fra resultatet i Tabel 3.5 er, at den anvendte levetid for vindmøller i Tabel 3.5 er 20 år, mens levetiden i Tabel 3.7 er mellem 20 og 25 år (dvs. middelværdien er 22.5, hvorved der fortrænges mere alternativ el). Tilsvarende kan der for forbrug af primær energi aflæses en middelværdi og et sandsynligt interval.

Usikkerhedsanalyse ved anvendelse af data for elektricitet: gns. DK i 2003	Drivhusgasemission (kg CO ₂ -eq.)	Forbrug af primær energi (MJ)
Gennemsnitsværdi	-45.1	-621
Minimum (indenfor 95% konfidensinterval)	-60.5	-1549
Maksimum (indenfor 95% konfidensinterval)	-34.7	-317

Tabel 3.8: Usikkerhedsanalyse af miljøpåvirkning for investering i 1 W vindmøllekapacitet: Beregning 2: gns. DK el i år 2003.

3.3. Krævet investering i vindmøller for at udløst miljøpåvirkning modsvarer af reduceret miljøpåvirkning

Ved sammenstilling af den udløste miljøpåvirkning for et årligt greentel mobilabonnement (afsnit 3.1) og miljøgevinsten ved opstilling af 1 W vindmøllekapacitet (afsnit 3.2), kan det beregnes, hvor meget vindmøllekapacitet, der skal investeres i for hvert årligt mobilabonnement for at den **udløste miljøpåvirkning** modsvarer af den **reducerede miljøpåvirkning**. Dette er sammenstillet for alle beregnede resultater i Tabel 3.9.

Tabel 3.9 er inddelt i fem grupper af resultater, hvor hver gruppe består af to linjer; én som viser krævet investering (W vindmøllekapacitet), hvor kriteriet for udligning af miljøpåvirkning er drivhusgasemissioner, og én som viser krævet investering (W vindmøllekapacitet), hvor kriteriet for udligning af miljøpåvirkning er forbrug af primær energi.

Den første gruppe af resultater er gældende for hovedresultaterne, dvs. hvor der ikke er taget højde for usikkerhedsanalyserne.

Gruppe 2 og 3 af resultaterne er gældende for de usikkerhedsanalyser, hvor der regnes med data for el baseret på 50% kul og 50% naturgas. Resultaterne for usikkerhedsanalyserne er delt op i én gruppe, som viser 'best case' (lavest krævede investering i vindmøller) og én gruppe, som viser 'worst case' (højest krævede investering i vindmøller). Best case fremkommer ved at vælge den laveste udløste miljøpåvirkning i usikkerhedsanalysen for greentel mobilabonnement, og den højeste reduktion i miljøpåvirkning fra opstilling af vindmøller. Worst case fremkommer ved at bytte om på lavest og højest.

Gruppe 2 og 3 af resultaterne er gældende for de usikkerhedsanalyser, hvor der regnes med data for el baseret på gennemsnitlig dansk el.

Resultater	Udløst miljøpåvirkning fra gns. årligt greentel abonnement	Reduceret miljøpåvirkning per W opstillet vindmøllekapacitet	Krævet investering (W vindmøllekapacitet) for at udløst påvirkning modsvares af reduceret påvirkning
1. Hovedresultat			
Drivhusgasemission	62.4 kg CO ₂ -eq.	-40.0 kg CO ₂ -eq.	1.56
Forbrug af primær energi	1041 MJ	-558 MJ	1.87
2. Usikkerhedsanalyse, beregning 1 (el er baseret på 50% kul og 50% naturgas) Worst case: høj udløst og lav reduceret miljøpåvirkning			
Drivhusgasemission	72.3 kg CO ₂ -eq.	-34.2 kg CO ₂ -eq.	2.11
Forbrug af primær energi	1639 MJ	-312 MJ	5.25
3. Usikkerhedsanalyse, beregning 1 (el er baseret på 50% kul og 50% naturgas) Best case: lav udløst og høj reduceret miljøpåvirkning			
Drivhusgasemission	55.3 kg CO ₂ -eq.	-59.4 kg CO ₂ -eq.	0.93
Forbrug af primær energi	831 MJ	-1605 MJ	0.52
4. Usikkerhedsanalyse, beregning 2 (el er baseret på gns. DK el) Worst case: høj udløst og lav reduceret miljøpåvirkning			
Drivhusgasemission	56.2 kg CO ₂ -eq.	-34.7 kg CO ₂ -eq.	1.62
Forbrug af primær energi	863 MJ	-317 MJ	2.72
5. Usikkerhedsanalyse, beregning 2 (el er baseret på gns. DK el) Worst case: lav udløst og høj reduceret miljøpåvirkning			
Drivhusgasemission	48.9 kg CO ₂ -eq.	-60.5 kg CO ₂ -eq.	0.81
Forbrug af primær energi	788 MJ	-1549 MJ	0.51

Tabel 3.9: Sammenfatning af resultater af LCA-screeningen: Beregnet krævet investering i vindmøllekapacitet (W), for at den udløste miljøpåvirkning fra et greentel mobilabonnement i 1 år modsvares af den reducerede miljøpåvirkning som følge af fortrængt alternativ elproduktion fra vindmølleinvesteringer.

Det fremgår af tabellen, at der skal investere i 1.56 W vindmøllekapacitet for at den udløste **drivhusgasemission** fra 1 års greentel mobilabonnement modsvares af den inducerede reduktion i drivhusgasemission fra vindmølleinvesteringen. Ved 50000 mobilkunder svarer det til 78.0 kW vindmøllekapacitet, der skal investeres i per år. Tages der højde for usikkerheder i data, så skal der investeres i 0.81-2.11 W vindmøllekapacitet per greentel abonnement per år.

Tilsvarende fremgår af tabellen, at der skal investere i 1.87 W vindmøllekapacitet for at det udløste forbrug af **primær energi** fra 1 års greentel mobilabonnement modsvares af den inducerede reduktion i forbrug af primær energi fra vindmølleinvesteringen. Ved 50000 mobilkunder svarer det til 93.5 kW vindmøllekapacitet, der skal investeres i per år. Tages der højde for usikkerheder i data, så skal der investeres i 0.51-5.25 W vindmøllekapacitet per greentel abonnement per år.

4. Referencer

Dalgaard R and Schmidt J H (2010, in press), *Input-output modelling of the Danish Agricultural Sector – Update of the FORWAST Danish Input-Output Database*. Appendix to the report documenting the project ‘Pilotprojekt – effektvurdering af forskningsmæssig indsats’ funded by ‘Fødevareministeriet’.

Danmarks Statistik (2010a), Statistikbanken. PRIS8: Forbrugerprisindeks, årsgennemsnit (1900=100) efter type. Danmarks Statistik: <http://www.statistikbanken.dk/pris8>

Danmarks Statistik (2010b), Statistikbanken. Valutakurser. Danmarks Statistik: <http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1440>

Ecoinvent (2007), *ecoinvent data v2.0*. ecoinvent reports No. 1-25. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf

FORWAST (2010), *Report describing data processing and validation*. Deliverable 3-1 of the EU FP6-project FORWAST. <http://forwast.brgm.fr/>. Publikationen er pt. under udgivelse.

Global Wind Power (2010), Personlig samtale med Kirstine Vangsgaard Hyldig (Area Sales Manager, Denmark), Global Wind Power, <http://www.globalwindpower.com/>

Goedkoop M, Schryver A D and Oele M (2006), *SimaPro 7 Tutorial*. PRé Consultants, The Netherlands. <http://www.pre.nl/download/manuals/SimaPro7Tutorial.pdf>

IPCC (2007), *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>

ISO 14040 (2006), *Environmental management - Life cycle assessment – Principles and framework*. International Standard Organization (ISO), Geneve

ISO 14044 (2006), *Environmental management - Life cycle assessment – Requirements and guidelines*. International Standard Organization (ISO), Geneve

Jolliet O, M Margni, R Charles, S Humbert, J Payet, G Rebitzer and R Rosenbaum (2003), Impact 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. *International Journal of Life Cycle Assessment* 8 (6) 324 – 330

JRC (2010), *ILCD Handbook - General guide for Life Cycle Assessment (LCA) - Detailed guidance*. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. <http://lct.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAIL-online-12March2010.pdf>

Lund H, Mathiesen B V, Christensen P and Schmidt J H et al (2010), Energy System Analysis of Marginal Electricity Supply in Consequential LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment* 15: 260–271

Schmidt J H (2007), *Life assessment of rapeseed oil and palm oil. Ph.D. thesis, Part 3: Life cycle inventory of rapeseed oil and palm oil*. Department of Development and Planning, Aalborg University, Aalborg.
http://vbn.aau.dk/fbspretrieve/10388016/inventory_report

Schmidt J H (2010a), *Documentation of the data consolidation, calibration, and scenario parameterisation*. Deliverable 6-1 of the EU FP6-project FORWAST. <http://forwast.brgm.fr/>

Schmidt J H (2010b), *Contribution analysis, uncertainty assessment, and policy recommendation*. Deliverable 6-3 of the EU FP6-project FORWAST. <http://forwast.brgm.fr/>

Schmidt J H and Thrane M (2009), *Life cycle assessment of aluminium production in new Alcoa smelter in Greenland*. Government of Greenland. http://www.smv.gl/Baggrundsrapporter/lca_2009.pdf

Schmidt J H and Weidema B P (2009), *Carbon footprint labelling – how to have high data quality and to maximize utilization*. Presentation at the conference: Joint actions on Climate Change, Aalborg, 9th of June 2009. Abstract available at: <http://gin.confex.com/gin/2009/webprogram/Paper2355.html>

Schmidt J H, Weidema B P, and Suh S (2010), *Documentation of the final model used for the scenario analyses*. Deliverable 6-4 of the EU FP6-project FORWAST. <http://forwast.brgm.fr/>

Weidema B P (2003), *Market information in life cycle assessment*. Environmental Project No863. Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen. Available at:
<http://www.miljoestyrelsen.dk/udgiv/Publications/2003/87-7972-991-6/pdf/87-7972-992-4.pdf>

Weidema B, Hauschild M Z and Joliet O (2007), *Preparing characterisation methods for endpoint impact assessment*. Available on: <http://www.lca-net.com/publications/>

Weidema B P, Thrane M, Christensen P, Schmidt J and Løkke S (2008), Carbon Footprint. A Catalyst for Life Cycle Assessment? *Journal of Industrial Ecology*, Volume 12 Issue 1, Pages 3 - 6
<DOI 10.1111/j.1530-9290.2008.00005.x>

Weidema B P, Ekvall T, Heijungs R (2009), *Guidelines for applications of deepened and broadened LCA*. Deliverable D18 of work package 5 of the CALCAS project.
<http://fr1.estis.net/includes/file.asp?site=calcas&file=7F2938F9-09CD-409F-9D70-767169EC8AA9>

Appendiks A: Produktkategorier i DK IO-modellen

Tabellen nedenfor angiver de 147 inkluderede product kategorier i den opdaterede version af FORWAST modellen. Modellen inkluderer fire kategorier af produkttyper:

- Fysiske produkter, dvs. produkter, som har en fysisk vægt (masse enhed, tørvægt) eller elektricitet/varme (energi enhed)
- Service produkter, dvs. produkter, som er målt i monetære enheder
- Affaldsbehandlings services, dvs. servicen at behandle eller genanvende affald
- Husholdnings-forbrugskategorier, fx måltider,transport etc. (disse produktgrupper indgår ikke i nærværende LCA-screening)

Referenceenheden for hvert produkt i hybridmodellen er angivet i tabellen nedenfor. Tabellen angiver også hovedbiprodukterne for hver affaldsbehandlingsaktivitet (fx når affaldsforbrænding leverer energi og når genanvendelse leverer oparbejdet materiale). Desuden angives NACE klassifikationsnumre for hver produktgruppe.

No	Product type	Unit	Name	Main by-product of waste treatment services	NACE classification
1	Physical	Mass product	Bovine meat and milk		1.21
2	Physical	Mass product	Pigs		1.23
3	Physical	Mass product	Poultry and animals n.e.c.		01.24+01.25
4	Physical	Mass product	Grain crops		01.1(disaggr.)
5	Physical	Mass product	Sugar beets		01.1(disaggr.)
6	Physical	Mass product	Potatoes		01.1(disaggr.)
7	Physical	Mass product	Horticulture, orchards etc.		01.1(disaggr.)
8	Waste treatment	Mass waste	Manure treatment	Fertiliser, N and Fertiliser, other than N	1.21+1.23+01.24+01.25(disaggr)
9	Physical	Mass product	Forest products		2 (disaggr.)
10	Waste treatment	Mass waste	Recycling of waste wood	Forest products	2 (disaggr.)
11	Physical	Mass product	Fish		5
12	Physical	Mass product	Coal, lignite, peat		10
13	Physical	Mass product	Crude petroleum and natural gas		11
14	Physical	Mass product	Iron ores from mine		13.1
15	Physical	Mass product	Bauxite from mine		13.2(disaggr.)
16	Physical	Mass product	Copper from mine		13.2(disaggr.)
17	Physical	Mass product	Metals from mine n.e.c.		13.2(disaggr.)
18	Physical	Mass product	Sand, gravel and stone from quarry		14.1+14.21
19	Physical	Mass product	Clay and soil from quarry		14.22
20	Physical	Mass product	Minerals from mine n.e.c.		14.3+14.4+14.5
21	Physical	Mass product	Meat products; Pork		15.1+15.2(disaggr)
22	Physical	Mass product	Meat products; Bovine		15.1+15.2(disaggr)
23	Physical	Mass product	Meat products; Poultry and meat n.e.c.		15.1+15.2(disaggr)
24	Physical	Mass product	Meat products; Fish		15.1+15.2(disaggr)
25	Physical	Mass product	Dairy products		15.5
26	Physical	Mass product	Fruits and vegetables, processed		15.3
27	Physical	Mass product	Vegetable and animal oils and fats		15.4
28	Physical	Mass product	Flour		15.6
29	Physical	Mass product	Sugar		15.83
30	Physical	Mass product	Animal feeds		15.7
31	Physical	Mass product	Food preparations n.e.c.		15.8(ext.)
32	Physical	Mass product	Beverages		15.9
33	Physical	Mass product	Tobacco products		16
34	Physical	Mass product	Textiles		17
35	Physical	Mass product	Wearing apparel and furs		18
36	Physical	Mass product	Leather products, footwear		19
37	Physical	Mass product	Wood products, except furniture		20
38	Physical	Mass product	Pulp, virgin		21.11(disaggr.)
39	Waste treatment	Mass waste	Recycling of waste paper	Pulp, virgin	21.11(disaggr.)
40	Physical	Mass product	Paper and paper products		21.12+21.2
41	Physical	Mass product	Printed matter and recorded media		22
42	Physical	Mass product	Refined petroleum products and fuels		23 (disaggr.)
43	Waste treatment	Mass waste	Recycling of waste oil	Refined petroleum products and fuels	23 (disaggr.)
44	Physical	Mass product	Fertiliser, N		24.15(disaggr.)
45	Physical	Mass product	Fertiliser, other than N		24.15(disaggr.)
46	Physical	Mass product	Plastics basic, virgin		24.16(disaggr.)+24.17(disaggr.)
47	Waste treatment	Mass waste	Recycling of plastics basic	Plastics basic, virgin	24.16(disaggr.)+24.17(disaggr.)
48	Physical	Mass product	Chemicals n.e.c.		24(disaggr.)
49	Physical	Mass product	Rubber and plastic products		25
50	Physical	Mass product	Glass, mineral wool and ceramic goods, virgin		26.1(disaggr.)+26.2(disaggr.)

No	Product type	Unit	Name	Main by-product of waste treatment services	NACE classification
51	Waste treatment	Mass waste	Recycling of glass, mineral wool and ceramic goods	Glass, mineral wool and ceramic goods, virgin	26.1(disaggr.)+26.2(disaggr.)+26.3(disaggr.)
52	Physical	Mass product	Cement, virgin		26.5(disaggr.)
53	Waste treatment	Mass waste	Recycling of slags and ashes	Cement, virgin	26.5(disaggr.)
54	Physical	Mass product	Concrete, asphalt and other mineral products		26.6(disaggr.)+26.7(disaggr.)+26.8(disaggr.)
55	Waste treatment	Mass waste	Recycling of concrete, asphalt and other mineral products	Sand, gravel and stone from quarry	26.6(disaggr.)+26.7(disaggr.)+26.8(disaggr.)
56	Physical	Mass product	Bricks		26.3(disaggr.)+26.4
57	Waste treatment	Mass waste	Recycling of bricks	Bricks	26.3(disaggr.)+26.4
58	Physical	Mass product	Iron basic, virgin		27.1(disaggr.)
59	Waste treatment	Mass waste	Recycling of iron basic	Iron basic, virgin	27.1(disaggr.)
60	Physical	Mass product	Aluminium basic, virgin		27.42(disaggr.)
61	Waste treatment	Mass waste	Recycling of aluminium basic	Aluminium basic, virgin	27.42(disaggr.)
62	Physical	Mass product	Copper basic, virgin		27.44(disaggr.)
63	Waste treatment	Mass waste	Recycling of copper basic	Copper basic, virgin	27.44(disaggr.)
64	Physical	Mass product	Metals basic, n.e.c., virgin		27.4(disaggr.)
65	Waste treatment	Mass waste	Recycling of metals basic, n.e.c.	Metals basic, n.e.c., virgin	27.4(disaggr.)
66	Physical	Mass product	Iron, after first processing		27.2(disaggr.)+27.3(disaggr.)+27.5(disaggr.)
67	Physical	Mass product	Aluminium, after first processing		27.2(disaggr.)+27.3(disaggr.)+27.5(disaggr.)
68	Physical	Mass product	Copper, after first processing		27.2(disaggr.)+27.3(disaggr.)+27.5(disaggr.)
69	Physical	Mass product	Metals n.e.c., after first processing		27.2(disaggr.)+27.3(disaggr.)+27.5(disaggr.)
70	Physical	Mass product	Fabricated metal products, except machinery		28
71	Physical	Mass product	Machinery and equipment n.e.c.		29
72	Physical	Mass product	Office machinery and computers		30
73	Physical	Mass product	Electrical machinery n.e.c.		31
74	Physical	Mass product	Radio, television and communication equipment		32
75	Physical	Mass product	Instruments, medical, precision, optical, clocks		33
76	Service	Monetary value	Motor vehicles and trailers		34
77	Service	Monetary value	Transport equipment n.e.c.		35
78	Physical	Mass product	Furniture and other manufactured goods n.e.c.		36
79	Service	Monetary value	Recycling services		37
80	Physical	Energy unit	Electricity, steam and hot water		40(disaggr.)
81	Physical	Mass product	Gas		40(disaggr.)
82	Service	Monetary value	Water, fresh		41
83	Service	Monetary value	Buildings, residential		45.1(disaggr.)+45.21(disaggr.)+45.22+45.3+45.4+45.5(disaggr.)
84	Service	Monetary value	Buildings, non-residential		45.1(disaggr.)+45.21(disaggr.)+45.22+45.3+45.4+45.5(disaggr.)
85	Service	Monetary value	Infrastructure, excluding buildings		45.1(disaggr.)+45.21(disaggr.)+45.22+45.3+45.4+45.5(disaggr.)
86	Service	Monetary value	Trade and repair of motor vehicles and service stations		50
87	Service	Monetary value	Wholesale trade		51
88	Service	Monetary value	Retail trade and repair services		52
89	Service	Monetary value	Hotels and restaurants		55
90	Service	Monetary value	Land transport and transport via pipelines		60
91	Service	Monetary value	Transport by ship		61
92	Service	Monetary value	Air transport		62
93	Service	Monetary value	Cargo handling, harbours and travel agencies		63
94	Service	Monetary value	Post and telecommunication		64
95	Service	Monetary value	Financial intermediation		65
96	Service	Monetary value	Insurance and pension funding		66
97	Service	Monetary value	Services auxiliary to financial intermediation		67
98	Service	Monetary value	Real estate services		70
99	Service	Monetary value	Renting of machinery and equipment etc.		71
100	Service	Monetary value	Computer and related services		72

No	Product type	Unit	Name	Main by-product of waste treatment services	NACE classification
101	Service	Monetary value	Research and development		73
102	Service	Monetary value	Business services n.e.c.		74
103	Service	Monetary value	Public service and security		75
104	Service	Monetary value	Education services		80
105	Service	Monetary value	Health and social work		85
106	Waste treatment	Mass waste	Incineration of waste: Food	Electricity, steam and hot water	90(disaggr.)
107	Waste treatment	Mass waste	Incineration of waste: Paper	Electricity, steam and hot water	90(disaggr.)
108	Waste treatment	Mass waste	Incineration of waste: Plastic	Electricity, steam and hot water	90(disaggr.)
109	Waste treatment	Mass waste	Incineration of waste: Metals	none	90(disaggr.)
110	Waste treatment	Mass waste	Incineration of waste: Glass/inert	none	90(disaggr.)
111	Waste treatment	Mass waste	Incineration of waste: Textiles	Electricity, steam and hot water	90(disaggr.)
112	Waste treatment	Mass waste	Incineration of waste: Wood	Electricity, steam and hot water	90(disaggr.)
113	Waste treatment	Mass waste	Incineration of waste: Oil/Hazardous waste	none	90(disaggr.)
114	Waste treatment	Mass waste	Biogasification of food waste	Electricity, steam and hot water	90(disaggr.)
115	Waste treatment	Mass waste	Biogasification of paper	Electricity, steam and hot water	90(disaggr.)
116	Waste treatment	Mass waste	Biogasification of sewage sludge	Electricity, steam and hot water	90(disaggr.)
117	Waste treatment	Mass waste	Composting of food waste	none	90(disaggr.)
118	Waste treatment	Mass waste	Composting of paper and wood	none	90(disaggr.)
119	Waste treatment	Mass waste	Waste water treatment, food	none	90(disaggr.)
120	Waste treatment	Mass waste	Waste water treatment, other	none	90(disaggr.)
121	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Food	Electricity, steam and hot water	90(disaggr.)
122	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Paper	Electricity, steam and hot water	90(disaggr.)
123	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Plastic	none	90(disaggr.)
124	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Iron	none	90(disaggr.)
125	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Alu	none	90(disaggr.)
126	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Copper	none	90(disaggr.)
127	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Metals nec	none	90(disaggr.)
128	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Glass/inert	none	90(disaggr.)
129	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Mine waste	none	90(disaggr.)
130	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Textiles	Electricity, steam and hot water	90(disaggr.)
131	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Wood	Electricity, steam and hot water	90(disaggr.)
132	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Oil/Hazardous waste	none	90(disaggr.)
133	Waste treatment	Mass waste	Landfill of waste: Slag/ash	none	90(disaggr.)
134	Waste treatment	Mass waste	Land application of compost	Fertiliser, N and Fertiliser, other than N	90(disaggr.)
135	Service	Monetary value	Membership organisations		91
136	Service	Monetary value	Recreational and cultural services		92
137	Service	Monetary value	Services n.e.c.		93
138	Household	Monetary value	Household use: Clothing		n.a.
139	Household	Monetary value	Household use: Communication		n.a.
140	Household	Monetary value	Household use: Education		n.a.
141	Household	Monetary value	Household use: Health care		n.a.
142	Household	Monetary value	Household use: Housing		n.a.
143	Household	Monetary value	Household use: Hygiene		n.a.
144	Household	Monetary value	Household use: Leisure		n.a.
145	Household	Monetary value	Household use: Meals		n.a.
146	Household	Monetary value	Household use: Security		n.a.
147	Household	Monetary value	Household use: Social care		n.a.

