

Innhold

Forord	3
Sammendrag	4
1 Innledning og bakgrunn	11
1.1 Klimagassutslipp i et livsløpsperspektiv gir ny innsikt i hvor reduksjonspotensialene er størst.....	11
2 Mål og delmål	13
3 Beregningsmodellen – www.klimagassregnskap.no	14
3.1 Avgrensning av modellens virkeområde	14
3.2 Modellstrukturen, anvendelse og begrensninger.....	16
3.3 Materialmodulen – klimagassutslipp knyttet til materialbruk i bygg	18
3.4 Anleggsfasen – klimagassutslipp fra transport, anleggsmaskiner, mv.	22
3.5 Stasjonær energibruk – klimagassutslipp fra drift av bygninger	22
3.6 Transport – klimagassutslipp fra transport generert av bruken av bygningene	25
3.7 ”Sammendrag” – Samleresultater for beregnede utslipp	27
4 Beregning av klimagassutslipp fra et utbyggingsprosjekt – generelle problemstillinger .	29
4.1 Direkte utslipp.....	29
4.2 Indirekte utslipp	29
4.3 Transport av materialer fra produksjonssted til byggeplass.....	30
4.4 Utslipp fra elektrisitet	31
4.5 Binding av karbon i bygningsmaterialer	33
4.6 Opptak eller utslipp av CO ₂ på grunn av endret arealbruk der bygget/anlegget bygges	34
4.7 Bygningers levetid og utslippsberegning per år	34
4.8 Utslipp per bygningsdel eller bygningselement – sammenligningsgrunnlag	35
4.9 En utslippsreduksjon i dag er bedre enn den samme om 20 år	36
5 Klimagassutslipp fra felt 8.5 på Fornebu, Bærum kommune, - et eksempel fra bruk av www.klimagassregnskap.no	37
5.1 Generell beskrivelse av utbyggingsprosjektet	37
5.2 Klimagassutslipp fra materialbruk.....	38
5.3 Stasjonær energi.....	40
5.4 Transport	43
5.5 Oppsummering resultater for felt 8.5 – Fornebu	45
6 Referanser	49
Vedlegg 1 – Klimaendringer, klimapolitikk, utslipp og tiltak	51
Klimaendringer	51
Kyotoprotokollen og norske ambisjoner	53
Norske utslipp	53
Utslipp og energibruk i bygg- og anleggsbransjen	54
Tiltak og virkemidler i norsk klimapolitikk	55
Vedlegg 2 – Klimagassregnskap – materialer og konstruksjoner. Omregning fra bygningselementer til basismaterialer	56
Vedlegg 3 – Utslippsfaktorer for materialer	61
Vedlegg 4 – Transportmodulen - Nærmere beskrivelse av oppbygning og forutsetninger	67
Vedlegg 5 – Teknisk løsning - modellkonseptet	71
Vedlegg 6 – Energiinnhold, tetthet og virkningsgrad	72

Forord

Arbeidet er gjennomført etter initiativ og finansiering fra Statsbygg, og i et samarbeid med Bærum kommune.

Statsbygg har en ambisiøs miljøpolitikk og laget et offensivt Miljøoppfølgingsprogram (MOP) for Etterbruk av Fornebu. Det ble godkjent av Arbeids- og administrasjonsdepartementet 12. juni 1999. Her ble det nedfelt at utslipp av klimagasser skulle holdes på et lavt nivå og ikke overstige gjennomsnittet for landet, og det ble understreket at *”Direkte oppfølging av dette målet krever at det etableres et overvåknings-/beregningsverktøy for CO₂, samt en strategi for å motivere og ansvarliggjøre ulike aktører og grunneiere.”*

Arbeidet er derfor en direkte oppfølging av MOP for Fornebu. Mye har skjedd siden 1999 når det gjelder internasjonal og nasjonal klimapolitikk og kunnskap om klimaproblemet generelt. Målet om å holde klimagassutslippene lave og utvikle beregningsverktøy for CO₂, er ikke mindre aktuelt i lys nylig publiseringer fra IPCC (2007) og Regjeringspartienes ambisiøse målsetninger og et CO₂-nøytralt Norge i 2050. Utbyggingsprosjekter og bygninger som etableres i dag vil være de som preger det norske samfunn også om 50 år. Det er derfor svært viktig at vi foretar de riktige valgene i dag som tar hensyn til hele byggets livsløp.

Et beregningsverktøy for CO₂ vil være et bidrag i det kontinuerlige arbeidet med å finne fram til og foreta de riktige valgene.

Arbeidet er utført av en prosjektgruppe bestående av Eivind Selvig og Arne Stølan fra **Civitas AS**, Kristin Rypdal og Line Sunniva Flottorp fra **Cicero – Senter for klimaforskning**, Ketil Flugsrud fra **SSB – Statistisk sentralbyrå**, Ida Blytt fra **AS Bygganalyse** og Tom Normann Hamre fra **Urbanet Analyse**. Eivind Selvig, Civitas, har vært prosjektleder og skrevet hovedrapporten.

Styringsgruppen for prosjektet har vært ledet av direktør for Utviklingsavdelingen i Statsbygg May Balkøy. Medlemmer i styringsgruppen har vært: spesialrådgiver i klimaspørsmål Audun Rosland, SFT; informasjonssjef Anne-Johanne Enger (i første del) og miljørådgiver Ingvild Tanberg, Bærum kommune; avdelingsdirektør Knut Felberg, avdelingsdirektør Vera-Ellen Munkhaugen, avdelingsdirektør Inger Marie Nygård og seniorrådgiver miljø Zdena Cervenka; alle fra Statsbygg. Sistnevnte har vært Statsbyggs prosjektleder.

Eivind Selvig, Civitas

Oslo, mai 2007

Statsbygg har sett behovet for en modell for klimagassberegninger for bygging og drift av bygninger

I Miljøoppfølgingsprogram for Etterbruk av Fornebu (Statsbygg, 1999) ble det nedfelt at utslipp av klimagasser skulle holdes på et lavt nivå og ikke overstige gjennomsnittet for landet: *”Direkte oppfølging av dette målet krever at det etableres et overvåknings-/beregningsverktøy for CO₂, samt en strategi for å motivere og ansvarliggjøre ulike aktører og grunneiere.”*

Under tiltak og oppfølging, kategori: informasjon, veiledning, overvåkning er tiltaket formulert slik: *”Etablere et beregningsverktøy for CO₂-utslipp per capita.”*

Store reduksjoner i globale klimagassutslipp medfører betydelige utfordringer for alle samfunnssektorer og individer

Klimaendringer forårsaket av menneskeskapt utslipp er en av de største utfordringene det globale samfunn har stått overfor (IPCC, 2007). Industrielandene har gjennom undertegning av Kyotoprotokollen forpliktet seg til å redusere klimagassutslippene. Norge skal redusere utslippene slik at de i perioden 2008-2012 ikke er høyere enn 1 prosent over det som var utslippene i 1990 (St.meld. 26 (2006-2007)). Regjeringspartiene har våren 2007 angitt at de langsiktige målene er 30 prosents reduksjon i utslippene innen 2020, og et utslippsnøytralt Norge innen 2050.

Alvorligheten av klimaspørsmålet og de store utslippsreduksjonene som er nødvendig medfører at alle samfunnssektorer må vurdere sine tiltaksmuligheter, tekniske og strukturelle.

Bygging og drift av bygg står for ca 30 prosent av verdens klimagassutslipp

Bygging og drift av bygninger står i følge IEA for mellom 30 og 40 prosent av verdens energibruk. Andelene varierer fra rundt 15 prosent til nesten 60 prosent. (IEA, 2005, EIA 2005). Om lag 30 prosent av verdens samlede klimagassutslipp kommer som følge av denne sektorens energibruk (UNEP, 2007).

Utslipp fra aktiviteter relatert til norske bygg- og anlegg, dvs. produksjon og transport av byggevarer, anleggsvirksomhet og drift av bygninger, utgjør 13-14 prosent av de samlede norske utslippene (KanEnergi, 2006). Dette er kun de direkte innenlandske utslippene. Utslipp forårsaket av produksjon av byggevarer i andre land og elektrisitet er ikke inkludert.

Det er beregnet at total energibruk inkl. elektrisitet, for aktivitetene relatert til bygg- og anlegg utgjør ca 40 prosent av samlet norsk energibruk (BE, 2006). Om lag 80 prosent av energibruk til drift av boliger, næringsbygg og tjenesteytende sektor er elektrisitet (SSB 2007).

I tillegg kommer transporttjenester for de som bor, arbeider, besøker bygningene.

Forskning knyttet til livsløpsperspektiv på klimagassutslipp fra byggeprosjekter gir ny innsikt i hvor reduksjonspotensialene er størst

Klimagassutslipp vurdert i et livsløpsperspektiv for utbyggingsprosjekter vil vise hvilke deler av utbyggingen som er de vesentligste. Er det utslippene fra produksjon av materialene som inngår i bygget, anleggsfasen, energibruk til oppvarming/kjøling/mv. eller transporten til/fra bygget i den daglige driften?

Forskningsresultater i de siste årene dekker stort sett bare selve bygget inkl. materialer, og det er energibruk til oppvarming mv. som dominerer bildet (Junnilla og Horvath 2003, Thormark 2002). Imidlertid er det påvist at jo mer

energieffektive bygningene blir jo større betydning får utslipp knyttet til materialbruken (f.eks. Chen et.al 2001; Adalberth, 1998).

Samtidig er det av andre understreket at lokalisering og by-utvikling er en integrert del av et byggeprosjekters totale klimagassutslipp, og denne faktoren kan være den dominerende (Næss 1995; Anderson et.al 1996; Newman and Kenworthy 1999; Gurin 2003).

I en studie fra Toronto sammenlignet man to ulike typer boligbygging, en sentralt plassert blokkbebyggelse og en forstads villa bebyggelse. Resultatene understreker betydningen av lokalisering for å redusere utslipp fra transport, men også at utslipp fra stasjonær energibruk blir lavest ved blokk/sentral utbyggingen.

Transportutslippene var hele 70 % lavere ved tett sentrumsutbygging enn villa/rekkehus utbygging. Utslipp fra materialbruken hadde i dette eksempelet mindre betydning (7-12%), trolig fordi det ikke var lagt vekt på energi effektive bygg (Norman et. al 2006).

Det understrekes at det er behov for flere eksempler og forskning som kan dekke flere typer utbygginger, arkitektur, lokalisering, offentlig, transport, mv., og videre utvikling av metodikk for sammenligning av (Norman et. al 2006; Næss 1995; Zhang et. al 2006).

Utvikling av en beregningsmodell vil kunne sikre at sammenligning av prosjekter blir gjort med samme metodikk.

Prosjektet har utviklet modellen www.klimagassregnskap.no som et webbasert beregningsverktøy for utbyggingsprosjekter

I første rekke er det en regnskapsmodell, dvs. at det gjør opp et regnskap over alle utslipp som er knyttet til utbyggingsprosjektet, for eksempel utslipp fra drivstoff, fyringsoljer, energi og råvarer til produksjon av materialer, avfallshåndtering, mv.

Det ligger til rette for å videreutvikle beregningsverktøyet slik at det også kan anvendes i en ide- og planleggingsfase, slik at klimavennlige valg kan foretas på et tidlig stadium i prosjektutviklingen.

Første versjon av beregningsverktøyet inneholder fire moduler og omfatter utslipp fra:

- 1 produksjon av materialer som inngår i byggverket
- 2 energibruk og transport i anleggsfasen
- 3 energibruk til oppvarming og kjøling i drift/bruk av byggverket,
- 4 energibruk til transport i drift/bruk av bygget

Beregningsmodellen er bygget opp slik at utslipp fra de ulike delene beregnes hver for seg og kan vises isolert. Resultatene summeres også på tvers av modulene og gir totaltall for prosjektet.

Beregningene er enkle hver for seg men sammenhengene er komplekse

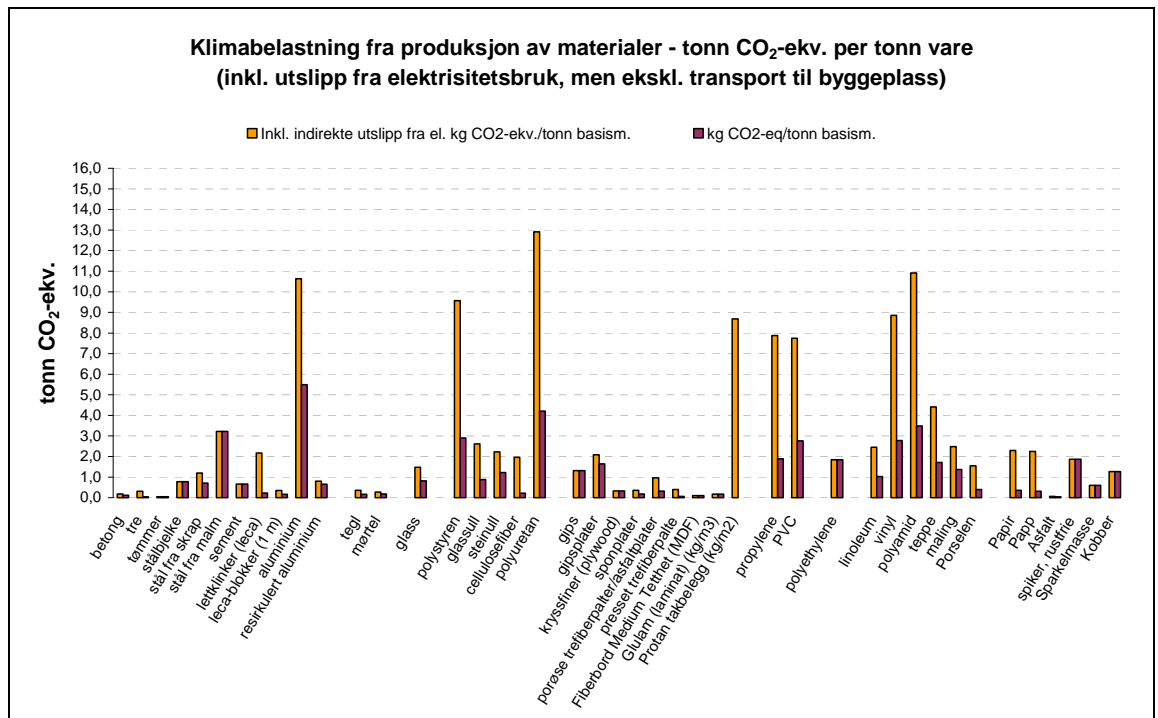
Alle beregninger er relativt enkle hver for seg, men det er mange faktorer og variable som innvirker på sluttresultatet. Hovedprinsippet for beregningene er:

$$\text{Innsatsfaktor/aktivitet} \times \text{utslippsfaktorer (CO}_2, \text{CH}_4, \text{N}_2\text{O)} = \text{klimagassutslipp (CO}_2\text{-ekv.)}$$

Innsatsfaktor kan være liter med drivstoff, liter med fyringsolje, kg med stål, m² yttervegg i tre, antall kjøretøy km med lastebil, osv., osv.

Utslippsfaktorer er i størst mulig grad hentet fra det nasjonale utslippsregnskapet.

Utslippsfaktorer for materialer er sammenstilt fra en rekke kilder og oppgitt som CO₂-ekv. per tonn basismateriale. Det er angitt faktorer for 43 ulike bygningsmaterialer. Tallene er i all hovedsak gjennomsnittstall for europeisk produksjon, se figur S1.



Figur S1: Klimagassutslipp fra produksjon av bygningsmaterialer.

Omregning fra bygningsdeler til klimagassutslipp er en utfordring

I materialmodulen har det vært en spesiell utfordring å lage gode omregningsprosedyrer fra enheter bransjen vanligvis bruker i sine byggespesifikasjoner, til tonn basismaterial og klimagassutslipp. Det finnes for eksempel ikke noe utslippsfaktor per m² vegg av stålbindingsverk. Veggens innhold av ulike basismaterialer (stål, gips, isolasjon, mv.) må summeres hver for seg før det er mulig å beregne utslipp. Vinduer er et annet eksempel som består av glass, tre, aluminium, stål, argon, etc.

I modellen for klimagassregnskap kan data om materialmengder legges inn som bygningselementer. Modellen beregner om fra bygningselementer til basismaterialer, og deretter klimagassutslippet. Databehovet er derfor en enkel sammenstilling av de mengder som beregnes gjennom kalkyleberegninger og beskrivelser.

Modellen gir anledning til å beregne klimagassutslipp fra elektrisitetsbruk

Per i dag er 99,6 prosent av norsk elektrisitetsproduksjon fornybar og utslippsfri. I årene framover vil dette endre seg etter hvert som vi importerer mer kraft fra utlandet og bygger egne gasskraftverk. Elektrisitetsbruk vil derfor i årene som kommer indirekte bidra mer og mer til utslipp av klimagasser også i Norge.

Modellen gir anledning til å beregne både med og uten klimagassutslipp fra el-bruk. Utslippsfaktoren som foreslås er 357 g/kWh, noe som var gjennomsnittsverdien for de europeiske OECD-land i 2004.

Utslipp fra andre kilder ved bygge- og anleggsprosjekter

Utbyggingsprosjekters klimagassutslipp kan sammenlignes - benchmarking

Resultatene presenteres enten som samlet utslipp for prosjektet over en levetid på 50 år, utslipp per m² over 50 år, utslipp per m² per år, utslipp per person per år. Det

er bare å velge det som synes hensiktsmessig for eksempel ved sammenligning opp mot andre prosjekter eller sjekk om miljømål er innfridd. Etter hvert som mange utbyggingsprosjekter anvender beregningsmodellen kan resultatene danne grunnlaget for benchmarking.

Det gjenstår videre utviklingsarbeid før modellen dekker alle utslippskilder

Det gjenstår et betydelig utviklingsarbeid før modellen kan sies å gi et fullt dekkende bilde av klimagassutslippene fra utbyggingsprosjekter. I denne første utgaven av beregningsmodellen har vi blant annet ikke klart å inkludere eller ta hensyn til forskjeller i materialenes levetid, ikke inkludert transport av materialer fra produksjonssted til byggeplass, mv. Betydningen av disse utslippskildene kan være betydelig.

Eksempelberegning – delfelt 8.5 – Fornebu, Bærum kommune.

Utbyggingsprosjektet er et delprosjekt på Fornebu og består av:

- Totalt 15 000 m² BRA fordelt på 167 boliger i blokker, gjennomsnittlig boligstørrelse 90 m² og 2,1 person per bolig.
- Parkering etter gjeldende norm for Bærum kommune
- Energibehov 130 kWh/m² (krav/måltall)
- Energiforsyning er fjernvarme og fjernkjøling basert på varmepumpe, sjøvann, med 10 % spisslast fra oljer, resten el.

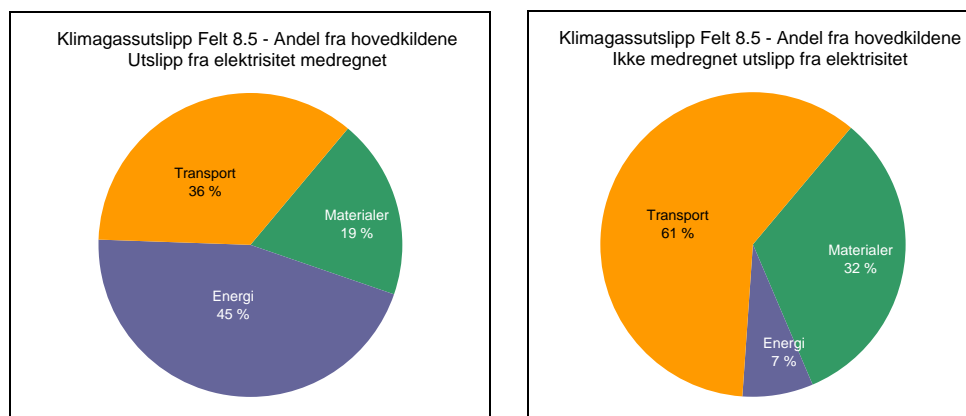
Utslipp fra transport og energibruk under drift av bygget utgjør 81 prosent av totalt utslipp av klimagasser

Fordeling av utslipp på de tre hovedkategoriene som er inkludert i beregningen, er vist i figur S2. Det var ikke tilgjengelig data for anleggsfasen for dette prosjektet. Beregninger foretatt av andre prosjekter viser at denne kilden i et livsløpsperspektiv utgjør mindre enn 1 prosent (Junnila and Hovath 2003; Blanchard and Reppe, 1998).

Uten utslipp fra elektrisitet er andelene 61 prosent fra transport, 32 prosent fra materialbruk og 7 prosent fra stasjonær energibruk. Inkluderes utslippet fra elektrisitet viser beregningen at utslippsandelen fra stasjonær energibruk øker til 45 prosent, og andelen til transport reduseres til 36 prosent.

I en sammenligning med studier i andre land er det mest riktig å inkludere utslipp fra elektrisitet, noe som også anbefales i IPCC WG III siste rapport (IPCC 2007).

Det er få internasjonale studier å sammenligne med, fordi det de aller fleste livsløpsstudier kun ser på materialer og stasjonær energibruk. Et eksempel fra Toronto der også transport er inkludert viser klimagassutslippet for et byggeprosjekt i sentrum. Beregningen her vist at 43 prosent av utslippene skyldes transport, 45 prosent stasjonær energibruk og 12 prosent materialer (Norman 2006). Resultatene fra Fornebu viser en lignende fordeling, se Figur S2, venstre kakediagram.

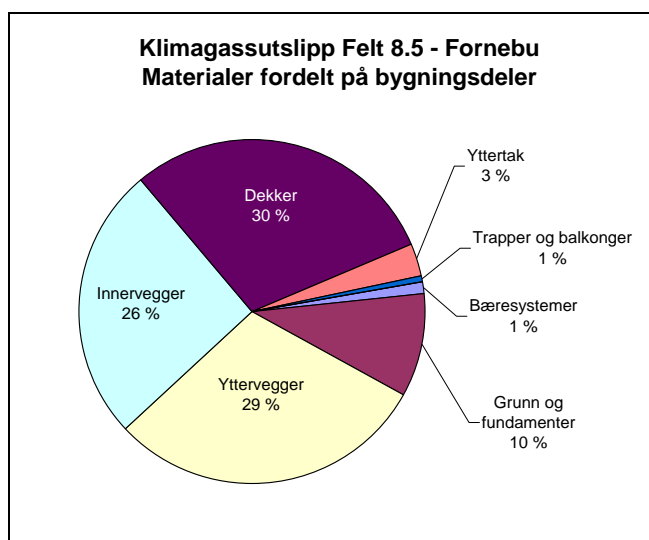


Figur S2: Klimagassutslipp fordelt på tre utslippskategorier, Stasjonær energi, Transport og Materialer, i et eksempelprosjekt på Fornebu, felt 8.5. NB! Data fra anleggsfasen manglet for dette prosjektet.

Ser vi kun på forholdet mellom utslipp fra stasjonær energibruk og utslipp fra materialer, gir våre beregninger for Fornebu en høyere andel for materialer enn det som er dokumentert i eksempler fra USA og Canada (Norman et. al 2006; Blanchard and Reppe 1998). På den annen side er vår andel lavere enn det som er vist for svenske og sveitsiske lavenergihus (Thormark, 2002; Citherlet og Defaux, 2005). Det totale utslippet i de nevnte tilfellene er jo også svært forskjellig avhengig av hvor stor vekt det er lagt på energieffektivisering av byggene.

Yttervegger, innervegger og etasjeskillere(dekker) utgjør 85 prosent av utslipp fra materialbruk

Modellen www.klimagassregnskap.no gir også anledning til å studere forholdet og betydningen av de ulike konstruksjonsdelene. Beregningene indikerer at de viktigste delene i dette prosjektet er dekker, dvs. etasjeskillere, gulv/tak, mv. med 30 prosent, yttervegger med 29 prosent og innervegger med 26 prosent, se figur S3.



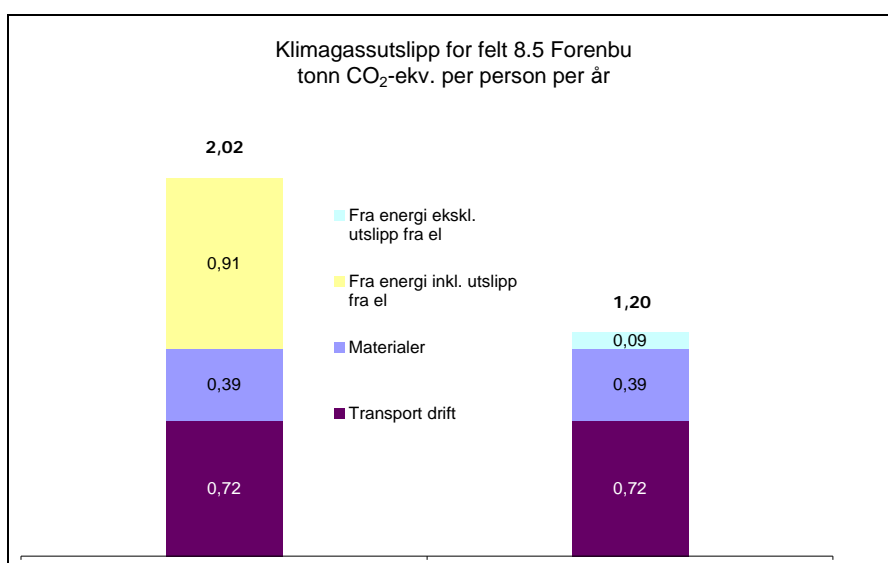
Figur S3: Klimagassutslipp fordelt på ulike bygningselementer/deler. Se tekst i figur og i kapitelet for nærmere forklaring.

Utslipp av klimagasser per person er lavt sammenlignet med landsgjennomsnittet

Fordeler vi utslippet på antall personer i boligene (2,1 person per bolig) finner vi at utslippet er mellom 1,2 og ca 2 tonn CO₂-ekv. per innbygger per år. Det øvre nivået inkluderer utslipp fra el-bruk, se figur S4. Tallene inkluderer utslipp fra bygningsmaterialer produsert utenfor området og transport utenfor området.

Utslippene fra felt 8.5 kan med visse forbehold sammenlignes med landsgjennomsnittet for alle norske kommuner, ca 8 tonn CO₂-ekv. per innbygger per år, og Oslogjennomsnittet, 2,3 tonn CO₂-ekv. per innbygger per år. I forhold til begge disse nivåene er utslippet fra felt 8.5 lavere, og prosjektet synes å holde seg godt innenfor målsetningen om et lavere CO₂-utslipp enn landsgjennomsnittet.

I en studie fra Toronto (Norman et al. 2006) beregnet man et utslipp på 3,34 tonn CO₂-ekv. per person per år for en boligblokk i sentrum. En villabebyggelse i en forstad kom ut med 8,64 tonn CO₂-ekv. per person per år. Våre beregninger gir 50 prosent lavere utslipp fra transport og 40 prosent lavere utslipp fra stasjonær energibruk, mens materialbruk er på akkurat samme nivå med i underkant av 390 kg CO₂-ekv. per person per år.



Figur S4: Klimagassutslipp fordelt på tre utslippskategorier per person. Se tekst i figur og i kapitlet for nærmere forklaring. Stolpen til venstre viser inkl. utslipp fra elektrisitet og stolpen til høyre viser uten utslipp fra elektrisitet. Se også tabell S1.

Utslipp per m² kan egne seg til bench marking av byggeprosjekter

En annen størrelse vi kan hente ut av beregningsverktøyet er utslipp per m². Det er for felt 8.5 beregnet til mellom ca 28 og 47 kg CO₂-ekv. per m² per år, se tabell S1. Denne størrelsen egner seg godt til sammenligning og bench marking. Ett beregningseksempel og en modellversjon 1.0, gir imidlertid et for tynt grunnlag til å trekke generelle konklusjoner. Først etter at en rekke prosjekter av ulike typer er gjennomgått og beregnet, vil det være grunnlag for å trekke konklusjoner på mer detaljert nivå. Siktemålet er å gjennomføre flere beregninger og forbedre modellen.

Sammenlignet med en studie fra Toronto, Canada, som inkluderer transport (Norman et. al 2006), ligger vårt Fornebu felt 8.5 vesentlig lavere. Toronto eksempelet indikerer ca 78 kg/m² boligareal, mens Fornebu eksempelet viser 47 kg/m² (inkl. utslipp fra el.)

Tabell S1: Klimagassutslipp, samlet for alle hovedkilder for Fornebu, felt 8.5., fordelt på personer, boliger og m² bolig, i livsløpet, per år. To alternativer er vist – med og uten utslipp fra elektrisitetsbruk. Verdiene er avrundet.

Indikator	Inkl. utslipp fra el-bruk	Ekskl. utslipp fra el-bruk	Enhet
Utslipp over livsløpet	35.500	21.100	tonn CO ₂ -ekv.
Utslipp per år	710	420	tonn CO ₂ -ekv.
Utslipp per m ² i livsløpet til bygget	2,4	1,4	tonn CO ₂ -ekv
Utslipp per m ² /år	47	28	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per bolig i livsløpet til bygget	213	126	tonn CO ₂ -ekv
Utslipp per bolig/år	4,3	2,5	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per person i livsløpet til bygget	101	60	tonn CO ₂ -ekv
Utslipp per person/år	2.02	1,20	tonn CO ₂ -ekv

1 Innledning og bakgrunn

Klimaendringer forårsaket av menneskeskapt utslipp er en av de største utfordringene det globale samfunn har stått overfor. Industrilandene har gjennom undertegning av Kyotoprotokollen forpliktet seg til å redusere klimagassutslippene. Norge skal redusere utslippene slik at de i perioden 2008-2012 ikke er høyere enn 1 prosent over det som var utslippene i 1990. Regjeringspartiene har våren 2007 angitt at de langsiktige målene er 30 prosents reduksjon i utslippene innen 2020, og et utslippsnøytralt Norge innen 2050. Se vedlegg 1 for flere detaljer om klimaendringer og utslipp.

Bygging og drift av bygninger står i følge IEA for mellom 30 og 40 prosent av verdens energibruk. Andelene varierer fra rundt 15 prosent til nesten 60 prosent. (IEA, 2005, EIA 2005). Om lag 30 prosent av verdens samlede klimagassutslipp kommer som følge av denne sektorens energibruk (UNEP, 2007).

Utslipp fra aktiviteter relatert til norske bygg- og anlegg, dvs. produksjon og transport av byggevarer, anleggsvirksomhet og drift av bygninger, var 13-14 prosent de samlede norske utslippet (KanEnergi, 2006). Dette er kun de direkte innenlandske utslippene. Utslipp forårsaket av produksjon av byggevarer i andre land og elektrisitet er ikke inkludert. Det er beregnet at total energibruk inkl. elektrisitet, for aktivitetene relatert til bygg- og anlegg utgjør ca 40 prosent av samlet norsk energibruk (BE, 2006). Om lag 80 prosent av denne energibruken er elektrisitet (SSB, 2007). Per i dag er 99,6 prosent av norsk elektrisitetsproduksjon fornybar og utslippsfri. I årene framover vil dette endre seg etter hvert som vi importerer mer kraft fra utlandet og bygger egne gasskraftverk. Elektrisitetsbruk vil derfor i årene som kommer indirekte bidra mer og mer til utslipp av klimagasser også i Norge.

Prosjektet som her rapporteres er et resultat av at Statsbygg har sett behovet for en modell for klimagassberegninger for bygging og drift av bygninger. I Miljøoppfølgingsprogram for Etterbruk av Fornebu (Statsbygg, 1999) ble det nedfelt at utslipp av klimagasser skulle holdes på et lavt nivå og ikke overstige gjennomsnittet for landet: *"Direkte oppfølging av dette målet krever at det etableres et overvåknings-/beregningsverktøy for CO₂, samt en strategi for å motivere og ansvarliggjøre ulike aktører og grunneiere."*

Under tiltak og oppfølging, kategori: informasjon, veiledning, overvåkning er tiltaket formulert slik: *"Etablere et beregningsverktøy for CO₂-utslipp per capita."*

1.1 Klimagassutslipp i et livsløpsperspektiv gir ny innsikt i hvor reduksjonspotensialene er størst

Klimagassutslipp vurdert i et livsløpsperspektiv for utbyggingsprosjekter viser betydningen/andelen av utslippene fra produksjon av materialene som inngår i bygget, anleggsfasen, energibruk til oppvarming/kjøling/mv. eller transporten til/fra bygget i den daglige driften.

Forskningsresultater i de siste årene dekker stort sett bare selve bygget inkl. materialer, og det er energibruk til oppvarming mv. som dominerer bildet (Junnila og Horvarth 2003, Thormark 2002). Imidlertid er det påvist at jo mer energieffektive bygningene blir jo større betydning får utslipp knyttet til materialbruken (f.eks. Chen et.al 2001; Adalberth, 1998).

Samtidig er det av andre understreket at lokalisering og by-utvikling er en integrert del av et byggeprosjekters totale klimagassutslipp, og denne faktoren kan være den

dominerende (Næss 1995; Anderson et.al 1996; Newman and Kenworthy 1999; Gurin 2003).

I en studie fra Toronto sammenlignet man to ulike typer boligbygging, en sentralt plassert blokkbebyggelse og en forstads villa bebyggelse. Resultatene understreker betydningen av lokalisering for å redusere utslipp fra transport, men også at utslipp fra stasjonær energibruk blir lavest ved blokk/sentral utbyggingen.

Transportutslippene var hele 70 % lavere ved tett sentrumsutbygging enn villa/rekkehus utbygging. Utslipp fra materialbruken hadde i dette eksempelet mindre betydning (7-12%), trolig fordi det ikke var lagt vekt på energi effektive bygg (Norman et. al 2006).

Det understrekes at det er behov for flere eksempler og forskning som kan dekke flere typer utbygginger, arkitektur, lokalisering, offentlig, transport, mv., og videre utvikling av metodikk for sammenligning av (Næss 1995; Norman et. al 2006; Zhang et. al 2006).

Utvikling av en beregningsmodell vil kunne sikre at sammenligning av prosjekter blir gjort med samme metodikk.

2 Mål og delmål

Hovedmålet for prosjektet har vært å utvikle en modell for klimagassregnskap for utbyggingsprosjekter slik at det blir et hensiktsmessig verktøy for fremtidig resultatrapportering av blant annet Statsbyggs virksomhet.

Utvikling av modellen er et ledd i å komplettere miljøstyringssystemet på Fornebu, jf. Miljøoppfølgingsprogrammet (MOP) for Etterbruk av Fornebu; miljømål og tiltak punkt 3.5.

Det har vært et **delmål** å beregne klimagassutslipp for Fornebu utbyggingen.

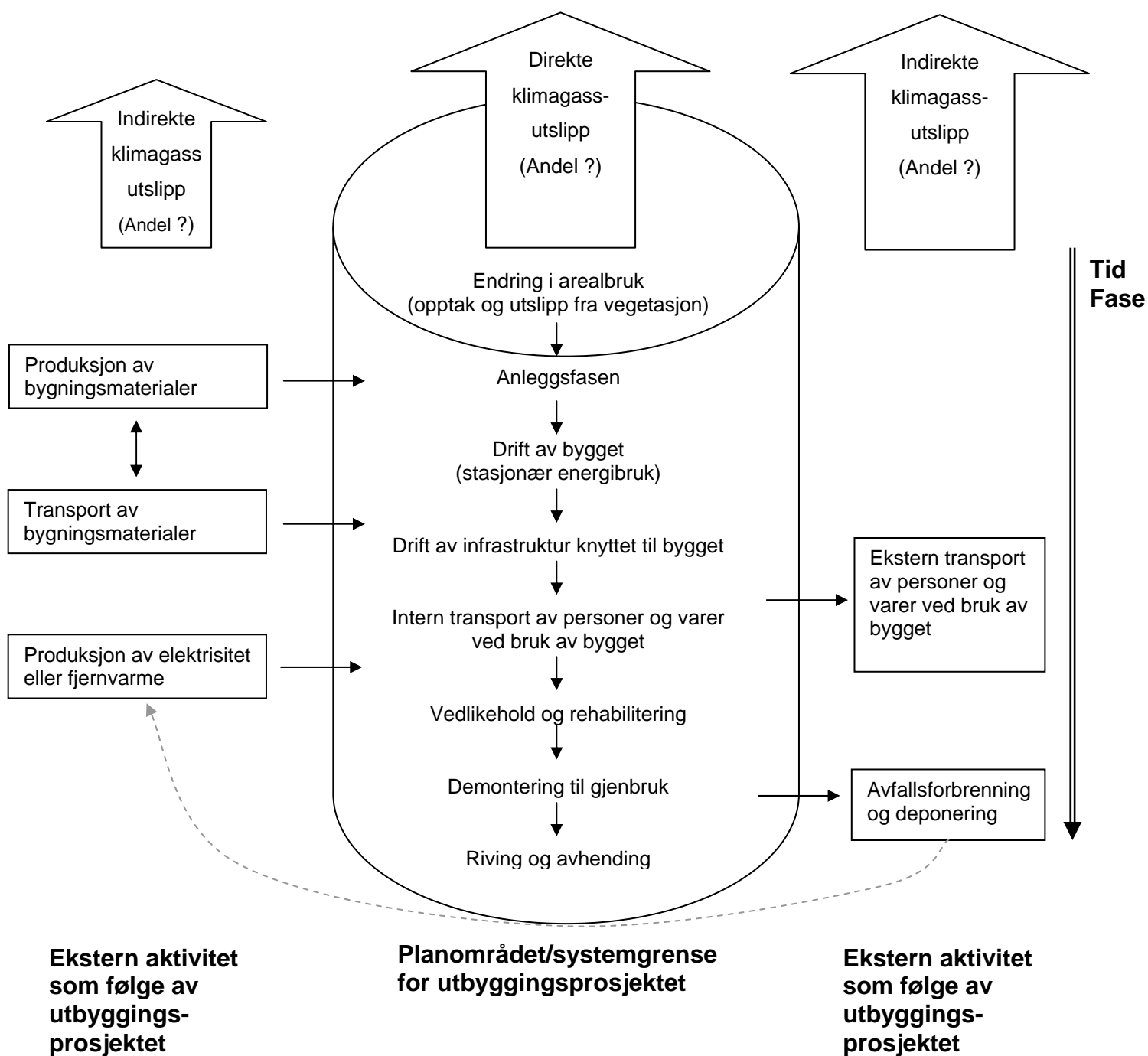
Under arbeidet har det blitt mer og mer tydelig at det også er et ønske å kunne anvende et slikt redskap som basis for benchmarking, drøfte klimatiltak i bransjen, fastsette egne mål for Statsbygg med hensyn til klimagassutslipp, og ikke minst bruke beregningsmodellen i planleggingsfasen av utbyggingsprosjekter slik at prosjektenes klimabelastning i et livsløpsperspektiv blir så lav som mulig.

3.1 Avgrensning av modellens virkeområde

Et utbyggingsprosjekt og bygningen(e) medfører klimagassutslipp fra en rekke aktiviteter og innsatsfaktorer. Materialer skal produseres, fraktes, sammenføres, brukes, gjenbrukes og gjenvinnes eller deponeres. Et utbyggingsprosjekt kan oppdeles i en rekke faser som alle på en eller annen måte har betydning for det resulterende klimagassutslippet:

- produksjon og transport av bygningsmaterialer
- bygg- og anleggsfasen
- endring i arealbruk (omgjøring av skog til bebygd areal eller motsatt)
- stasjonær energibruk ved bruk/drift av bygget og infrastruktur knyttet til bygget (parker, veier, mv.)
- transport av personer og varer ved bruk/drift av bygget
- vedlikehold og rehabilitering
- demontering til gjenbruk
- riving og avhending

Utslippene kan betegnes som direkte og indirekte utslipp. Direkte utslipp skjer der bygget geografisk er lokalisert og innenfor et definert planområde. De indirekte utslippene skjer utenfor planområdet, men som følge av produksjon av materialer, transport, elektrisitet, avfallshåndtering mv. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 4. Figur 3.1 gir en oversikt over sammenheng mellom aktiviteter, innsatsfaktorer og utslipp av klimagasser. Det er denne tenkningen som ligger til grunn for oppbygning av modellen www.klimagassregnskap.no.



Figur 3.1: Direkte og indirekte utslipp fra et utbyggingsprosjekt, livsløpsperspektivet.

3.2 Modellstrukturen, anvendelse og begrensninger

Det er utviklet en webbasert beregningsmodell: www.klimagassregnskap.no.

Beregning av klimagassutslipp i livsløpet til et utbyggingsprosjekt er en kompleks og sammensatt beregning, og man skal ha kjennskap til mange fagområder for å få et fullstendig utslippsbilde, jf. drøftingene i kapittel 4. De fleste beregningene er imidlertid enkle rent matematisk, selv om de bakenforliggende forutsetninger og beregninger er mer kompliserte.

Beregningsmodellen er først og fremst en måte å systematisere store datamengder og kompliserte forutsetninger, og koble sammen ulike sider av et utbyggingsprosjekt.

Modellen (versjon 1.0) er bygget opp av fire moduler som beregner utslipp forbundet med materialbruk, konstruksjons- og anleggsfasen, stasjonær energibruk i drift og transport i drift av bygget. Se figur 3.1 for en illustrasjon av hovedstrukturen og oppbygningen av modellen. De enkelte modulene gjennomgås i egne kapitler.

Modellen er webbasert slik at oppdateringer av underliggende data kan foretas sentralt. Ved oppdateringer vil også tidligere beregninger av enkeltprosjekter oppdateres. Prosjekteier (innlegger av data) bestemmer selv hvem som skal ha tilgang til beregningene og resultatene.

Modellstrukturen er fleksibel og den kan utvides med flere moduler, f.eks. opptak/utslipp fra endret arealbruk, etter hvert som grunnlagsdata og metodikk er tilgjengelig eller utviklet (jf. figur 3.2).

Vårt utgangspunkt i oppbygningen av modellen har vært at det er prosjekteier som skal dokumentere prosjektets klimagassutslipp etter at prosjektet er gjennomført. Inngangsdata skal hentes fra kjente mengderegnskap, energiregnskap, transportarbeid, mv. Det beste utgangspunktet som gir de mest nøyaktige resultatene er derfor et avsluttet mengderegnskap for alle faser av et utbyggingsprosjekt.


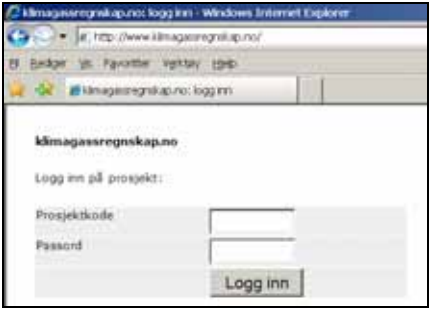
Under arbeidet har det imidlertid blitt tydeligere at Statsbygg og andre aktører også ønsker seg et beregningsverktøy som kan anvendes i ide- og planleggsfasen av prosjekter. Det har vært en utfordring å forsøke å møte dette ønsket og samtidig ivareta en mer detaljert regnskapstekning.

Hver av modulene har en struktur tilpasset hvilke muligheter det er for å innhente data fra byggeprosjekter, men det er også tatt hensyn til hvilke parametere som byggherre/prosjekteier kan påvirke og som har betydning for prosjektets klimagassutslipp.

Modellversjon 1.0 er likevel bare delvis egnet til å bruke som planleggingsverktøy. En tidlig skisse eller plangrunnlag kan anvendes hvis dette inneholder tilstrekkelige med informasjon om aktuell lokalisering, bygningsfunksjoner, foreløpige mål for energibehov og -forsyning, overslagskalkyler for materialbruk i bygget(ene), parkeringstilgang, kollektivbetjening, mv. Ved å endre en og en av de sentrale forutsetningene og oppdatere beregningsmodellen, kan man få fram hvilke valg som har betydning for dette prosjektets klimagassutslipp. Denne anvendelsen vil gi overslagsberegninger som kan være viktig informasjon som kan brukes til å justere prosjektet i mer klimagassvennlig retning.

Byggeprosjektets klimagassregnskap vil imidlertid først kunne beregnes når alle faktorer og parametere er kjent etter at prosjektet er ferdigstilt og i drift. Det vil da foreligge en FDV-dokumentasjon med et materialmengderegnskap, et

drivstoffregnskap for anleggsfasen, og etter noe tids drift vil det være oversikt over turproduksjon og transportmåte (for eksempel gjennom en lokal reisevane undersøkelse, RVU), mv.



www.klimagassregnskap.no

Innlogging:
Du bestemmer selv prosjektnavn og passord for prosjektet.

Resultater vi kun være tilgjengelig for deg og for de du ønsker skal kunne legge inn data, endre data eller bare se på resultatene.

Det er ikke lagt opp til at resultater fra de enkelte prosjektene skal samles og presenteres for andre som bruker modellen.

Etter innlogging kommer du inn på en introduksjonsside som gir deg en kort beskrivelse av hva denne modellen kan brukes til, en oversikt over modulene og hvordan du skal komme i gang.

Første trinn skal alltid være arket "Generelt"!

Generelt
Det er en forutsetning for at modellen skal fungere at det her legges inn data i de tre følgende arkene:

- 1.1 Beskrive prosjektet rent verbalt (kun for å huske/vis hvem som er prosjekteier, hva prosjektet er og hvor det ligger, mv.)
- 1.2 Angi arealfordeling i utbyggingen. Det skal angis hvor mange m² utbyggingen vil omfatte av ulike bygningskategorier. Kategoriene følger TEK2007.
- 1.3 Andre forutsetninger. Det skal angis gjennomsnittlig m² per bolig, m² per kontorarbeidsplass, osv. samt antall personer per bolig.

Når dette er gjort kan man gå videre inn i de andre modulene. Disse er uavhengig av hverandre og man kan godt velge kun å bruke en av dem.

2. Materialer
3. Anleggsfasen
4. Stasjonær energi
5. Transport

Utslippsfaktorer
Her kan utslippsfaktorer for elektrisitet og fjernvarme endres. Andre faktorer er forhåndsdefinert i tilknytning til de andre modulene og kan ikke endres av den enkelte innlegger.

Ønsker man at det ikke skal beregnes utslipp fra elektrisitet settes denne til null (0). I motsatt fall settes den til for eksempel OECD-gjennomsnitt, norsk gasskraft eller lignende.

Fjernvarme (FV) faktoren vil variere i forhold til hvilket FV-system man er tilknyttet. Opplysninger fås fra FV-leverandøren.

Sammendrag
Arket samler hovedresultater i noen få oversiktlige tabeller. Disse kan kopieres til et excel-ark for figurlagging.

Delresultater kan også hentes fra de enkelte modulene i noe mer detalj, spesielt i materialmodulen.

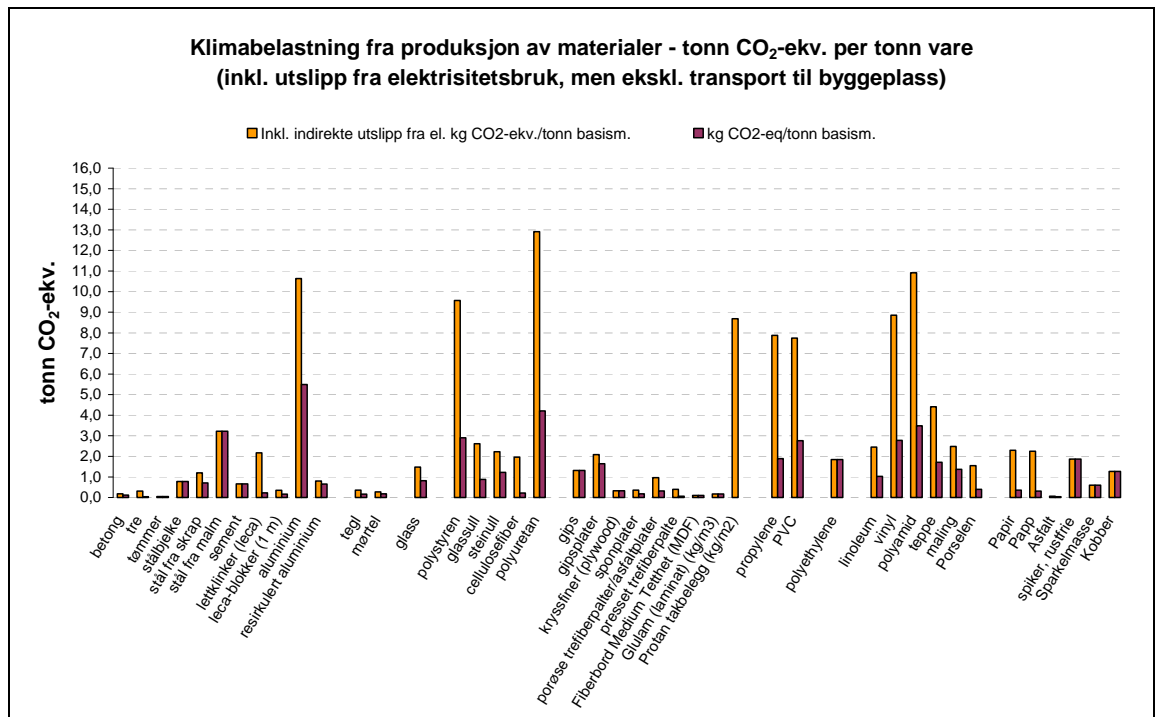
Figur 3.2: Hovedstrukturen i modellen www.klimagassregnskap.no, klimagassberegninger for bygg- og eiendomsprosjekter

3.3 Materialmodulen – klimagassutslipp knyttet til materialbruk i bygg

Utslippsfaktorer

Materialmodulen slik den fremstår i versjon 1.0, inneholder utslippsfaktorer for 43 basismaterialer og vårt anslag er at ca 80 prosent (vekt) av materialbruken i et bygg er dekket gjennom disse materialene. Faktorene er hentet fra nasjonale og internasjonale studier og oppgitt som utslipp per tonn eller kg av et basismaterial. Det anvendes i hovedsak europeiske gjennomsnittstall.

Med basismaterial menes rene materialer som glass, aluminium, tre, stål, stein, osv. Utslippsfaktorene inkluderer utvinning og transport av råvarer samt produksjonsprosessen fram til et basismaterial. En oversikt over utslippsnivåene er vist i figur 3.3. Forutsetninger og kildehenvisninger for utslippsfaktorene er nærmere beskrevet i vedlegg 3.



Figur 3.3: Klimagassutslipp fra produksjon av bygningsmaterialer.

Klimagassutslipp fra materialbruk skyldes:

- utvinning og transport av råvarer
- foredling og produksjon til basismaterialer og bygningsdeler
- transport til byggeplass
- håndtering ved utskifting/riving

Utslipp fra materialbruk i et bygg skjer dermed som en konsekvens av de materialene som velges til konstruksjonen.

Materialmodulen (V 1.0) omfatter kun utslipp fra de to første punktene ovenfor. Det anvendes i hovedsak europeiske gjennomsnittstall. Det ville vært en omfattende oppgave å inkludere produsentspesifikke data for alle materialgrupper. Vi har ikke funnet det hensiktsmessig å gjøre dette i versjon 1.0 av modellen. Kanskje skal det uansett overlates til produsenter å fremlegge Environmental Product Declaration, EPDer, som viser blant annet hvor stort utslippet er fra deres produksjonsprosess.

De to siste punktene er ikke inkludert i utslippsfaktorene eller i klimagassregnskapsmodellen forøvrig. Det er en svakhet at spesielt transport fra produksjonssted til byggeplass ikke er inkludert. Det er imidlertid relativt enkelt å beregne klimagassutslippet fra transport av materialer. Denne kan og bør foretas av prosjekteier i forbindelse med valg av produsenter. Det er spesielt de tunge og volummessig store bygningsdelene og -elementene hvor det er viktig å vurdere transportavstander, jf. drøftingen og eksemplene i kapittel 4.

Omregning fra bygningsdel til utslipp

En bygningsdel, for eksempel vindu, dør, vegg, gulv, består ofte av en sammensetning av en rekke ulike basismaterialer. Bygningsdelen er enten prefabrikkert eller konstrueres på byggeplassen. En stor utfordring har vært å finne en god og konsistent måte å knytte utslippsfaktorer til disse sammensatte bygningsdelene og prefabrikkerte bygningsselementene.

Modulen inneholder en beregningsrutine som dekomponerer bygningsdeler og -elementer til basismaterialer som kobles til utslippsfaktorene. På denne måten beregnes det klimagassutslipp per bygningsdel og/eller -element. Beregningene foretas med standard dimensjoner hvis ikke annet er valgt ved innlegging av data.

Den som legger inn dataene kan under angivelse av for eksempel "yttervegger, glassfelt", spesifisere dimensjonene på vinduer ved å velge andel treverk, tykkelse på glass og tykkelse for treverk. Lignende valg kan også foretas for de andre bygningsdelene.

Materialmodulen, startsidene og hovedstrukturen, er vist i figur 3.4. Det er to mulige innganger til beregningen:

- basismaterialer (ark 2.0 i modulen)
- bygningsdeler og -elementer (arkene 2.1 til 2.8 i modulen)

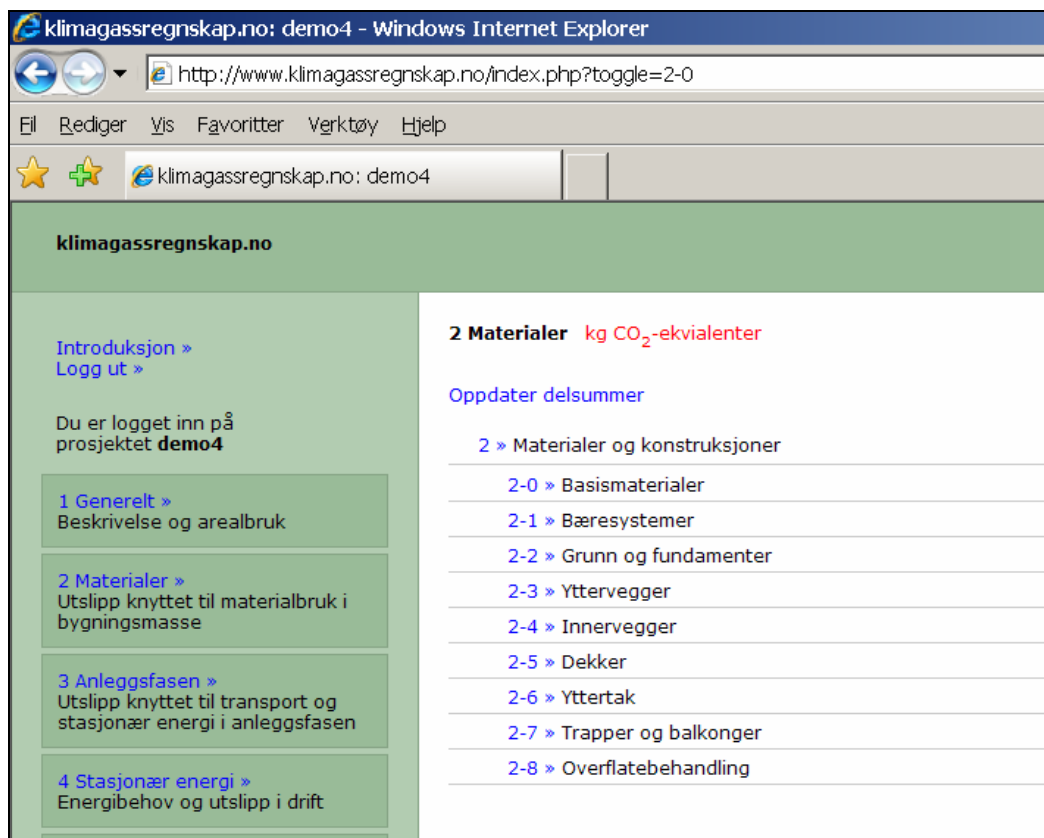
Den første måten krever at man foretar en dekomponering av alle bygningsdeler og -elementer utenfor modellen og beregner mengder av ulike basismaterialer.

Den andre måten er å bruke mengdeberegninger fra kalkyler og beskrivelser direkte. Det kreves da en enklere sammenstilling pr. bygningsdel (mengder eller volum) som må foretas utenfor modellen. Disse mengdene kan så legges inn som totalt antall m² vinduer, m³ betong, m² gipsplater, m² bindingsverk, m² isolasjon, osv., osv.

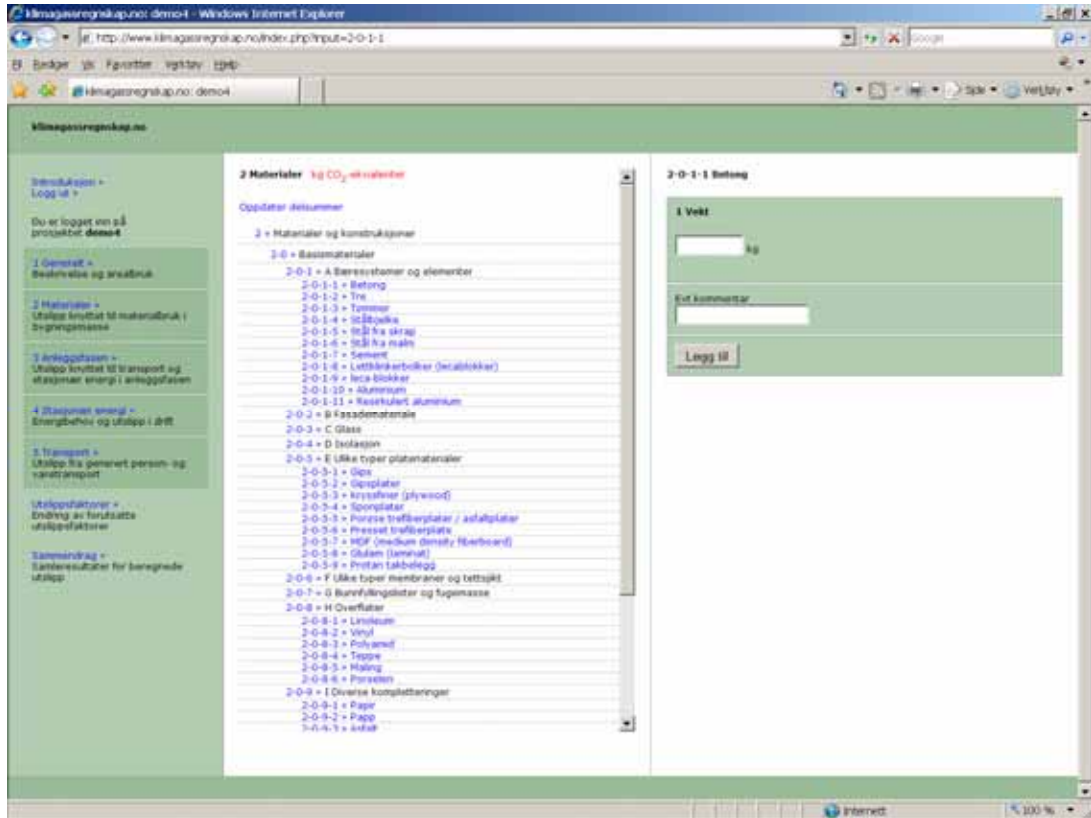
Man kan bare velge en av dem, hvis ikke blir det dobbeltregning.

Det er viktig å huske at levetidsbetraktninger og transportavstand fra produksjonssted til byggeplass foreløpig ikke er inkludert i beregningen. Se drøfting i kapittel 4.

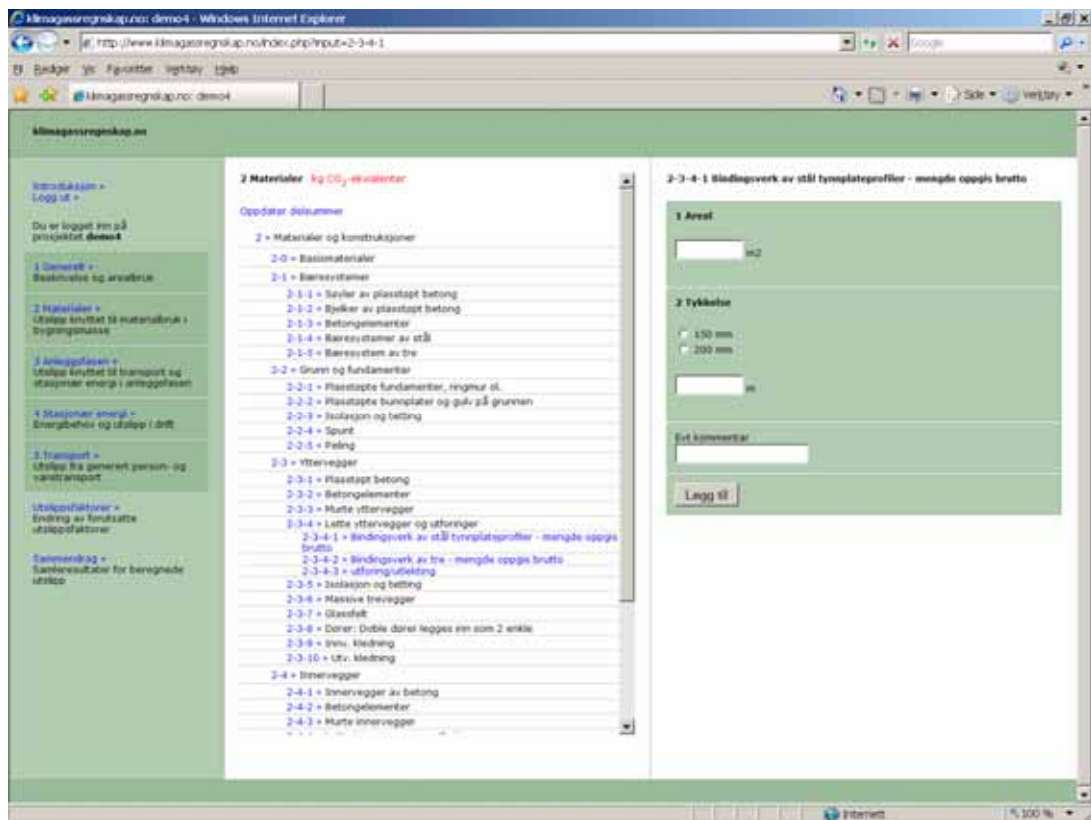
Modulen kan brukes iterativt til å teste ut ulike kombinasjoner av bygningsdeler. Dette gir unike muligheter til å vurdere og å velge materialer/produkter som gir de laveste utslippene, gitt de forutsetninger som ligger i modellen. Figur 3.5 viser eksempler på det videre hierarkiet i modulen. En mer detaljert gjennomgang av arbeidsopplegget og struktureringen av data i oppbygning av modulen er gitt i vedlegg 3.



Figur 3.4: Materialmodulens startside. Man velger enten å legge inn data som basismaterialer (2.0) eller som bygningsdel og -elementer (2.1 til 2.8). Den ene måten utelukker den andre.



a) Inngang for innlegging av data via 2.0 >> Basismaterialer.



b) Inngang for innlegging av data via 2.1 til 2.8 ulike bygningsdeler og –elementer

Figur 3.5: Hierarkiet i materialmodulen. Eksempler på hvordan data legges inn.

3.4 Anleggsfasen – klimagassutslipp fra transport, anleggsmaskiner, mv.

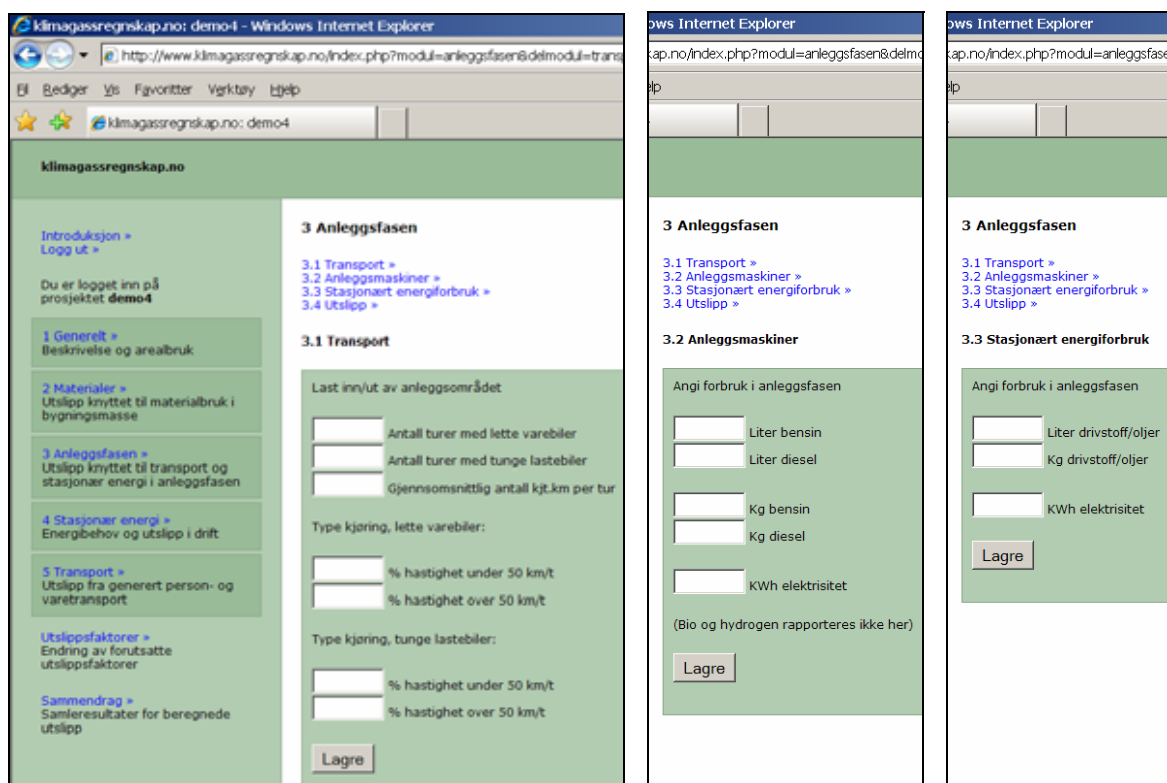
Modulen er bygget opp av tre kategorier energibruk, se figur 3.6:

- Transport med lette og tunge kjøretøy
- Bruk av anleggsmaskiner som gravere, dosere, borerigger, kraner, etc.
- Stasjonær energibruk som dieselaggregater, byggtørker, lys, etc.

Dette er rett fram og enkle beregninger, men man er avhengig av innrapporterte data (gjerne per år). Det betyr at det kreves registreringer under arbeidets faser og en god oversikt over byggeplass og aktivitetene som til en hver tid pågår.

Det er vanskelig å foreta beregninger av utslipp fra anleggsfasen i forkant av utbyggingsprosjektet. Erfaringstall fra tilsvarende prosjekter kan anvendes.

Utslippsfaktorer er tilknyttet de ulike energivarene som inngår; autodiesel, bensin, gass(LPG) og elektrisitet.



Figur 3.6: Klimagassregnskapets modul for anleggsfasen. Tre hovedkilder til utslipp er transport, anleggsmaskiner (arbeidsmaskiner) og stasjonær energibruk. (bilder av sidene slik de fremstår i modellen, de er beskåret).

3.5 Stasjonær energibruk – klimagassutslipp fra drift av bygninger

Klimagassutslipp fra stasjonær energibruk fra et bygg i drift er avhengig av netto energibehov og hvilke energikilder som anvendes i energiforsyningen. Det er en rekke faktorer som spiller inn på netto energibehov, blant annet:

- bygningsutforming, f.eks. m² glassfasader,
- isolasjonstykkelse i vegger, tak og gulv
- belysning og solskjerming

- plassering av bygget i forhold til lokaltopografiske og -klimatiske forhold
- bygningens funksjon, f.eks. bolig, sykehus, mv.

Modulen er ikke lagt opp til å studere disse faktorene i detalj. Det henvises til egne energimodeller til dette formål. (for eksempel Dokka, m.fl., 2005)

Siktemålet med Klimagassregnskapsmodellen er å beregne klimagassutslipp fra stasjonær energibruk basert på inngangsdata om energibehov eller målt energibruk, valg av energikilde/bærer og oppvarmingsløsning. Se figurene 3.7 og 3.8 for en illustrasjon av oppbygning av modellen og innlegging av data.

Teknisk forskrift, revidert og trådt i kraft 1. februar 2007, og arbeider i tilknytning til denne angir krav til netto energibehov som kWh/m²/år for en rekke bygningskategorier. Teknisk forskrift angir kravet beregnet for Oslo klima, eller klimasone 1, Sør-Norge innland.

Modulen inneholder de samme bygningskategoriene som teknisk forskrift. Hvis det ikke foreligger målt energibruk, kan netto energibehov justeres i forhold til den klimasonen bygget er plassert. På denne måten kommer man noe nærmere hva som blir reel energibehov til oppvarming i en driftssituasjon (figur 3.7b).

Før utslippene beregnes må man angi hvor mye av total energibruk (energiebehov) som anvendes til el-spesifikke formål, dvs. det som må forsynes med elektrisitet fra nettet, for hver enkelt bygningskategori. Resterende energibehov går til oppvarming/kjøling (figur 3.8, ark 4.3).

Det er stor fleksibilitet i valg av oppvarmingsmåte og energikilde/forsyningsmåte, og beregningsmodulen inneholder muligheten til å spesifisere løsninger. De mest aktuelle valgene er tilgjengelig i Modellversjon 1.0; elektrisitet, fjernvarme, oljekjel (lett eller tungolje), naturgass-kjel, LPG-kjel, bio-kjel og vedovn/peis (se figur 3.8, ark 4.4).

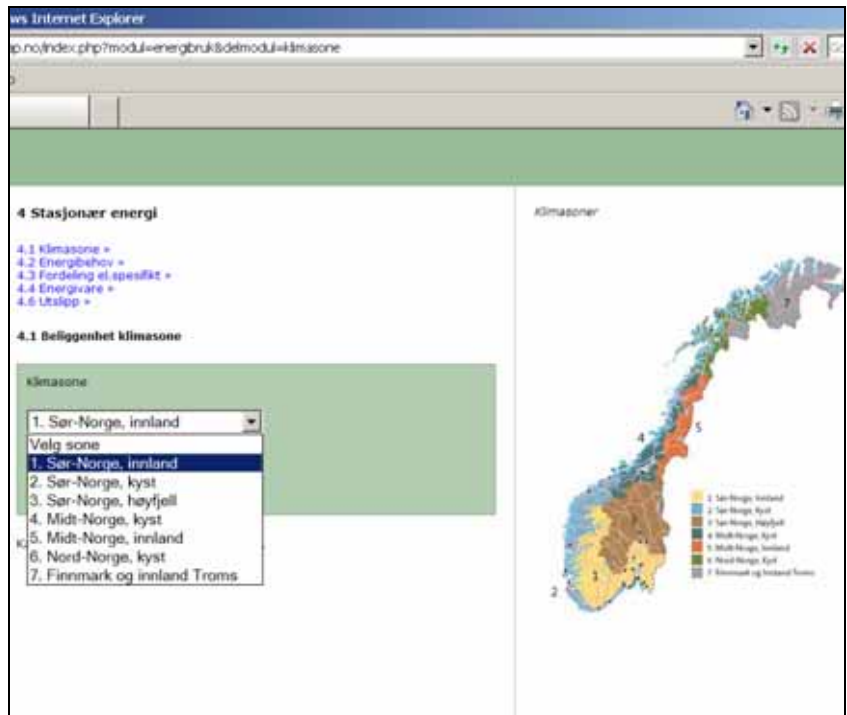
Det beregnes bruk av energivare (volum, vekt) til oppvarming der det er tatt hensyn til virkningsgrader for de ulike oppvarmingsalternativer. Energivaren knyttes så til standard utslippsfaktorer. Faktorer er hentet fra SSBs nasjonale utslippsregnskap, se figur 3.9.

Fjernvarmefaktoren må imidlertid beregnes konkret for hvert enkelt prosjekt basert på opplysninger fra fjernvarmeleverandøren, dvs. opplysninger om hvilke energimiks som inngår i produksjonen. Denne faktoren legges inn i et eget ark: "Utslippsfaktorer". For Fornebu opplyser Bærum fjernvarme at hovedkilden er sjøvarme og varmepumper som drives med elektrisitet, men at det inngikk ca 5 prosent olje/fossilt i 2005/2006 sesongen. Det er forventet at andel fossilt vil ligge på ca 10 prosent ved full utbygging, se figur 14. Faktorer for FV vil ofte variere fra år til år avhengig av spisslastbehov og prisforhold. Hvis man ønsker et årlig regnskap basert på målte verdier av energibruken så må man innhente opplysninger fra FV-selskapene ved slutten av året.

Modellen gir også anledning til å beregne indirekte utslipp fra elektrisitetsbruk ved å legge inn en utslippsfaktor for elektrisitet i arket: "Utslippsfaktorer". Se for øvrig drøftingen av denne problemstillingen i kapittel 4.



a) Startside



b) Ark 4.1 valg av klimasone

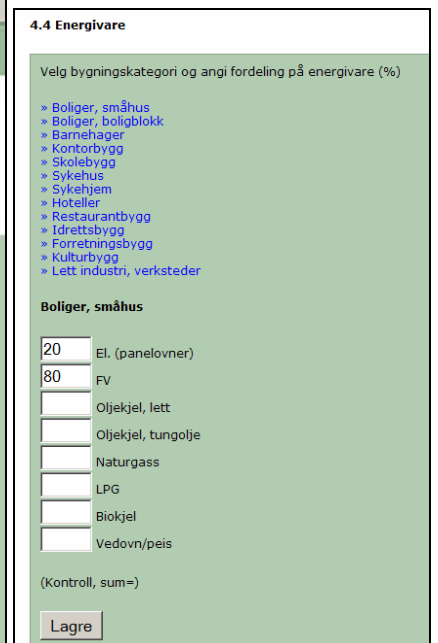
Figur 3.7: Stasjonær energi for bygg i drift. a) Utsnitt av startside som viser fem underliggende ark hvor data skal legges inn. B) Utsnitt av ark 4.1 hvor valg av geografisk plassering foretas i hht. en inndeling i klimasoner for Norge.



Ark 4.2

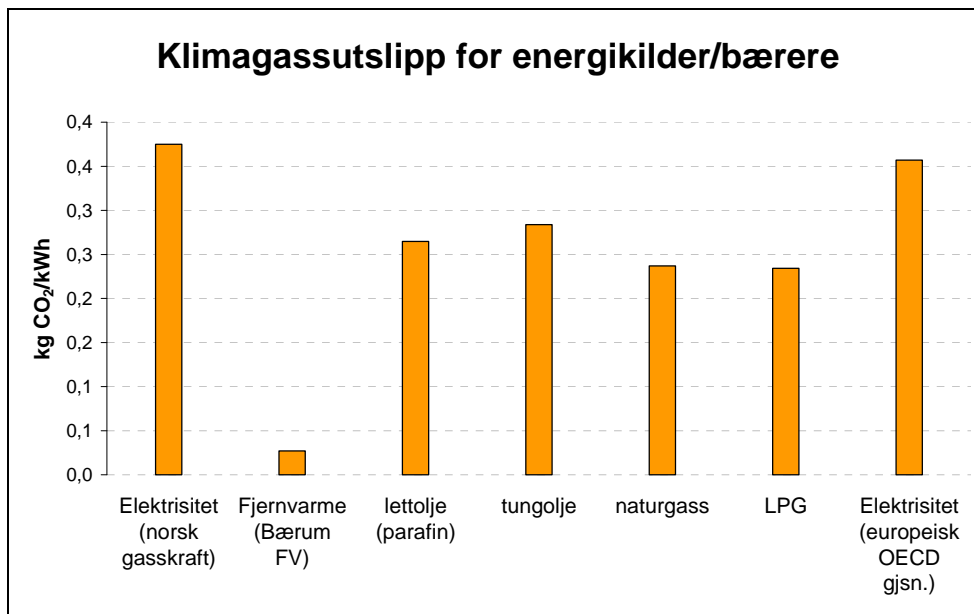


Ark 4.3



Ark 4.4

Figur 3.8: Stasjonær energibruk og klimagassutslipp. I ark 4.2 angis netto energibehov for aktuelle bygningskategorier. I ark 4.3 angis prosentandel av totalt netto energibruk som anvendes til el-spesifikke formål. I ark 4.4 angis valg av energivare/forsyning til oppvarmingsformål for hver enkelt bygningskategori.



Figur 3.9: Utslippsfaktorer fra energikilder/bærere som er alternative valg i modellen.
Referanser: SSB, 2007; Bærum FV, 2007 og IEA, 2007.

3.6 Transport – klimagassutslipp fra transport generert av bruken av bygningene

Klimagassutslipp fra transport er forbundet med motorisert transportbehov og bruk av fossilt drivstoff som bensin, diesel, naturgass, LPG, mv. Ved fremtidig overgang til andre drivstoff basert på fornybare råvarer som biodiesel, bioetanol, hydrogen, mv., vil utslipp per kjt.km reduseres. Hovedtrekkene i modulen er beskrevet nedenfor, mens en mer detaljert gjennomgang foretas i vedlegg 4.

Modulen tar utgangspunkt i volum utbyggingsareal fordelt på tre arealbrukskategorier. Dette er en omregning fra utbyggingsvolum angitt innledningsvis i ark "1.0 Generelt", se figur 3.2. For hvert arealbruksformål framkommer det en turproduksjon per arealenhet, som er hentet fra nasjonal RVU. Fem reisehensikter er lagt til grunn, se figur 3.10 Ark 5.1. Antall turer per reisehensikt kalkuleres per arealbruksformål. Disse summeres til et samlet antall turer per reisehensikt til/fra utbyggingsprosjektet (sum alle arealbruksformål). Turproduksjonen kan korrigeres i forhold til prosjektets beliggenhet til storbysentra.

For de ulike reisehensikter beregnes reisemiddelfordeling mellom privatbil, kollektivt, gang/sykkel. Annen fordelingen kan legges inn hvis det foreligger en lokal RVU eller lignende undersøkelser. Se figur 3.10 Ark 5.2. I dette arket oppgis også en del andre forutsetninger for de videre beregningene, for eksempel andeler av kjt.km på vegnett med fartsgrense over og under 50 km/t, turlengde og personantall (belegg) for de ulike reisemidlene. Det ligger standardverdier i modulen basert på angitt geografisk lokalisering.

Standard verdiene for reisemiddelfordeling kan korrigeres ved valg av parkeringspolitikk knyttet til det bestemte prosjektet. Fri parkeringstilgang medfører økt antall bilreiser og redusert antall kollektivreiser og gang/sykkelreiser, mens P-avgift gir redusert tilgang og reduksjon i bilreiser (se figur 3.11, Ark 5.3).

På bakgrunn av punktene 1 til 5, beregnes personkilometer med bil og kollektiv per virkedøgn og år, og det foretas en omregning til kjt.km per år basert på antall

personer per bil og buss. Det er lagt inn en faktor hvor skinnegående kollektivtransport som fratrekkes personkm kollektivt, før kjt.km buss beregnes.

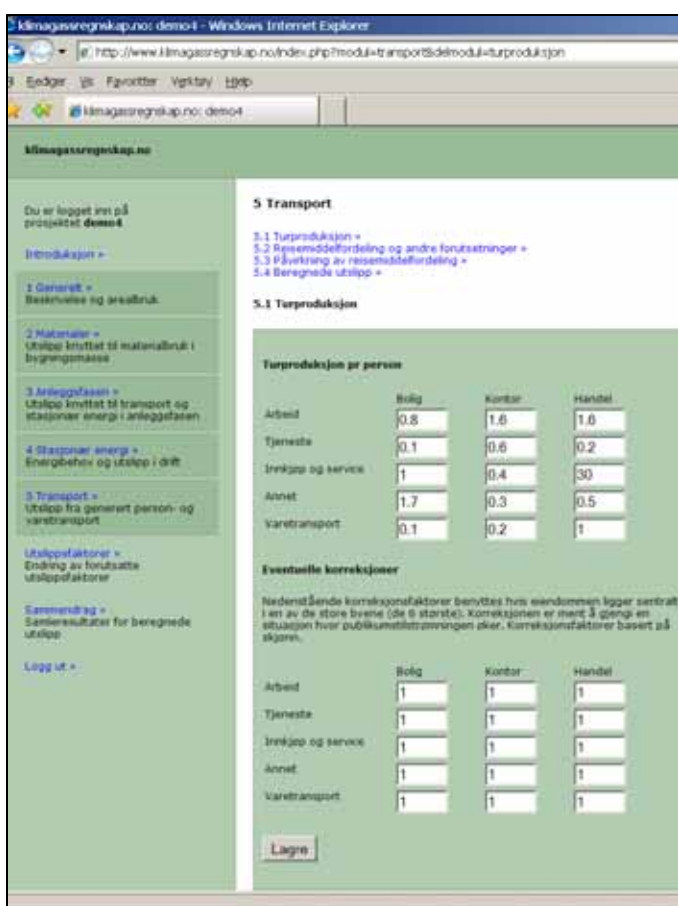
I bakgrunnen av beregningen legges det inn en variasjon avhengig av geografi, lokalisering i forhold til bykjerner, mv.. Geografisk variasjon berører som nevnt turproduksjon for næring, reisemiddelfordeling persontransport og reiselengder.

Det er kun regnet på daglige reiser (ikke lange reiser). En gjennomgang av lange reiser knyttet til bolig og arbeidsplass kan imidlertid også foretas i en neste versjon av modulen.

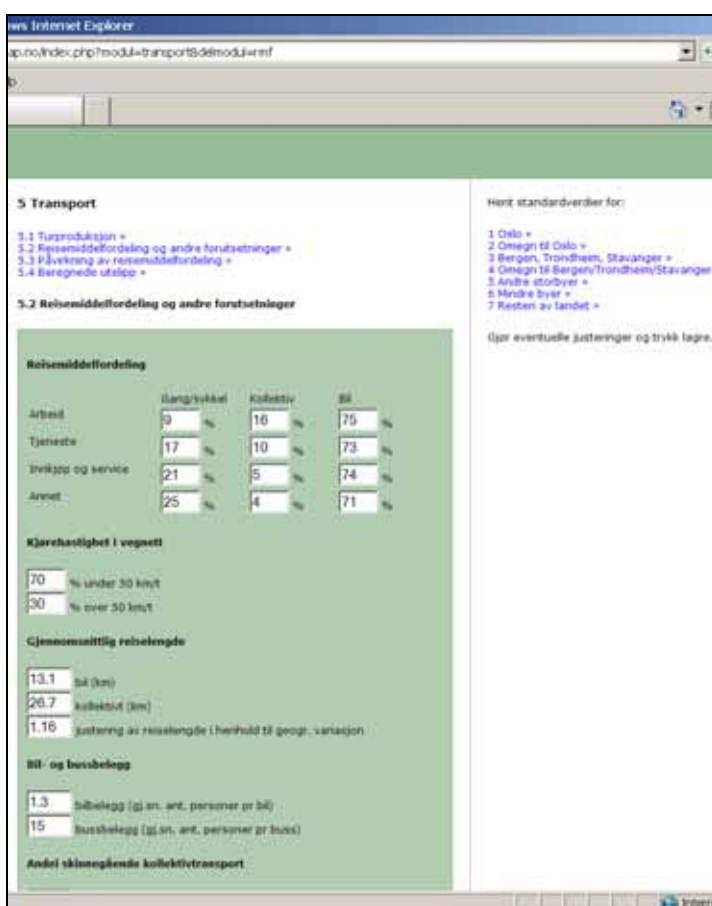
I og med at en reise alltid har både et start- og målpunkt er kun halvparten av reiseaktiviteten bokført på prosjektet. Vi har ikke grunnlag for å velge noen annen fordeling av reisens lengde enn å si at den tilordnes like store andeler til start- og målpunkt.

Utslippsfaktorer tilknyttes de ulike reisemidlene. Hovedalternativet i beregningen er bruk av fossilt drivstoff (diesel/bensin) og elektrisitet. Det er lagt opp til å foreta valg av andeler alternative drivstoff som gass, hydrogen, biodiesel, bioetanol, mv., etter hvert som dette blir aktuelt og overgangene skjer.

Resultatet angis med en utslippsfordeling på privatbil, kollektivt og varetransport. Se figur 3.11 Ark 5.4

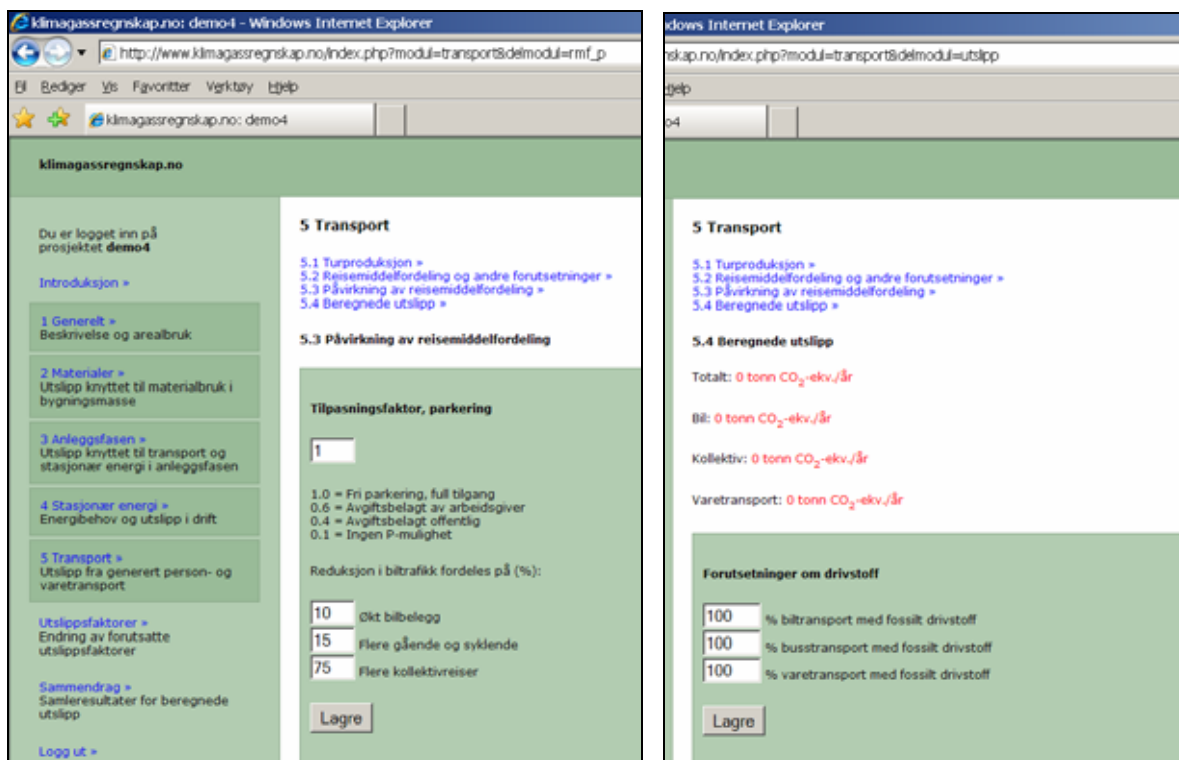


Ark 5.1 Turproduksjon mm.



Ark 5.2 Reisemiddelfordeling mm.

Figur 3.10: Transportmodulen. Ark 5.1 Turproduksjon, med korreksjonsmulighet for beliggenhet i storbysentra, og Ark 5.2 Reisemiddelfordeling og andre forutsetninger (bilbelegg, kjørehastigheter og turlengder)



Ark 5.3 Påvirkning av reisemiddelfordeling

Ark 5.4 Beregnede utslipp

Figur 3.11: Transportmodulen. Ark 5.3 påvirkning av reisemiddelfordeling og Ark 5.4 beregnede utslipp.

3.7 "Sammendrag" – Samleresultater for beregnede utslipp

Klimagassregnskapet legger til rette for en resultatrapportering på utslipp per år.

I arket "sammendrag" oppsummeres hovedresultatene i enkle tabeller, se figur 3.12. Klimagassutslippene vises fordelt på hovedkategoriene, dvs. summen fra hver av de fire modulene, og hovedkildene innenfor hver av modulene.

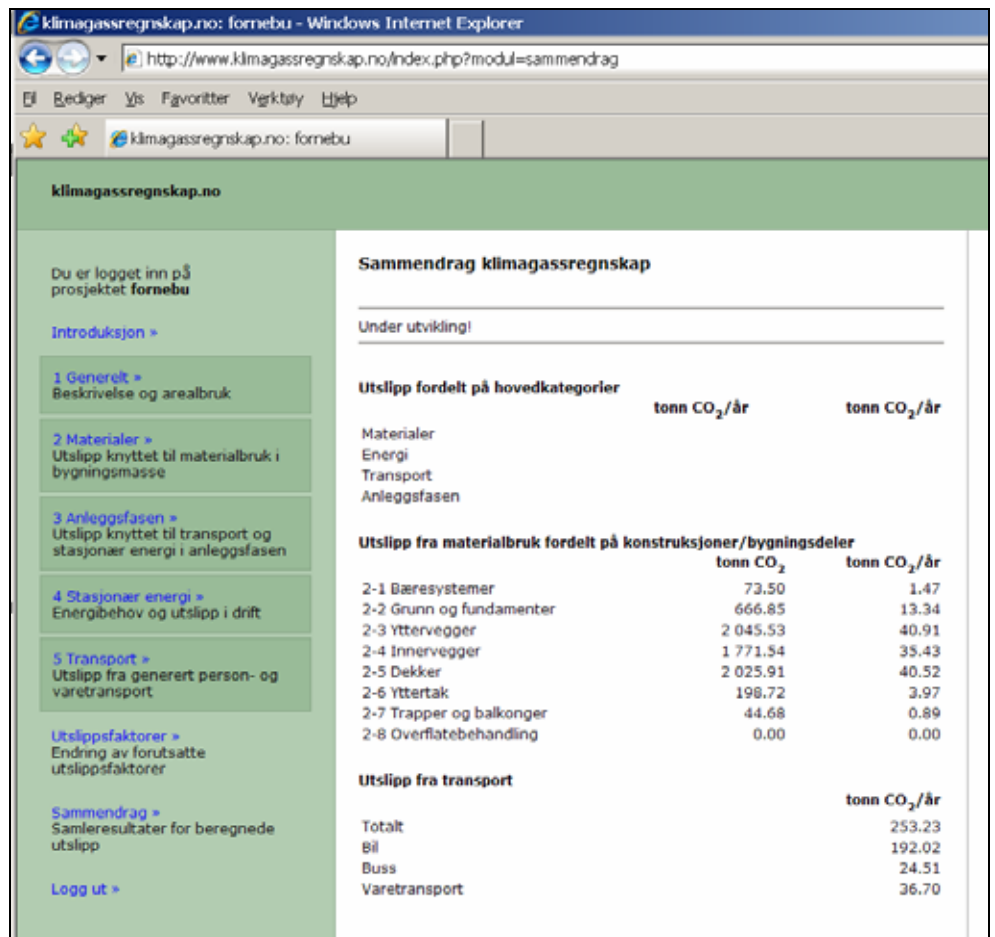
Ønsker man flere detaljerte resultater går man tilbake til de enkelte modulene, spesielt gjelder dette materialmodulen som inneholder en svært detaljert oppsplitting av klimagassutslippene på bygningsdel og –element.

Det er ikke lagt opp til automatisk generering av figurer i versjon 1.0 av modellen. Dette kan brukeren selv gjøre ved å kopiere tabellene inn i et excel-ark.

De årlige utslippstallene kan så divideres på antall m² bolig eller kontor, antall bosatte eller arbeidstagere, antall m² eiendomsareal, osv.

Det er også en unik mulighet til å sammenligne utslipp fra ulike deler av et bygg.

Etter hvert som ulike typer prosjekter og byggverk blir beregnet på samme måte skal det være mulig å komme fram til typiske tall som kan danne grunnlag for benchmarking og å etablere mål for årlig klimagassutslipp fra et utbyggingsprosjekt (bygg).



Figur 3.12: Sammendrag av sluttresultater i tabeller.

4 Beregning av klimagassutslipp fra et utbyggingsprosjekt – generelle problemstillinger

4.1 Direkte utslipp

De direkte utslippskildene kan oppsummeres som:

- Olje og gass til stasjonære formål (oppvarming og kjøling) enten desentraliserte eller sentraliserte løsninger, men i nær tilknytning til bygget
- Drivstoff til person- og varetransport innenfor planområdet ved drift av bygget
- Drivstoff til anleggsmaskiner og transport av byggematerialer og masser i anleggsfasen

Utslipp av HFK'er fra kjøleanlegg kan også forekomme som direkte utslipp, men er ikke inkludert her da det anses som et lite fremtidig problem da gassene substitueres med andre alternativer. Dette kan eventuelt vurderes i en senere versjon.

Beregningen foretas på grunnlag av data om energibruk og valgt energikilde/bærer. For oppvarming og kjøling vil følgende informasjon være tilstrekkelig:

- kWh/m²/år (energibruk – netto energibehov)
- olje, gass, kull, el, bio, mv. (energibærer)
- kg CO₂-ekv./kWh (utslippsfaktor inkl. virkningsgrad knyttet til valgt teknologi)

Med hensyn til utslipp fra transport vil følgende data være nødvendig:

- kjt.km per år (turproduksjon som følge av utbyggingen)
- liter per km (energibruk knyttet til valg av teknologi)
- diesel, bensin, gass, bioetanol, mv. (energibærer)
- kg CO₂-ekv./liter (utslippsfaktor knyttet til drivstoff)

4.2 Indirekte utslipp

Indirekte utslippskilder kan oppsummeres som:

- Råvarer til produksjon av materialer
- Olje, gass, kull til produksjon av bygningsmaterialer
- Drivstoff til transport av råvarer og ferdige byggematerialer
- Drivstoff til person- og varetransport utenfor planområdet
- Produksjon av elektrisitet som medgår til oppvarming/kjøling ved drift, el-spesifikke formål ved drift, produksjon av materialer, el-spesifikke formål i anleggsfasen, drift av skinnegående kollektivtrafikk, mv.
- Metanutslipp fra avfallshåndtering

Utslipp fra transport utenfor planområdet beregnes på samme måte som ovenfor, men kun en viss andel av reisens lengde bør tilordnes utbyggingsprosjektet.

Resterende del tilordnes reisemålet. Dette grepet må gjøres for ikke å risikere dobbelttelling. Andelen kan være å dele reisen på 2, men også andre andeler kan velges i den grad det finnes empiriske data.

Utslipp som kan kobles til bygningsmaterialer stammer både fra energibruk til utvinning og transport av råvarer, energibruk i produksjonen og prosessutslipp. Utslipet er avhengig av:

- Råvare og transport av denne til produksjonssted
- Produksjonsprosess
- Energikilde i produksjonen
- Transport fra produksjonssted til byggeplass

Råvaren(e) og andre innsatsfaktorer ved framstilling av bygningsmaterialer gir utslipp ved bearbeiding, men i mange tilfeller blir også karbon bundet i det ferdige produktet. Det bør derfor i livssyklusperspektiv beregnes netto utslipp for alle materialer, dvs. at utslippet ved framstilling fratrekkes det karbon som bindes i produktet. Spørsmålet drøftes nærmere i et eget avsnitt.

Energikilde i produksjonsprosesser er i mange tilfeller elektrisitet, for eksempel er dette forbruket høyt i aluminiumsproduksjon. Elektrisitet produseres fra fornybare energikilder, f.eks. vannkraft, men også fra fossilt brensel som olje, kull og gass. Utslippet for å produsere 1 kWh til anvendelse i aluminiumsproduksjon vil derfor variere mye mellom produksjonssteder avhengig av hvilken el-produksjon som benyttes. Forholdet mellom utslipp fra norsk aluminiumsproduksjon basert på vannkraft og utslippet fra annen europeisk produksjon er 1 til 5, se tabell 4.1. Spørsmålet om el-bruk skal tillegges et utslipp eller ikke drøftes nærmere i eget avsnitt.

Tabell 4.1: Utslippsfaktor kan variere mye fra produksjonssted til produksjonssted. Her vises forskjellen mellom aluminiumsproduksjon i Norge og gjennomsnittsverdi for andre Europeiske land.

Aluminium (Bauxitt)	2.082 kg CO ₂ -ekv./tonn Al	10.634 kg CO ₂ -ekv./tonn Al
Forhold	1	5,1
Referanse	Rapporterte utslipp fra industrien til SFT	Environment Profile Report for the European Aluminium Industry (EEA) 2000

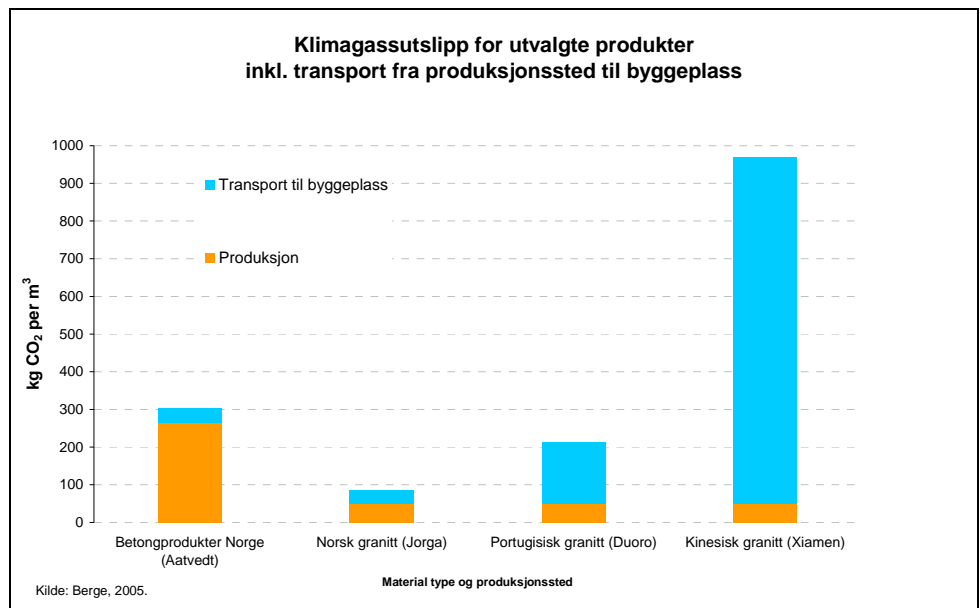
4.3 Transport av materialer fra produksjonssted til byggeplass

Utslipp fra transport kan utgjøre et betydelig utslipp for enkelte materialer som enten er tunge og/eller lette med stort volum. Transportavstanden og transportmåte avgjør størrelsen på utslippet. (Thyholt, 1999; Berge, 2002 og 2005)

Spørsmålet er drøftet av Berge, 2005, i forbindelse med vurdering av klimagassutslipp fra bruk av importert granitt eller innenlands produserte betongprodukter på Fornebu. Resultatet er vist i figur 4.1.

Beregningene (overslag) viser at norsk og portugisisk granitt kommer bedre ut enn norsk produsert betong, og betydelig bedre enn kinesisk granitt. Kinesisk granitt kom dårligst ut pga. transportavstanden. Det var forutsatt samme utslipp per m³ granitt for de tre alternativene.

Tilsvarende data kan frembringes for andre materialer, men det byr på store utfordringer mht. datamengde hvis modellene skal inneholde produksjonssteder og avstander til byggeplass for samtlige bygningsmaterialer. Problemstillingen er viktig og det bør arbeides videre med problemstillingen.



Figur 4.1: Utslipp av klimagasser er størst for granittblokker importert fra Kina pga. lang transportavstand, sammenlignet med tilsvarende produkter fra Norge eller Portugal. Kilde: Berge, 2005.

4.4 Utslipp fra elektrisitet

De internasjonale klimaforpliktelsene Norge har påtatt seg gjennom Kyoto-avtalen er nasjonale. Det vil si at avtalen gjelder for hver nasjon innen nasjonale administrative grenser og som et tallfestet utslippsmål for perioden 2008-2012 sett i forhold til utslippsnivået i 1990.

Indirekte utslipp som oppstår ved netto import av elektrisitet produsert med fossilt brensel vil ikke være relevant i forhold til en oppnåelse av norske utslippsforpliktelse. Det er like fullt relevant for de globale klimaendringene og bør tas med i drøftingen av hvilke tiltaksstrategier som bør velges.

Alle land som inngår i det europeiske el-markedet vil ha utslippsforpliktelse under Kyotoprotokollen. Prisen på importert elektrisitet vil når et godt fungerende kvotemarked er på plass i 2008, inkludere kostnadene som disse landene vil ha for å nå sine utslippsforpliktelse (SFT, 2005). Den langsiktige konsekvensen av denne avtalen vil sannsynligvis være at kondenserende kullkraft (dagens marginalproduksjon) i stor grad fases ut som marginal elektrisitetkilde også i Danmark.

På det tidspunktet CO₂-håndtering blir etablert vil utslipp fra fossil basert elektrisitetsproduksjon bli redusert med ca 80-90 prosent (IPCC, 2006). Regjeringen tar sikte på at CO₂-rensing og deponering vil være på plass senest i 2014. Energieffektivitet og utslippseffektivitet ved produksjon og anvendelse av elektrisitet vil likevel være viktige kriterier ved vurdering og prioritering av tiltak i fremtiden.

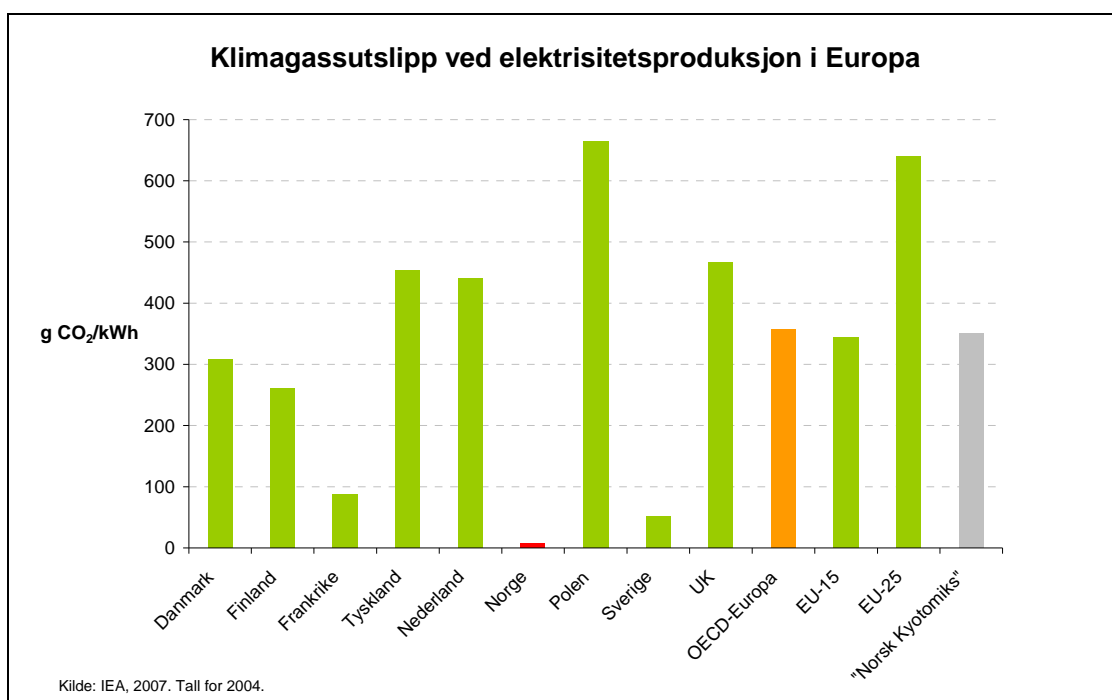
Ønsker vi å se på effekten av tiltak som endrer elektrisitetsbruken og sammenligne dette med tiltak som har direkte utslipp innenfor nasjonale grenser, kan det gjøres ved ulike tilnæringsmåter. Det kan være en gjennomsnittsbetraktning, der utslippet beregnes fra den miks av energibærere som anvendes til elektrisitetsproduksjon i hvert enkelt land eller i det Europeiske markedet. Et annet alternativ er å bruke utslippet fra ny produksjon på marginen, en marginalbetraktning, der det beregnes utslipp fra den sist tilkomne

kraftproduksjonen. Dette vil være ulikt om man beregner for hvert enkelt land eller om man betrakter det europeiske elektrisitetmarkedet.

Bruk av marginalbetraktning ved vurdering av et tiltak som endrer elektrisitetsbruken over kort tidsperspektiv vil generelt gi et mer presist bilde av tiltakets effekt enn gjennomsnittsbetraktninger. Det er imidlertid generelt problematisk å fastslå hvilken marginal som skal benyttes for ulike fremtidige tidspunkter, og spesielt der hvor tiltaket har effekt over lang tid og den marginale produksjonen må forventes å endre seg vesentlig i løpet av tiltakets levetid. Dette er gode argumenter for å anvende en gjennomsnittsbetraktning.

Analysen av klimakonsekvensene av tiltak som endrer elektrisitetsforbruket i Norge kan foretas med forskjellige systemgrenser, og de kan baseres på marginalbetraktninger eller gjennomsnittsbetraktninger. Figur 6 viser eksempler på hva som er CO₂-ekvivalent-utslippet per produsert kWh elektrisitet i utvalgte land i Europa, ved en gjennomsnittsbetraktning, sammenlignet med et norsk gasskraftverk av den typen som bygges på Mongstad.

I dag utgjør kull- og/eller gassbaserte kraftvarmeverk ny produksjon av elektrisitet i Europa. For øyeblikket er kullbasert varmekraft det rimeligste alternativet. I Norge synes det å være gassbaserte kraftverk, der kun deler av varmen utnyttes til industrielle formål (Mongstad), som er mest aktuelt. På denne bakgrunn kan vi trygt si at en marginalbetraktning, vil gi høyere utslippsreduksjon eller økning per kWh, enn en gjennomsnittsbetraktning. (se figur 4.2)



Figur 4.2: Klimagassutslipp fra elektrisitetsproduksjon i utvalgte land. Gjennomsnitt for el-produksjonen i landene. "Norsk Kyotomiks" er antatt ny norsk kraftproduksjon i Kyoto-perioden, dvs. gasskraft uten rensing samt vindkraft og noe ny vannkraft. Kilde for europeiske tall for 2004: IEA, 2007.

Tidligere har det vært vanlig å basere analyser på nordiske systemgrenser, der dansk kondenserende kullkraft har vært den marginale elektrisitetskilden.

Man kan også argumentere med at man skal anvende utslipp fra ny norsk elektrisitetsproduksjon siden Kyoto-avtalen kun operer med nasjonale forpliktelser. For Norges del vil ny kraft i Kyoto-perioden være en kombinasjon av gasskraft uten CO₂-håndtering, vind- og vannkraft (noe bio/avfall). Et "gjennomsnitt av norsk margin" vil gi et klimagassutslipp på anslagsvis mellom 300 og 375 g/kWh

avhengig av hvor mye ny vind og vannkraft som tilkommer. Det høyeste nivået er gasskraftverk på Mongstad uten CO₂-rensing. Det anslås på bakgrunn av statlige mål om bygging av ny vindkraft, ny vannkraft og ny gasskraft at den nye elektrisitetsproduksjon i Norge i Kyoto-perioden, vil gi et utslipp på ca 350 g CO₂-ekv. per kWh elektrisitet.

Det europeiske OECD-gjennomsnittet for elektrisitetsproduksjon var ca 357 g CO₂-ekv./kWh i 2004 (IEA, 2007).

Tiltak som øker eller sparer elektrisitet jevnt over året kan underlegges enten en marginalbetraktning eller en gjennomsnittsbetraktning for all norsk elektrisitetsproduksjon for Kyoto-perioden (inkl. gasskraftverk), eller gjennomsnittet for alle europeiske OECD-land.

Det tas her ikke standpunkt til hva som er den ”riktigste” betraktningen, og det vil være opp til bruker av modellen om utslipp fra elektrisitet skal inkluderes eller ikke.

4.5 Binding av karbon i bygningsmaterialer

Binding av karbon i bygningsmaterialer har betydning for klimagassregnskapet til bygget. Det finnes imidlertid få beregninger og oversikter over hvordan dette skal tas hensyn til. Det er flere forhold som spiller inn i tillegg til mengde karbon som er bundet i materialet, har det også betydning hvor lang levetid materialet har, om det blir gjenbrukt, gjenvunnet eller deponert etter at det er skiftet ut i et bygg. Klimavirkningen av CO₂ beregnes i et 100 års perspektiv i Kyotoprotokollen og i de aller fleste analyser av utslippsreducerende tiltak. Dette betyr at all binding av karbon i materialer må vurderes i forhold til materialets levetid relativt til 100 år.

Regner vi at et tømmerhus står i 100 år eller mer vil det binde karbon tilsvarende 1,8 tonn CO₂-utslipp per tonn tømmer. Brukes standard levetid på 50 år, kan bare ½ av dette godskrives som binding i bygget. Forutsetningen for dette regnestykket er at 50 prosent av trestokken er karbon og at trevirke etter endt bruk i bygget går til forbrenning eller deponering (jf. IPCC, 2006; Berge, 2002).

Det er av enkelte bransjer trukket fram at binding av CO₂ også gjelder andre bygningsmaterialer, f.eks. sement og betong. Sement fremstilles av kalkstein (CaCO₃), ulike oksider (silisiumoksid, aluminiumsoksid, mv.) og gips eller anhydritt. Betong fremstilles av sement tilsatt vann, sand/stein/aske/slagg (ulike tilslag). I denne produksjonsprosessen frigjøres ca 60 prosent av samlet CO₂-utslipp fra råvaren kalkstein og ca 40 prosent fra energibruk i produksjonsprosessen. Når betongen er ferdig og eksponeres for luft starter en langsom motsatt prosess, karbonatisering. Her tas CO₂ opp i betongen og danner igjen en kalkstein. Denne reverserte prosessen er svært langsom og avhengig av tilgang på luft og vann og kvaliteten på betongen, mv., vil denne prosessen pågå i flere hundre år. Noen beregninger for typiske kvaliteter som anvendes i Norge og ved en antatt brukstid av betongen på 100 år, indikerer at ca 33 % av avgitt CO₂ fra kalsineringsprosessen ved produksjon vil tas opp igjen og bindes som kalkstein. Brukstiden i bygget kan være kortere men da må betongen gjenbrukes og fortsatt eksponeres for luft og vann i til sammen minst 100 år. Konklusjonen vil være at netto utslipp fra bruk av 1 tonn sement og betong skal være ca 20 prosent lavere enn brutto utslipp.

Regnestykket vil være (er et grovt estimat):

Utslipp	0,122 tonn CO ₂ /tonn betong, der ca 60 % kommer fra kalsinering
Binding	0,012 tonn CO ₂ /tonn betong, 50 års perspektiv uten gjenbruk
Netto utslipp	0,110 tonn CO ₂ /tonn betong

(se vedlegg 3 for utslippsfaktor for betong)

Vesentlige vurdering som må gjøres for hvert materiale er mengde karbon som er bundet i materialet, om karbonet er organisk eller ikke, materialenes levetid relativt til 100 års perspektivet, andel som gjenbrukes/resirkuleres utover materialets levetid på 50 år.

Det foreligger ikke IPCC-retningslinjer for andre materialer enn tre/tømmer, og det stiller seg noe annerledes for materialer som inkluderer ikke organisk karbon. Det er per i dag ikke tilstrekkelig antall materialer hvor slike vurderinger er foretatt til at det er grunnlag for å legge det inn som automatiserte modellberegninger av et utbyggingsprosjekts klimagassregnskap.

4.6 Opptak eller utslipp av CO₂ på grunn av endret arealbruk der bygget/anlegget bygges

Når det bygges et bygg eller annet anlegg endres arealbruken, og i mange tilfeller er det naturlig økosystem (skog, beitemark, eller lignende) som bygges ned. På denne måten fjernes et CO₂-lager og områdets mulighet til å binde karbon i framtiden. I motsatt fall kan et bebygd areal ved konvertering til en parkskog eller lignende, øke opptaket og bindingen av karbon.

Metodikken for beregninger av binding eller utslipp av arealbruksendringer for større områder er beskrevet i blant annet IPCC, 2004 og 2006. Norsk institutt for skog og landskap utfører i samarbeid med SFT og SSB utvikling og testing av metodikken anvendt på norske forhold. Det er planlagt prøverapportering våren 2007. Hovedopptaket av CO₂ foregår i trærne, men det største karbonlageret finnes i skogsjord, hele 50–60 prosent, mens myr utgjør ca. 35 prosent. Trærne, med stamme, kvist og bar står for ca. 10 prosent, og selve tømmerstokken utgjør ikke mer enn 5–6 prosent av skogens karbonlager (Lavutslippsutvalget, 2006).

Vi bør innrette oss slik at vi i minst mulig grad reduserer disse lagrene. I moderne byggeprosjekter tar man i mye større grad vare på eksisterende vegetasjon enn tidligere, og på langt nær all skog/vegetasjon kuttes ned.

I arbeidet med en klimagassregnskapsmodell for Fornebu og andre utbyggingsprosjekter bør opptak og utslipp som følge av endret direkte arealbruk være inkludert. Det er imidlertid noe tidlig å inkludere denne type beregninger på småskala utbyggingsprosjekter. En modul i et klimagassregnskap for utbyggingsprosjekter legges til en eventuell videre utvikling av beregningsmodellen.

4.7 Bygningers levetid og utslippsberegning per år

Utslipp fra produksjon av materialer som inngår i et byggverk beregnes i utgangspunktet for det/de årene materialene produseres og byggingen pågår, dvs. i år null for et byggverk.

Utslipp fra driften av bygget og transportformål er basert på årlig energibruk til ulike formål.

Et klimagassregnskap kan beregne utslipp per år eller utslipp over hele prosjektets/byggets levetid, for eksempel 50 år som er satt som standard for livsløpsvurderinger (Fossdal, 1999). Det vanlig i nasjonale og internasjonale rapporter er å oppgi utslippene per år (IPCC-guidelines, 2006).

Det er økende omløpshastighet for bygninger, dvs. at de rives og det bygges nytt i et stadig raskere tempo. En svensk undersøkelse viste at 25 prosent av alle leilighetshus som er blitt revet i løpet av de siste 7-8 årene, var yngre enn 30 år

(Norby et al., 2007). I den andre enden er en rekke både bygårder av teglstein og tømmervillaer/våningshus mer enn 100 år. En levetid på 50 år for et bygg kan kanskje være et rimelig kompromiss.

For et klimagassregnskap for utbyggingsprosjekter og bygninger betyr dette at utslipp fra produksjon av materialer skal fordeles ut på byggverkets levetid.

En rekke deler av bygget vil imidlertid skiftes ut tidligere, og det vil være forskjellig hastighet på utskiftning. I et slikt perspektiv bør man beregne klimagassutslippene per år ut fra de ulike materialenes levetid, og ikke byggets levetid. Det innebærer at bruk av materialer og innsatsfaktorer ved vedlikehold også bør summeres inn i byggets materialbudsjett gjennom byggets levetid.

Det er imidlertid begrenset oversikt over materialers levetid og det er ikke bare snakk om den maksimale levetiden, men også ønsket levetiden ut fra økonomisk motivert utskifting og ombygging. Slike forhold er det vanskelig å ”standardisere” i en generell beregningsmodell.

En forenkling er å anvende samme levetid på alle materialer, og å sette dette til byggverkets levetid. Dette vet vi er feil og det vil være i disfavør av bestandige, slitesterke materialer med lang levetid (> 50 år), men som kan ha høye utslipp i produksjon. Imidlertid er bruk av byggets levetid som fordelingsfaktor, det beste man kan gjøre i mangel av konsistente data for levetid for de enkelte materialer og bygningsselementer.

4.8 Utslipp per bygningsdel eller bygningselement – sammenligningsgrunnlag

Det er vanskelig å foreta klimariktige valg kun basert på informasjon om utslipp ved produksjon av materialer. Det er først når det er mulig å sammenligne utslipp per enhet bygningselement at informasjonen kan anvendes. For eksempel utslipp fra to typer lettveggskonstruksjoner som tilfredsstillende samme brann og støykvalitetskrav. I tabell 4.2 er det vist eksempler på beregninger som vi har foretatt med grunnlag i utslippstall per basismateriale. Det er denne tenkemåten, en omregning fra utslipp per kg basismaterial til utslipp per enhet bygningselement, som bør legges grunn.

Resultatene i tabell 4.2 er i seg selv interessante. De viser blant annet betydningen av innslag av resirkulert stål, de store utslagene ulike krav til lydklasser medfører, osv.

Tabell 4.2: Klimagassutslipp for ulike typer innervegger (pr. m² komplett vegg - ekskl. maling)

Oppbygning av vegg - fordeling pr. basismaterial:	m2	m	m3	densitet	kg basis-material	Utslpps-verdi (kg CO2-ekv.)		Utslipp (kg) pr. m2 vegg
						kg pr tonn basismaterial	kg pr kg basismaterial	
Innervegg av betong, 200 mm								
Betong			0,2	2400	480	122	0,122	58,6
Armeringsstål (nytt/resirkulert)					16	3215/710	3,215/0,71	51/11
Forskaling	2		0,04	500	20	40	0,04	0,8
Stål i forskaling			1		1	3215	3,215	3,2
Totalt (nytt/resirkulert stål):								114/71
Innervegg av lettklinker, 150 mm								
Lettklinker	1		0,15	770	115,5	226	0,226	26,1
Armering					0,4	3215	3,215	1,3
Puss begge sider	2		0,024	1700	40,8	185	0,185	7,5
Totalt:								35
Innervegg av stål og gips, EI60/48dB								
Stål i tynnplateprofiler (100 mm, forskjøvet):	1				4	3215	3,215	12,9
Gipsplater (2x13 mm på hver side)	2		0,052	900	46,8	1641	1,641	76,8
Mineralull (50 mm)	1		0,05	20	1	876	0,876	0,9
Totalt:								91
Innervegg av tre og gips, REI30/48dB								
Stenderverk av tre (48x98 mm, forskjøvet):	1		0,012	500	5,88	40	0,04	0,2
Gipsplater (2x13 mm på hver side)	2		0,052	900	46,8	1641	1,641	76,8
Mineralull (50 mm)	1		0,05	20	1	876	0,876	0,9
Totalt:								78
Enkel innervegg av stål og gips, EI30/30dB								
Stål i tynnplateprofiler (75 mm enkelt):	1				1,725	3215	3,215	5,5
Gipsplater (1x13 mm på hver side)	2		0,026	900	23,4	1641	1,641	38,4
Mineralull (1x50 mm)	1		0,05	20	1	876	0,876	0,9
Totalt:								45
Innervegg av glass (møteromsfront)								
Glass (7 mm)	1		0,007	2500	17,5	820	0,82	14,4
Treverk (10% av totalareal, 10 cm tykt)			0,01	500	5	40	0,04	0,2
Stål i detaljer					0,5	3215	3,215	1,6
Totalt:								16
Innervegg av glass og aluminium								
Glass (7 mm)	1		0,007	2500	17,5	820	0,82	14,4
Faste aluminiumsprofiler (antar 2,5 m profil pr. m2 glassveg)		2,5			5	10634	10,634	53,2
Stål i detaljer					0,5	3215	3,215	1,6
Totalt:								69

* de veggtyper som her er angitt har ulike utførelser og funksjoner og kan derfor ikke alltid sammenlignes direkte. F.eks. kan betongveggen være en del av hovedbæresystemet mens andre kun har romskillende funksjon. Videre er den romskillende funksjonen forskjellig - veggene har ulike egenskaper når det gjelder brann- og lydisolering og noen vegger er 'lette' mens andre er gjennomskiktige. Veggens levetider er også ulike - dette gjenspeiles foreløpig ikke i modellen.

4.9 En utslippsreduksjon i dag er bedre enn den samme om 20 år

I et prosjekt gjennomført ved CICERO har man undersøkt hva det betyr å utsette tiltak for reduksjon av klimagasser (Kallbekken og Rive, 2005). Resultatene viste at hvis vi venter 20 år med å redusere utslippene, så må de årlige utslippsreduksjonene være tre til sju ganger høyere for å oppnå samme klimavirkning. Det har derfor en betydning om utslippsreduksjonene skjer tidlig eller seint. Foreløpig er det imidlertid ikke utviklet noen konsistent måte å håndtere dette spørsmålet på.

I den videre utviklingen av metodikken bør dette temaet drøftes og det bør vurderes nærmere om utslippene skal vektas etter når i perioden de skjer (nåverdiberegning og diskontering av utslippene).

Dette henger delvis også sammen med diskusjonen om diskontering av kostnader og nytte ved klimagassreducerende tiltak. Valg av diskonteringsrate er et av de mest omdiskuterte temaene ved økonomiske analyser av klimapolitikk. Skeptikere hevder at diskonteringsprinsippet er ubrukkelig når en skal analysere klimapolitikk, og peker blant annet på at klimasystemet ikke kan være gjenstand for samme krav til økonomisk avkastning som tradisjonell økonomisk virksomhet. Mange stiller seg også kritiske til økonomers måte å beskrive samfunnets preferanser på, der en tar det for gitt at konsum i dag er bedre enn konsum i fremtiden. Med få unntak avviser økonomene denne kritikken, men vedgår at valget av diskonteringsrate er vanskelig, og til dels uavklart. (se bla. Aaheim, 2003; Stern, 2006).

Arkitektonisk vil bygningsmassen fremstå som betongbygg med fasader av teglstein. Hovedmaterialene er:

- Stålpunt, peler og plasstøpte fundamenter
- Plasstøpte konstruksjoner i parkeringskjeller
- Øvrig bæresystem av stål og prefabrikkert betong (dekker av hulldekkelementer, massive balkongdekker og en del veggelementer)
- Bindingsverk av stål og gipsplater i ytter- og innervegger
- Kledning hovedsakelig av teglforblending
- Installasjonsgulv og parkett i boarealene
- Vinduer av aluminiumsmantlet tre

5.2 Klimagassutslipp fra materialbruk

Totalt klimagassutslipp fra alle materialer som inngår i mengdeberegningene er i overkant av 6.800 tonn CO₂-ekvivalenter. Det gir ca. 137 tonn CO₂-ekv per år gjennom 50 år (levetiden er satt til 50 år). I tabell 5.1 er hovedtallene angitt som utslipp per m², per person og per bolig.

Til sammenligning med andre prosjekter vil både totalt utslipp per m² og årlig utslipp per m² være de mest interessante. I felt 8.5 er disse beregnet til hhv. 455 kg CO₂-ekv./m² og 9,1 kg CO₂-ekv./m²/år.

Utslippene per bolig er 819 kg CO₂-ekv./m²/år, og per person er de 389 kg CO₂-ekv./m²/år. Disse tallene er svært følsomme for variasjon i størrelsen på boligene og antall personer per bolig. Utslipp per m² vil være en mer stabil størrelse, og som også muliggjør sammenligning på tvers av bygningskategorier (funksjoner).

Tabell 5.1: Klimagassutslipp fra materialbruk i utbyggingsprosjektet Fornebu, felt 8.5.

	Klimagassutslipp fra materialbruk	
Utslipp over livsløpet	6.800	tonn CO ₂ -ekv.
Utslipp per år	137	tonn CO ₂ -ekv.
Utslipp per m ² i livsløpet til bygget	455	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per m ² /år	9,1	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per bolig i livsløpet til bygget	40.900	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per bolig/år	819	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per person i livsløpet til bygget	19.465	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per person/år	389	kg CO ₂ -ekv

I figur 5.2 og 5.3 er utslippene fordelt på åtte hovedgrupper av bygningsdeler. Det fremgår at hovedtyngden av utslippene for disse bygningene er Yttervegger (betong og tegl), Innervegger (stål og gips) og Dekker (betong) som til sammen bidrar med 85 prosent. Tar vi med Grunn og fundamenter også er vi oppe i 95 prosent.

Data for bygget er hentet fra beskrivelser for de bygningsmessige arbeider, ARK-beskrivelse (arkitekt) og RIB-beskrivelse (rådgivende ingeniør i byggeteknikk). Mengder er også oppgitt fra elementleverandør når det gjelder betongelementer og

stål i bæresystem. Beskrivelsene er laget i programmet G-Prog og data er eksportert som excel-tabeller for videre bearbeiding før innlegging i modellen.

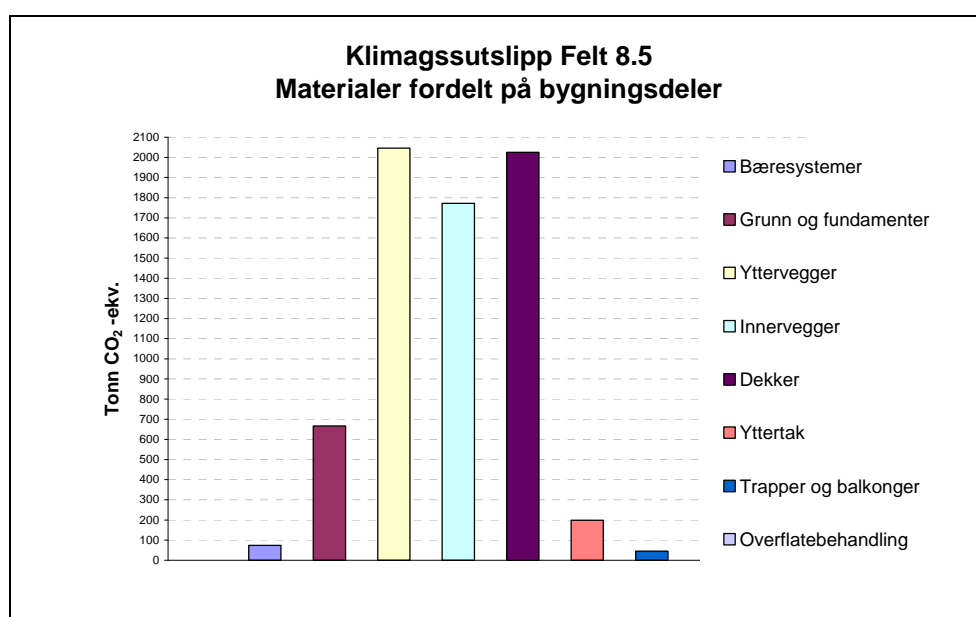
Følgende forhold bør bemerkes for prosjektet og datainnhenting:

- Grunnarbeidene er vanskelig å få oversikt over, og disse er ikke medtatt
- Mengdene er ikke de som er oppgitt i beskrivelser og opplysninger fra leverandør. Det er ikke foretatt annen kontroll av konsistensen i dataene.
- Baderomskabiner er ikke medtatt
- Prosjektet har taktekning av papp - dette har vi ingen utslippsverdier for og verdier for taktekning fremkommer da heller ikke for prosjektet
- Maling/overflatebehandling er som regel vannbasert - vi har kun utslippsverdier for oljebasert maling og punktet for maling i prosjektet står derfor omtrent i 0.
- Inventar, elektrisk anlegg og VVS er ikke medtatt

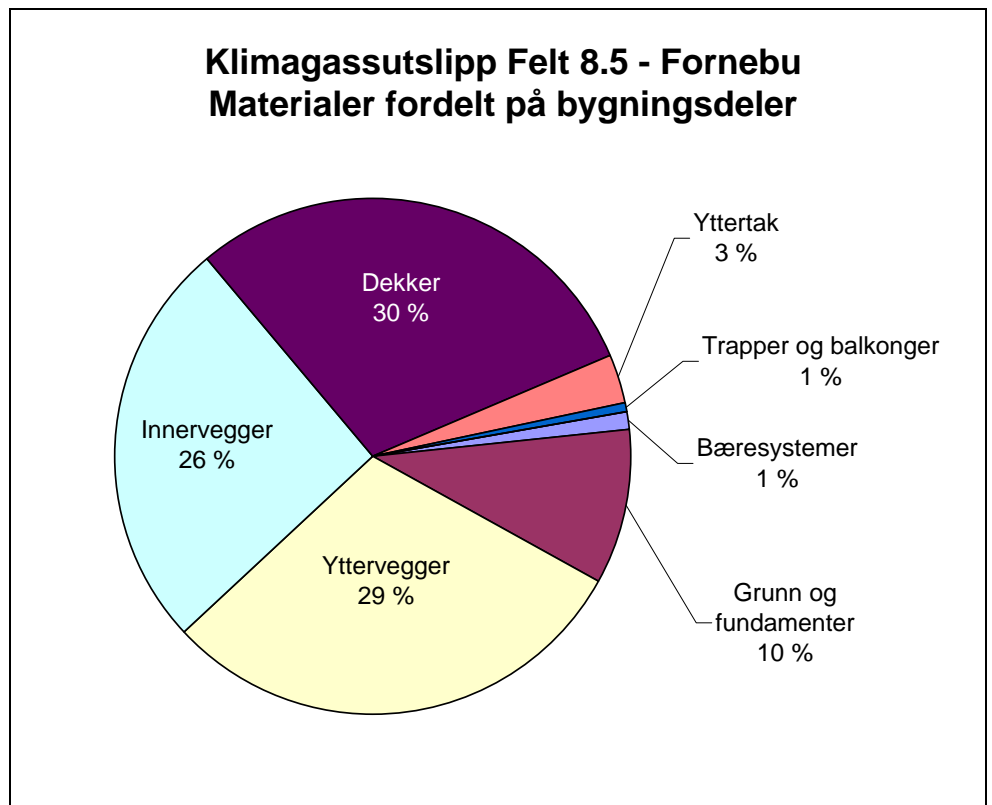
Det medfører en underestimering av utslippet at inventar, elektriske installasjoner og VVS er ikke inkludert i mengdeberegningen pga. manglende mengdebeskrivelser for disse delene av bygningene. Det er også noen materialer hvor det mangler utslippsfaktorer.

Ingen av disse bygningsdelene (VVS, El, ”manglende utslippsfaktorer”) utgjør noen store poster mengdemessig. Materialene kan likevel ha en vesentlig klimabelastning ved produksjon. I en videre utvikling av modellen og innhenting av data så bør også disse postene inkluderes.

Materialmodulen inneholder detaljerte data ned på komponenter som inngår i blant annet sammensatte bygningsdeler som vinduer, dører, innervegger, osv. I en grundigere analyse av selve bygget og materialvalg kan det være interessant å hente ut også denne type data. Vi har valgt ikke å gå inn på dette her, men holde oss til hovedresultatene.



Figur 5.2: Totalt klimagassutslipp forbundet med materialene som inngår i bygget.



Figur 5.3: Klimagassutslippet angitt som prosent fra hovedgrupper av bygningsdeler.

5.3 Stasjonær energi

Klimagassutslippet fra stasjonær energibruk er for felt 8.5 beregnet til om lag 31 tonn CO₂-ekv. per år, hvis utslipp fra elektrisitet holdes utenfor. Inkluderes dette øker utslippet til samlet ca 320 tonn CO₂-ekv. per år, se tabell 5.2 og figur 5.4. Utslippet over livsløpet til bygningene vil være mellom 1.600 og 16.000 tonn CO₂-ekv., avhengig av energimiks og om utslipp fra elektrisitetsbruk inkluderes eller ikke.

Tabell 5.2: Klimagassutslipp fra materialbruk i utbyggingsprosjektet Fornebu, felt 8.5.

	Inkl. utslipp fra el- bruk	Ekskl. utslipp fra el- bruk	
Utslipp over livsløpet	16.000	1.574	tonn CO ₂ -ekv.
Utslipp per år	320	31	tonn CO ₂ -ekv.
Utslipp per m ² i livsløpet til bygget	1.067	105	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per m ² /år	21,3	2,1	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per bolig i livsløpet til bygget	96.036	9.443	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per bolig/år	1.920	190	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per person i livsløpet til bygget	45.640	4.488	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per person/år	910	90	kg CO ₂ -ekv

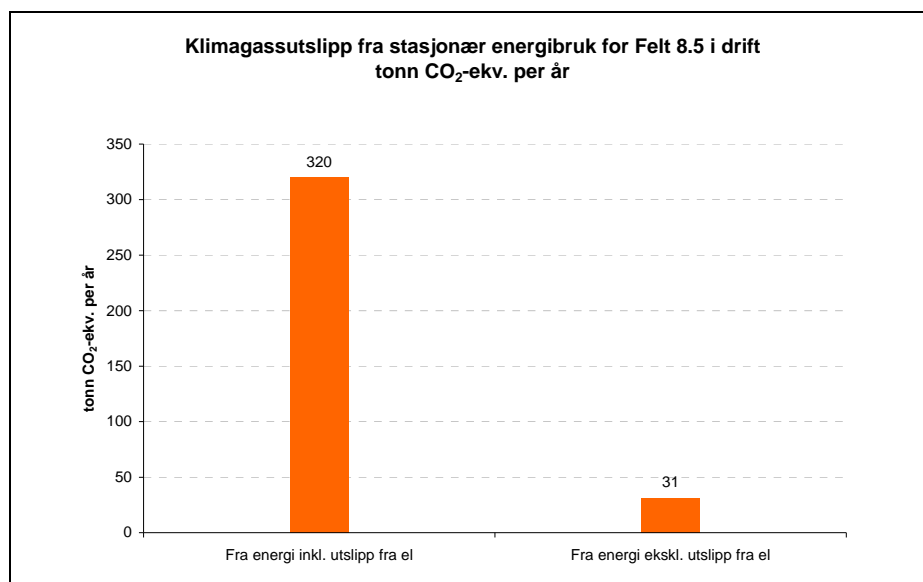
Avgjørende for totalt klimagassutslipp fra stasjonær energibruk, dvs. oppvarming, kjøling, varmtvann og elektrisitetsbruk, er valg av energiforsyning og netto energibehov for bygget. Det er som det fremgår av hovedtallene også vesentlig om vi tilordner elektrisitetsbruk et utslipp.

Både energibehov og energiforsyning er faktorer som prosjekteier, byggherre, i stor utstrekning kan påvirke. Det smarteste og det som gir de laveste kostnadene, er å foreta valgene tidlig i idé og planleggingsfasen. Da kan valg av materialer og energiløsninger integreres i byggets design på en helt annen og mer effektiv måte enn hvis dette blir et tema som bare blir hengt på i siste liten.

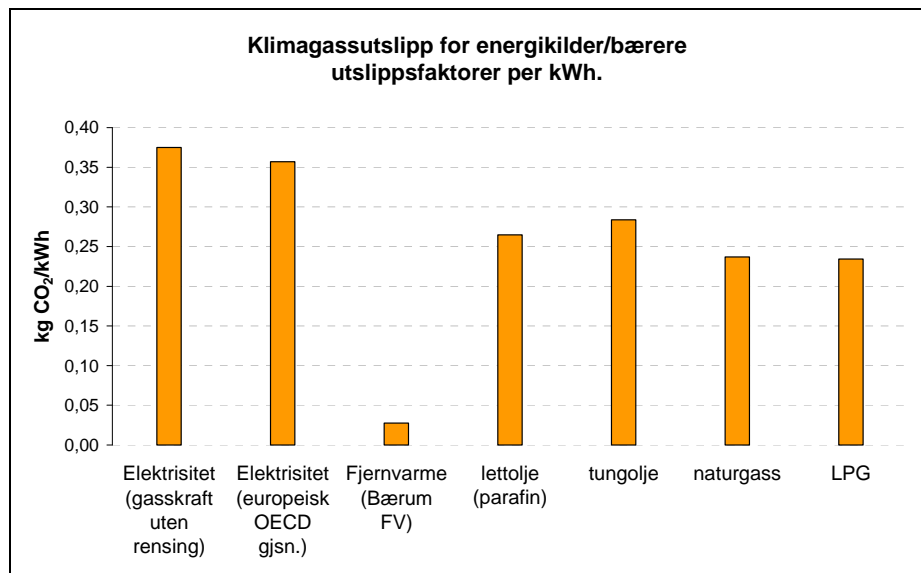
Resultatene fra felt 8.5 bærer preg av at det er tenkt tidlig på at bygningskroppen skal ha god isolasjon og gi et relativt lavt netto energibehov. Det er fastlagt i planprogrammet og MOP for Fornebu at netto energibehov skal være 130 kWh/m²/år for boligene. På det tidspunkt nivået ble fastlagt for Fornebu var 130 et ambisiøst mål godt under kravnivået i TEK97. Dette er litt i overkant av kravnivået for boligblokker, 120 kWh/m²/år, i den nylig vedtatte teknisk forskrift (TEK2007).

Fornebu-området ligger innenfor Bærum fjernvarmes konsesjonsområde, og Bærum kommune har nedfelt tilknytningsplikt i reguleringsbestemmelsene. Bærum FV har en energimiks på 90 prosent sjøvarmepumpe drevet med elektrisitet fra nettet, og ca 10 prosent spisslastdekning med el-kjel eller olje/gasskjel. Det gir en lav utslippsfaktor per kWh varme/kjøle, og når all oppvarming og varmt tappevann i felt 8.5 skal dekkes av FV-systemet blir det et lavt utslippsnivå. Oppvarming utgjør ca 60 prosent av totalt energibehov.

Om lag 40 prosent av energibruken i et bygg er el-spesifikt, dvs. at elektrisitet er nødvendig og eneste energikilde. Spørsmålet om denne elektrisiteten skal tillegges et utslipp eller ikke er drøftet i kapittel 3 i rapporten, og hva man velger er av vesentlig betydning for sluttresultatet. Modellen valgmuligheten til å ta det med eller ikke i beregningene, og i tillegg kan man fritt velge utslippsfaktor for elektrisitetsproduksjon. I vår beregning inkl. utslipp fra el, har vi anvendt gjennomsnittlig utslippsfaktor for el-produksjon i OECD-landene i Europa. Se figur 5.5 for utslippsfaktorer for ulike energiforsyning/energikilder og bærere, samt figur 5.4 for sluttresultatene.



Figur 5.4: Klimagassutslipp fra energibruk i felt 8.5 under drift.



Figur 5.5: Utslippsfaktorer for energiforsyning
Referanse: SSB, 2007; Bærum FV, 2007; IEA, 2007

5.4 Transport

Utslipet fra transport er beregnet til 253 tonn CO₂-ekv. per år. Det omfatter både persontransport (bil og kollektiv) og varetransport, se tabell 5.3, figur 5.6 og 5.7.

Persontransport dominerer og med utslipp fra bil som den desidert største kilden, med i overkant av 75 prosent av utslippet fra transport.

Tabell 5.3: Klimagassutslipp fra transport i utbyggingsprosjektet Fornebu, felt 8.5.

	Klimagassutslipp fra transport	
Utslipp over livsløpet	12.662	tonn CO ₂ -ekv.
Utslipp per år	253	tonn CO ₂ -ekv.
Utslipp per person i livsløpet til bygget	36.104	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per person/år	722	kg CO ₂ -ekv

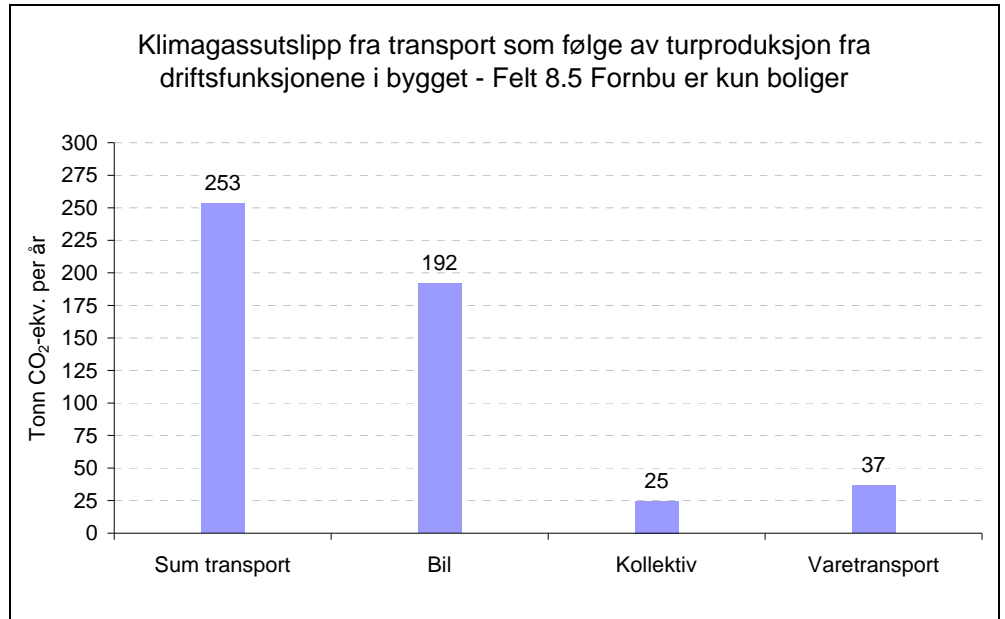
Med samme karakteristika for prosjektet gjennom livstiden, 50 år, inkl. samme andel fossilt drivstoff, blir samlet utslipp ca 12.500 tonn CO₂-ekv. Det er 2 ganger så høyt som utslipp fra materialbruk.

Grunnlaget for beregningen er beregnet turproduksjon og reiselengder ut fra prosjektets m² bolig, næring, service, beliggenhet, kollektivbetjening og parkeringstilgang (prising). Empiri fra nasjonal RVU og Oslo RVU er input til beregningene.

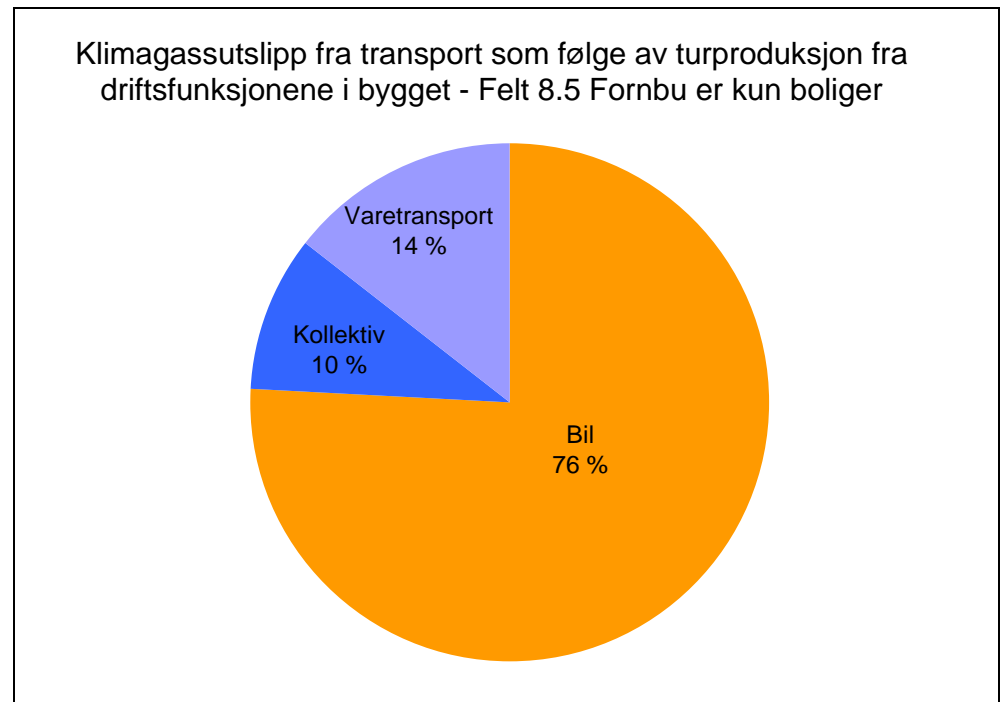
To viktige forutsetninger a) det er kun de daglige (og korte) reisene som er inkludert i beregningen, og b) vi tilordner kun ½ av reiselengden til dette utbyggingsprosjektet.

Årsakene er for a) manglende empiri og for b) at en reise alltid har et start- og et målpunkt. Hvis vi tar med hele reisen og har et prosjekt i begge ender vil det bli dobbeltregning. I store prosjekter som Fornebu der det vil være en større andel intern transport enn i mindre enkeltstående prosjekter, medfører dette en underestimert av utslippet.

Beregningen indikerer at utslippet fra transport er 722 kg CO₂-ekv. per person per år. Det tilsvarer ca 4000 kjt.km per år med bil.



Figur 5.6: Beregnet klimagassutslipp fra transport samlet og fordelt på formål og reisemidler.



Figur 5.7: Beregnet klimagassutslipp fra transport fordelt på formål og reisemiddel, andeler.

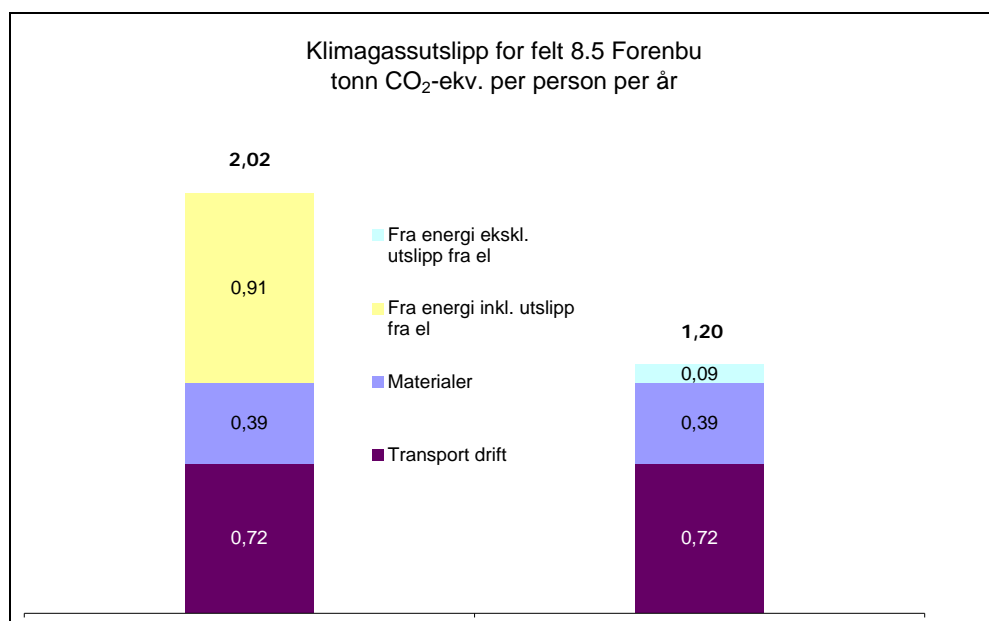
5.5 Oppsummering resultater for felt 8.5 – Fornebu

Beregnet samlet utslippsnivå er for felt 8.5 på Fornebu vist i figur 5.8 og nærmere angitt i tabell 5.4.

Fordeler vi utslippet på antall personer i boligene (2,1 person per bolig) finner vi at utslippet er mellom 1,2 og ca 2 tonn CO₂-ekv. per innbygger per år. Det øvre nivået inkluderer utslipp fra el-bruk, se figur 5.8 og tabell 5.4. Tallene inkluderer utslipp fra bygningsmaterialer produsert utenfor området og transport med start eller målpunkt innenfor planområdet med som delvis skjer utenfor området.

I en studie fra Toronto (Norman et al. 2006) beregnet man et utslipp på 3,34 tonn CO₂-ekv. per person per år for en boligblokk i sentrum. En villabebyggelse i en forstad kom ut med 8,64 tonn CO₂-ekv. per person per år. Våre beregninger gir 50 prosent lavere utslipp fra transport og 40 prosent lavere utslipp fra stasjonær energibruk, mens materialbruk er på akkurat samme nivå med i underkant av 390 kg CO₂-ekv. per person per år.

Sammenlignet med studien fra Toronto, Canada, som inkluderer transport (Norman et. al 2006), ligger vårt Fornebu felt 8.5 vesentlig lavere. Toronto eksempelet indikerer ca 78 kg/m² boligareal, mens Fornebu eksempelet viser 47 kg/m² (inkl. utslipp fra el.), se tabell 5.4.



Figur 5.8: Klimagassutslipp per person per år. Beregnet på bakgrunn av 2,1 personer i gjennomsnitt per bolig. NB! Det mangler inputdata for anleggsfasen i dette eksempelet.

Tabell 5.4: Klimagassutslipp, samlet for alle hovedkilder for Fornebu, felt 8.5., fordelt på personer, boliger og m² bolig, i livsløpet, per år. To alternativer er vist – med og uten utslipp fra elektrisitetsbruk. Verdiene er avrundet.

	Inkl. utslipp fra el- bruk	Ekskl. utslipp fra el- bruk	Enhet
Utslipp over livsløpet	35.500	21.100	tonn CO ₂ -ekv.
Utslipp per år	710	420	tonn CO ₂ -ekv.
Utslipp per m ² i livsløpet til bygget	2,4	1,4	tonn CO ₂ -ekv
Utslipp per m ² /år	47	28	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per bolig i livsløpet til bygget	213	126	tonn CO ₂ -ekv
Utslipp per bolig/år	4,3	2,5	kg CO ₂ -ekv
Utslipp per person i livsløpet til bygget	101	60	tonn CO ₂ -ekv
Utslipp per person/år	2.02	1,20	tonn CO ₂ -ekv

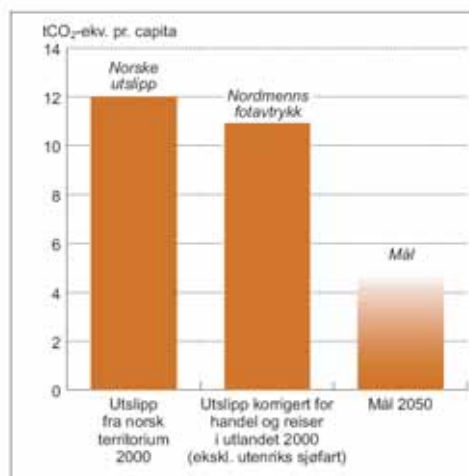
Tallene for norske kommuner viser at utslippene gjennomsnittlig var 7,5 tonn i 2004 og knapt 8 tonn CO₂ -ekvivalenter per innbygger i 2005. Til sammenligning er utslipp for Oslo kommune ca 2,3 tonn per år (2005). Disse utslippstallene inkluderer ikke utslipp fra olje- og gassvirksomhet på sokkelen, skip i havområdene, våre utenlandsreiser med fly og båt eller indirekte utslipp fra produkter/elektrisitet produsert i andre land. På den annen side så inkluderer det industriproduksjon av varer som bla. eksporteres.

En beregning utført av SSB og Lavutslippsutvalget sammenligner:

- direkte utslipp fra norsk territorium i 2000 målt pr. innbygger, med
- direkte utslipp korrigert for handel (import/eksport) og feriereiser i utlandet,

Beregningen viser at det ikke er så stor forskjell i utslippsnivå enten man ser på direkte utslipp eller om man ser på ”nordmenns fotavtrykk”, figur 5.9.

Utslippsnivået endres ikke mye i et langsiktig perspektiv hvis vi korrigerer for eksport, import og nordmenns konsum i utlandet. (Lavutslippsutvalget, 2006)

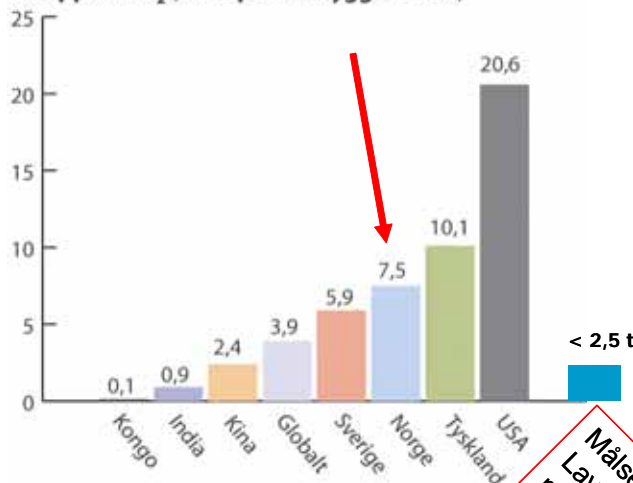


Figur 5.9: Norske utslipp som tonn CO₂-ekv. per innbygger, inkl. offshore, ekskl. skipsfart. Det er vist både de direkte utslipp fra norsk territorium, direkte utslipp korrigert for import/eksport og reiser i utlandet, og målsetningen om 50-80 prosents utslippskutt fram til 2050. Tallene her er inkludert olje- og gassvirksomheten offshore. (Lavutslippsutvalget, 2006).

Utslippene beregnet for felt 8.5 kan derfor med visse forbehold sammenlignes med landsgjennomsnittet for alle norske kommuner (og for Oslo). I forhold til begge disse tallene er utslippet fra felt 8.5 lavere. Prosjektet kan derfor synes å holde seg godt innenfor målsetningen om et lavere CO₂-utslipp enn landsgjennomsnittet.

Det er imidlertid en rekke utslippselementer som ikke er inkludert i tallene fra felt 8.5 på Fornebu, men som inngår i nasjonale og kommunale utslippstall. Det gjelder blant annet utslipp fra arbeidsplasser, skoler, butikker, industri, mv. Disse utslippene fordeles på antall innbyggere i kommunen. På den annen side inkluderer ikke disse tallene utslipp fra produksjon av bygningsmaterialer i andre land eller el- bruk.

Utslipp av CO₂ (tonn per innbygger 2000)



Kilde: IEA (Det internasjonale energibyrået)

Utslipp av klimagassene CO₂, metan og lystgass. 2004. Tonn CO₂-ekvivalenter per innbygger



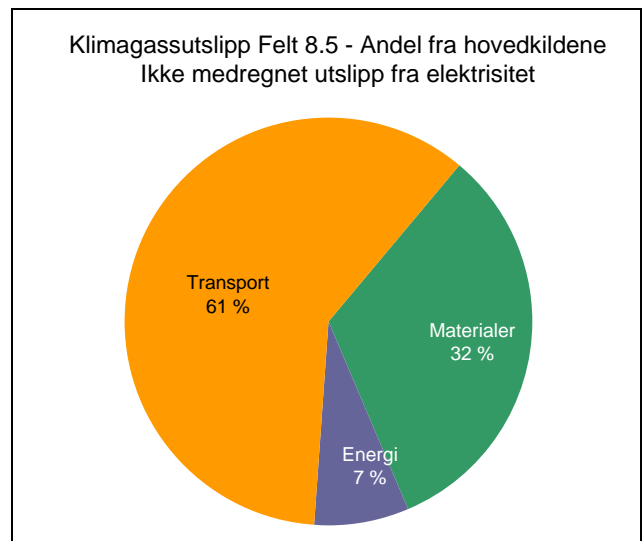
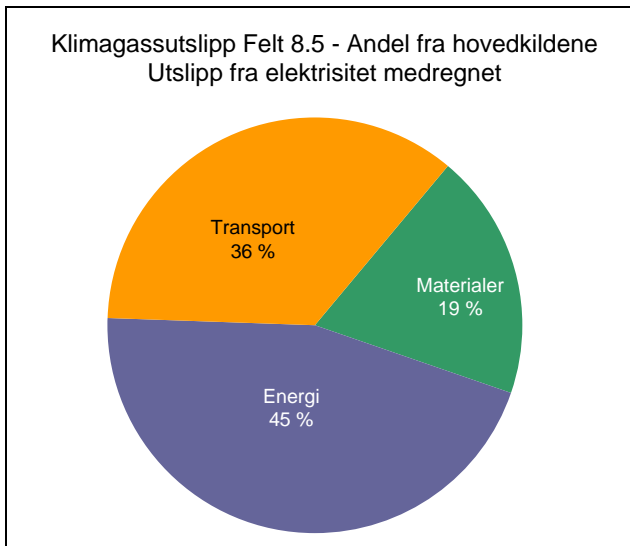
Målsetning:
Lavutslippsutvalget
minst 2/3 reduksjon

Figur 5.10: Nasjonale utslippstall per person og tilsvarende tall for et utvalg kommuner. Målsetningen til Lavutslippsutvalget er også vist i figuren, under 2,5 tonn per person per år.

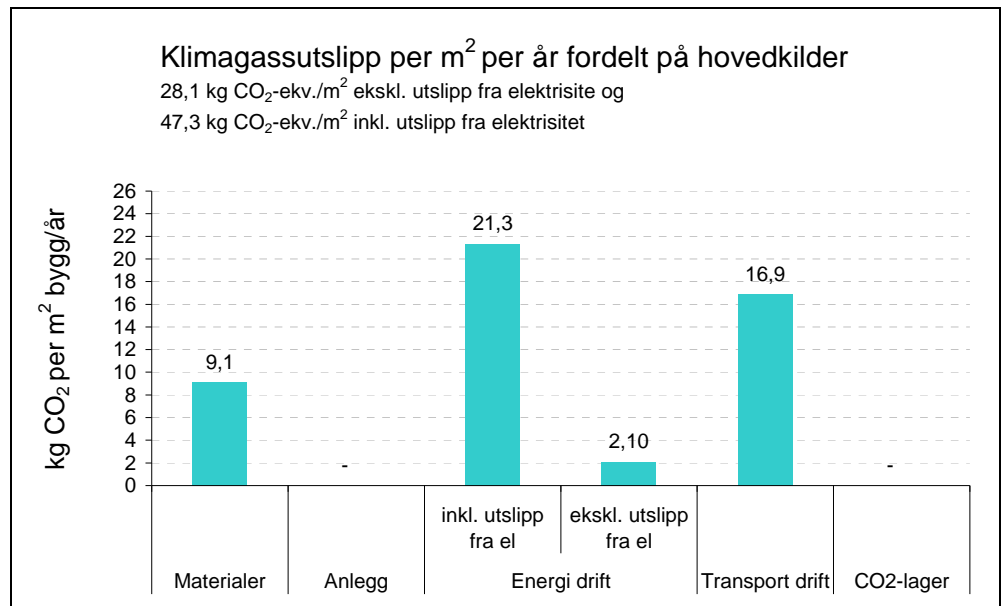
Hovedkildenes andeler av samlet klimagassutslipp er vis i figurene 5.11, mens utslipp per m² fordelt på hovedkilder er vist i figur 5.12.

Beregningene indikerer hvilke kilder som er vesentlige å vurdere i forhold til alternative løsninger for redusere utslippene av klimagasser.

Utslippstall per m² bygg (livsløp eller per år) kan danne grunnlaget for fremtidig benchmarking og ambisjonsnivå ved utbygginger.



Figur 5.11: Hovedkildenes andeler av samlet klimagassutslipp fra felt 8.5. Inkl. og ekskl. utslipp fra elektrisitetsbruk. NB! Det mangler inputdata for anleggsfasen i dette eksempelet.



Figur 5.12: Klimagassutslipp per m² boligareal kan anvendes som utgangspunkt for målformuleringer etter hvert som flere bygg og prosjekter blir beregnet. NB! Det mangler inputdata for anleggsfasen i dette eksempelet.

- Adalberth K., 1998. Energy use during the life cycle of buildings: a method. *Building and Environment*. Volume 32, Issue 4, July 1997, Pages 317-320.
- Anderson, W., Kanaroglou, P., and Miller, E., 1996. Urban form, energy and the environment: A review of issues, evidence and policy. *Urban Stud.*, 33(1), 7–35.
- BE, 2007. www.be.no (ny teknisk forskrift TEK2007, med underliggende grunnlagsdokumenter)
- Berge og Stoknes, 2004. Mot en klimanøytral byggebransje. *Arkitektnytt* 8-2004.
- Berge, 2005. Sentralparken på Fornebu. Granitt eller betong? En miljøvurdering med vekt på klimabelastning. Miniutredning fra Gaia Lista AS.
- Bærum kommune, 2005, 2006, 2007. Miljøplan for utbygging av Fornebu. mv. www.baerum.kommune.no
- CHEN T. Y. (1) ; BURNETT J. (1) ; CHAU C. K. (1), 2001. Analysis of embodied energy use in the residential building of Hong Kong. *Energy* (ISSN 0360-5442), vol. 26, no4, pp. 323-340.
- Citherlet, S., and T. Defauxa, 2007. Energy and environmental comparison of three variants of a family house during its whole life span. *Building and Environment*. Volume 42, Issue 2, February 2007, Pages 591-598
- Enova, 2007. www.enova.no
- EPD, næringslivets stiftelse for miljødeklarasjoner, online: <http://www.epd-norge.no/>, <http://www.nho.no/miljo/printart2680.html>
- Fossdal, Sverre (1995): Energi- og miljøregnskap for bygg: fremstilling av byggematerialer, regnskap for boliger og kontorbygg, Prosjektrapport / Norges byggforskningsinstitutt ISBN: 82-536-0481-5 (h.)
- Gaia Lista, 2002. Momenter til et klimaregnskap for bygninger. Arbeidsnotat nov., 2002.
- Gaia Lista, 2003. Arealforbrukets miljøbelastning i boliger. Rapport til Statens bygningsteknisk etat.
- Gurin, D., 2003. Understanding sprawl: A citizen's guide. David Suzuki Foundation, Vancouver, Canada.
- IPCC, 2007. IPCC Fourth Assessment Report, WG I, II and III.
- Junnila, S., and Horvath, A., 2003. Lifecycle environmental effects of an office building. *J. Infrastruct. Syst.*, 9(4), 157–166.
- Kallbekken, S. og N. Rive, 2005. Why delaying climate action is a gamble, Avoiding Dangerous Climate Change, Exeter 1-3 February 2005. www.stabilisation2005.com
- Krogstad, 2007. Notat – høringsuttalelse til Lavutslippsutvalgets rapport NOU 2006:18.
- Newman, P., and Kenworthy, J., 1989. Gasoline consumption and cities: A comparison of U.S. cities with a global survey. *Journal American Planners. Assn.*, 55(1), 24–37.
- Newman, P., and Kenworthy, J., 1999. Sustainability and cities: Overcoming automobile dependence, Island, Washington, D.C.

- Norby, Berge, Hestnes, 2007. Byggematerialer: Klimabelastning, miljømessig forsvarlig levetid og design for gjenbruk. Byggekunst 01-2007.
- Norman, Jonathan, Heather L. MacLean and Christopher A. Kennedy, 2006. Comparing High and Low Residential Density: Life-Cycle Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions. J. Urban Plng. and Devel., Volume 132, Issue 1, pp. 10-21 (March 2006).
- Norsk Industri (2005): Kraftig reduksjon av klimagassutslipp, online: <http://www.norskindustri.no/getfile.php/Dokumenter/PDF/rapp-klimagasser%20-A1%202005.pdf>
- NOU 2006: 18. Et klimavennlig Norge (rapport fra lavutslippsutvalget)
- PROSAM, 2001. Reisevaneundersøkelse for Oslo og Akershus 2001. Prosam rapport.
- Puettman, Maureen and Wilson, James (2005): Life cycle analysis of wood products: cradle to gate LCI of residential wood building materials, Wood and fiber science 37 pp18-29, Corrim Special Issue.
- SFT, 2007. www.sft.no
- Sintef, 2007. Miljømessige aspekter ved bruk av betong. Kommentarer til "Et klimavennlig Norge". NOU 2006:16.
- Sjunnesson, Jeanette (2005): Life cycle assessment of concrete, master thesis Lund University Department of technology and Society, environmental and energy systems studies.
- SSB, 2007. www.ssb.no
- St.meld. nr. 26 (2006-2007) Regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand
- Statsbygg, 2007. www.statsbygg.no
- Stern, 2006. STERN REVIEW: The Economics of Climate Change. www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm
- Thormark C. , 2002. A low energy building in a life cycle—Its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. Building and Environment, Volume 37, 429–435.
- Thormark, Catarina, 2002. A low energy building in a life cycle —its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. Building and Environment Volume 37, Issue 4, April 2002, Pages 429-435
- TØI, 2005. Nasjonal reisevaneundersøkelse for 2005, rapport 844 (nøkkelrapporten)
- UNEP, 2007. Buildings and Climate Change. Status, Challenges and Opportunities.
- USA EPA (2002): SOLID WASTE MANAGEMENT AND GREENHOUSE GASES: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks, 2nd EDITION, EPA530-R-02-006 May 2002.
- Zhanga, Zhihui, Xing Wua, Xiaomin Yanga and Yimin Zhub, 2006. BEPAS—a life cycle building environmental performance assessment model. Building and Environment. Volume 41, Issue 5, May 2006, Pages 669-675
- Aaheim, H. Asbjørn, 2003. Hva er fremtidens klima verdt? Cicerone nr. 1-2003.

Klimaendringer

Klimaet på jorda har blitt merkbart varmere de siste hundre åra. Hvis ikke utslippene av drivhusgasser blir redusert, risikerer vi at temperaturen øker dramatisk og gir omfattende og ødeleggende skader på økosystem, infrastrukturer og menneskers helse i de kommende tiårene. Det er blant annet venta at ekstremvær som flom, hetebølger og lange tørkeperioder vil forekomme oftere og med høyere intensitet enn i dag. De siste årenes økning i antall orkaner som rammer landområder, hetebølger og årstidsendringer i temperatur og nedbør er alle indikasjoner på at dette er i ferd med å skje (IPCC, 2007)

Hovedkonklusjoner fra FNs klimapanel

Det er meget sannsynlig (>90 prosents sannsynlighet) at menneskets utslipp av klimagasser har forårsaket mesteparten av den observerte globale temperaturøkningen siden midten av 1900-tallet.

Den globale gjennomsnittstemperaturen fortsetter å øke. 11 av de 12 siste årene er blant de 12 varmeste årene sidene målingene startet i 1850. Temperaturen i Arktis økte nesten dobbelt så raskt om den globale gjennomsnittstemperaturen de siste 100 årene. Hyppigheten av kraftig nedbør har økt over de fleste landområder i takt med oppvarming og observert økning i vanndamp i atmosfæren. Observert havnivåstigning har vært ca 17 cm i det 20. århundre.

Som et resultat av menneskelig aktivitet har konsentrasjonene av CO₂, CH₄ og N₂O i atmosfæren økt betydelig siden 1750. Verdiene er nå langt høyere enn før-industrielle verdier fastslått gjennom undersøkelser av kjerner i is. Den globale økningen i konsentrasjonen av CO₂ skyldes først og fremst fossilt brensel og endring i arealbruk.

Framtidens klimaendringer (de neste 100 årene) og konsekvensene av disse blir store. Modelleringer indikerer en global temperaturøkning på mellom 1,1 og 6,4 °C, havnivåøkning på mellom 19 og 58 cm, sannsynlig 25 % svekking av Golfstrømmen, ytterligere reduksjon av snø- og isdekke og med et isfritt Arktis om sommeren, intense nedbørsperioder og sterke vinder over landområder. (IPCC, 2007)

Fremtidig klimaendringer i Norge

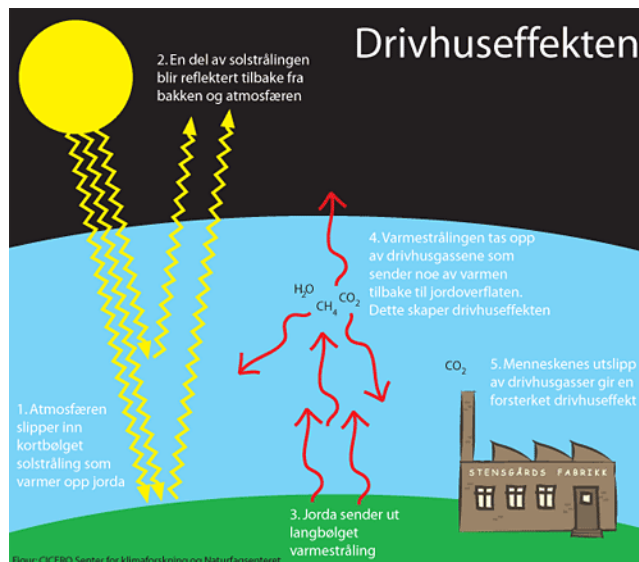
Temperaturene øker også i Norge selv om Golfstrømmen svekkes. Sannsynlig stigning er 2,5 til 3,5 °C i løpet av de neste 100 årene. Vintrene blir mildere og somrene blir varmere.

Havnivået vil stige ca 10 cm mer i norske farvann enn det globale gjennomsnittet, dvs. med ca 30 til 70 cm, der stormfloene trolig blir ytterligere 10 cm høyere enn det globale gjennomsnittet. De største endringene vil komme på Sør- og Vestlandet.

Nedbørsmengdene over Norge vil øke med mellom 5 og 20 prosent. Sommeren på Østlandet blir tørrere. Over hele landet vil kortvarige ekstreme nedbørsmengder opptre oftere. (Bjerknessenteret, 2007)

Drivhuseffekten

Det eksisterer en naturlig drivhuseffekt som holder jordens middeltemperatur ca. 34 °C høyere enn den ville ha vært uten denne effekten. I dag er middeltemperaturen om lag 15 °C. Uten den naturlige drivhuseffekten ville den globale middeltemperaturen altså vært -19 °C.



Figur v1.1. Drivhuseffekten. Kilde: Cicero.

Den naturlige drivhuseffekten skyldes tilstedeværelse av såkalte klimagasser; vanddamp (H_2O), karbondioksid (CO_2), metan (CH_4), lystgass (N_2O) og Ozon (O_3).

Klimagassene (også kalt drivhusgasser) og skyer har den egenskapen at de slipper gjennom inngående solstråling relativt uhindret, mens de absorberer utgående varmestråling fra jorda. Denne energien sendes ut igjen som stråling i alle retninger. Noe av dette sendes tilbake til jordoverflaten. Dermed gjør klimagassene at mer av varmen bevares i jordatmosfæren, mens mindre forsvinner ut i verdensrommet igjen.

Økningen i atmosfærens CO_2 -konsentrasjon betyr mest (omkring 60 %) for den menneskeskapte forsterkningen av drivhuseffekten. De menneskeskapte utslippene av CO_2 skyldes først og fremst bruk av fossilt brensel (kull, olje og gass), industriprosesser, avfall/jordbruk og avskoging i tropiske strøk.

Klimagassene

En rekke gasser inngår i samlebetegnelsen klimagasser. I de internasjonale forhandlingene og målfastsettelsen i forbindelse med Kyotoprotokollen avgrenset man avtalen til å omfatte seks gasser: karbondioksid (CO_2), metan (CH_4) og lystgass (N_2O), svovelheksafluorid (SF_6), hydrofluorkarboner (HFK) og perfluorkarboner (PFK).

Klimagassutslipp oppgis som CO_2 -ekvivalenter. Det foretas en omregning basert på de ulike gassenes oppvarmingspotensial (GWP) relativt til CO_2 og i forhold til ulike tidsperspektiv.

GWP-verdien (Global Warming Potential) for en gass defineres som den akkumulerte påvirkning på drivhuseffekten fra ett tonn utslipp av gassen sammenlignet med ett tonn utslipp av CO_2 over et spesifisert tidsrom. Under vises GWP-verdiene for de klimagassene som Kyotoprotokollen omfatter, med en tidsramme på 100 år som er den som ble valgt i protokollen. Det er denne tidsrammen som er vanlig å referere til i beregninger og rapporteringssystemer.

Tabell v1.1: GWP-verdier (Global Warming Potential) for de tre gassene som inngår i klimagassregnskap for byggeprosjekter.

Komponent	GWP-verdi
Karbondioksid (CO ₂)	1
Metan (CH ₄)	21
Lystgass (N ₂ O)	310

Kyotoprotokollen og norske ambisjoner

Industrilandene har gjennom undertegning av Kyotoprotokollen forpliktet seg til å redusere klimagassutslippene. Protokollen trådte i kraft 16. februar 2005 etter at Russland hadde gjennomført den avgjørende ratifiseringen. Norge ratifiserte protokollen i 2002.

I følge Kyotoprotokollen skal Norge redusere klimagassutslippene slik at de i perioden 2008-2012 ikke er høyere enn 1 prosent over det som var utslippene i 1990. Dette kan i følge avtalen skje ved en kombinasjon av tiltak innenlands og tiltak i andre land gjennom kjøp av klimagasskvoter. Det er kun utslipp innenfor norske administrative grenser som inkluderes i nasjonalt utslippsregnskap. Utslipp forårsaket av import av varer og tjenester belastes det landet der produksjonen foregår.

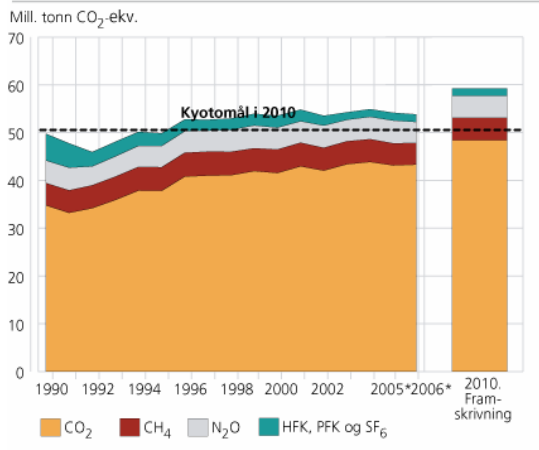
Regjeringen har som nasjonal målsetning å redusere utslippene i Kyotoperioden med 10 prosent i forhold til 1990-nivå, med 30 prosent innen 2020 og være et land i "klimagassbalanse" i 2050. Utslippsreduksjonene skal skje gjennom tiltak innenlands og tiltak i andre land ved kvotekjøp og CDM-prosjekter ("Clean Development Mechanism"-prosjekter innenfor klimakonvensjonen)

Norske utslipp

De samlede norske klimagassutslippene var på 53,7 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2006, se figur v1.2. Dette er en vekst på 8 prosent siden 1990. Mesteparten av veksten skjedde i perioden fram til 1999, mens utslippene etter dette har vært ganske stabile. I 2005 lå utslippene bare 0,3 prosent over 1999-nivået. Etter 2005 er det imidlertid ventet at utslippene vil stige igjen.

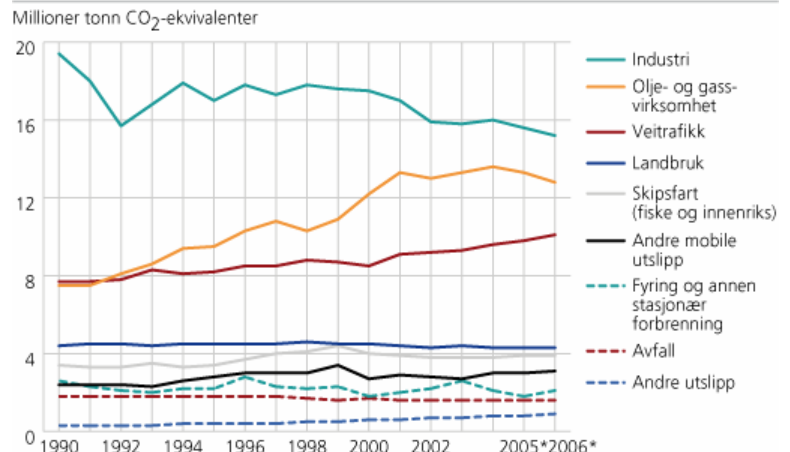
Tre kilder sto for tre firedeler av utslippene. Industri, olje- og gassvirksomhet og veitrafikk stod for henholdsvis 28, 24 og 19 prosent, til sammen 71 prosent, av det samlede klimagassutslippet i 2006. Øvrige utslippskilder som boligoppvarming og avfallsdeponering utgjorde til sammen nær 8 prosent av utslippene. Landbruket var ansvarlig for 8 prosent, innenriks sjøfart og fiske for 7 prosent, mens luftfart og andre mobile kilder stod for drøyt 6 prosent av utslippene. (SFT og SSB, 2007).

Utvikling i klimagassutslipp. 1990-2006* og framskrivning i 2010. Millioner tonn CO₂-ekvivalenter



Kilde: Historiske data: Utslippsregnskapet til Statistisk sentralbyrå og Statens forurensningstilsyn; Framskrivning: St.meld nr. 1 (2006-2007) Nasjonalbudsjettet 2007.

Utslipp av klimagasser, etter kilde. 1990-2006*. Millioner tonn CO₂-ekvivalenter



Kilde: Utslippsregnskapet til Statistisk sentralbyrå og Statens forurensningstilsyn.

Figur v1.2: Norske klimagassutslipp fra 1990 til 2006. Kilde: SSB, 2007.

Utslipp og energibruk i bygg- og anleggsbransjen

Bare bygge- og anleggssektoren står typisk for 5-10 prosent av arbeidsplassene og normalt samme andel av brutto nasjonalprodukt (BNP) i et land (UNEP, 2007). Sektoren og aktivitetene er viktige samfunnsaktiviteter med stor betydning for økonomien i de fleste land.

Bygging og drift av bygninger står i følge IEA for mellom 30 og 40 prosent av verdens energibruk (IEA, 2005, EIA 2005). Andelene av totalt energibruk i ulike land varierer fra rundt 15 prosent til nesten 60 prosent, se figur v1.3.

Denne sektorens energibruk medfører om lag 30 prosent av verdens samlede klimagassutslipp (UNEP, 2007).

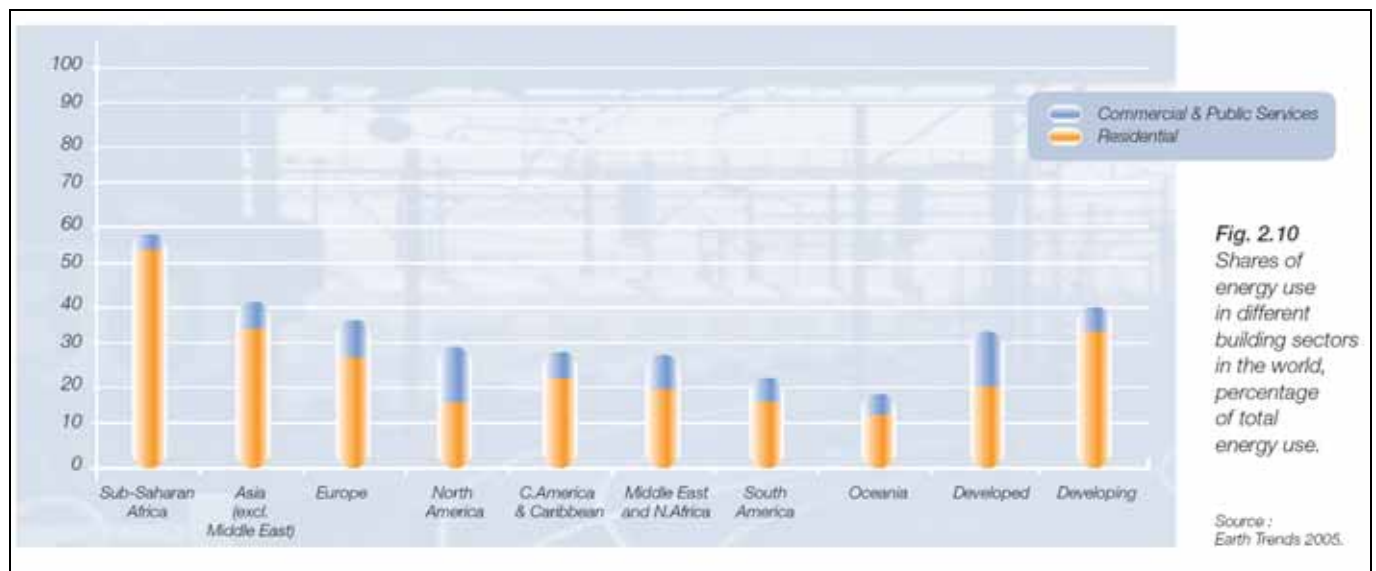


Fig. 2.10 Shares of energy use in different building sectors in the world, percentage of total energy use.

Source: Earth Trends 2005.

Figur v1.3 Energibruk i bygg- og anleggssektoren i ulike land som andel av total energibruk. UNEP, 2007-05-03

Av samlet norsk energibruk medgår i overkant av 34 prosent til drift av bygg i husholdninger, andre næringer og tjenesteytende sektor. Om lag 80 prosent av denne energibruken er elektrisitet.

Direkte klimagassutslipp fra sektoren er derfor betydelig lavere enn energiandelen skulle tilsi. Kun ca 13,5 prosent, 7,22 mill. tonn per år, av de samlede norske utslippene forårsakes av denne energibruken, se tabell v1.2 (KanEnergi, 2006). Årsaken ligger i at elektrisitetsproduksjonen i Norge er basert på 99,6 prosent utslippsfri vannkraft (NVE, 2007).

En rekke indirekte utslipp som også er en følge av bransjens virksomhet og byggenes drift og bruk er ikke inkludert i disse tallene. Indirekte utslipp er det som oppstår som følge av energibruk anvendt til produksjon av materialer enten innenlands eller utenlands, og produksjon av elektrisitet i driften av byggene (el-spesifikt og oppvarming).

Tabell v1.2: Bygg- og anleggssektorens utslipp av klimagasser og andel av det nasjonale utslippet. Basert på SSBs utslippsstatistikk, utslipp fra elektrisitet ikke er beregnet. KanEnergi, 2006.

	CO ₂ _{ekv} utslipp [mill tonn]	Rel andel [%]
Produksjon av byggevarer	3,85	7,0
Transport av byggevarer	0,54	1,0
Bygg og anleggsvirksomhet	0,67	1,2
Drift av bygninger	2,16	4,3
SUM CO₂_{ekv}-utslipp fra byggenæringen	7,22	13,5

Med økende forbruk, kreves det ny norsk produksjon av både byggematerialer og elektrisitet, eller økt import av dem begge. Bygg- og anleggssektoren kan på denne bakgrunn få en vesentlig større utslippsmessig betydning også i Norge, hvis det ikke gjennomføres en rekke tiltak og omlegginger.

Tiltak og virkemidler i norsk klimapolitikk

Regjering og Storting har ambisjon om å ta en betydelig del av utslippsreduksjonene ved tiltak innenlands (St.meld. nr. 15 (2001-2002) Tilleggsmelding til St.meld. nr. 54 (2000–2001) Norsk klimapolitikk; St.prp. nr. 1 (2005-2006) og Regjeringserklæringen, 2005).

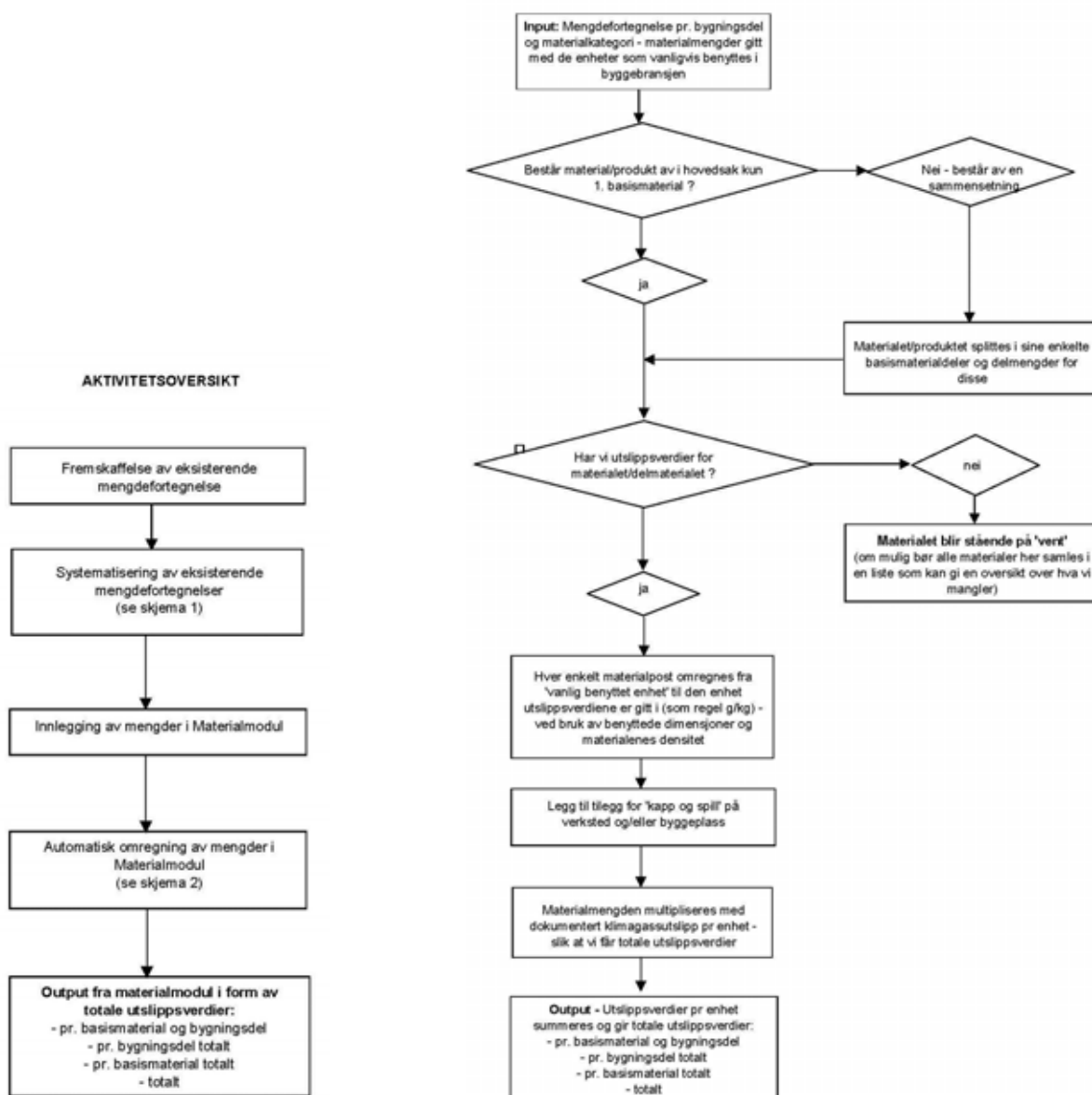
Ulike virkemidler er tatt i bruk. CO₂-avgift på fossilt brensel og drivstoff, avgift og refusjonsordning for HFK og PFK, avgift på sluttbehandling av avfall, frivillig avtale mellom stat og prosessindustrien, og mellom stat og elektrobransjen, klimakvotelov (nasjonal kvotehandel som i 2008 skal integreres med et internasjonalt system (EU)), støtteordninger for utvikling av fornybare energikilder, støtte til utvikling av lokale handlingsplaner for reduksjon av klimagasser, støtte til forsknings og utviklingsprosjekter innen flere sektorer.

Statsbygg er en stor statlig aktør som følger opp Regjeringens klimapolitikk blant annet gjennom en offensiv overordnet miljøpolitikk. Det stilles blant annet krav om å utarbeide miljøprogram og miljøoppfølgingsplaner for alle egne bygge- og eiendomsprosjekter, og det utarbeides årlig oversikter over energibruk i alle statens bygninger, mv. (Statsbygg, 2005, 2006).

Vedlegg 2 – Klimagassregnskap – materialer og konstruksjoner. Omregning fra bygningselementer til basismaterialer

Ida Blytt/Bygganalyse AS

Beregning av klimagassutslipp knyttet til materialbruk i et bygg er en kompleks og sammensatt beregning. Det er en stor mengde data som må behandles og struktureres, og det har vært viktig å tilnærme seg beregningen ved hjelp av data som prosjekterende og arkitekter kjenner seg igjen i. Figur v2.1 skisserer noe av aktivitetsoversikten og tenkningen i arbeidet med materialmodulen. Videre i notatet beskrives hvilke krav som stilles til datatilfang mm.



Figur v2.1: Diagram som viser framgangsmåte (aktivitetsoversikt) og beregningsopplegget som er anvendt i materialmodulen i www.klimagassregnskap.no

1. Krav til mengdefortegnelse

Først skritt er å få frem den mengde som er benyttet eller planlagt benyttet for det enkelte material.

Det å lage en fullstendig oversikt over materialbruk og -mengde for en bygning, er en meget tidkrevende prosess - det er derfor her viktig å ta utgangspunkt i de mengdefortegnelser man kan gjøre regning med å finne ute i de enkelte prosjekter.

Hva kan finnes for det enkelte prosjekt:

- kostnadskalkyler på element- og prislinjenivå, som f.eks. laget i Calcus kalkulasjonssystem
- for hovedentrepriser ol.: utsendt anbuds materiale med detaljert beskrivende mengdeberegninger (f.eks. iflg. NS 3420)
- for totalentrepriser: totalentreprenørs egne beskrivende mengdeberegninger – her kan detaljeringsnivået variere noe, så dette må vurderes fra prosjekt til prosjekt ev. FDV-dokumentasjon

For vårt videre arbeid med oppbygning av Materialmodulen, har vi tatt utgangspunkt i at det er mulig å fremskaffe en eksisterende mengdefortegnelse for det enkelte bygg (ev. grupper av bygg) – mengdefortegnelsen må videre tilfredsstillende følgende spesifikasjoner:

- den må være detaljert nok til at plassbygde bygningsdeler er delt opp i sine enkelte komponenter (f.eks. at en innvendig lettvegg har ulike poster for alle sine enkeltdeler - dvs. for så som stenderverk av stål, mineralull og gipsplater).
- den må kunne la seg overføre til en filtype hvor man enkelt kan summere poster av samme type material ol. (f.eks. excel)
- den bør være organisert etter bygningsdel og ev. også etter fag

Har man en eksisterende mengdefortegnelse som tilfredsstillende disse kravene, vil denne relativt enkelt kunne bearbeides videre og mengdene legges inn i Materialmodulen.

I tillegg må vi også over fra nettomengder i beskrivelsen til bruttomengder for å få reelle tall for materialbruk – dvs. at vi må medta en viss andel for kapp og spill på byggeplass. Dette kan ev. legges inn som en automatisk prosentvis økning i selve modulen for utregning av klimagassutslipp (foreløpig uavklart).

Det vil selvfølgelig også være mulig å sette opp klimagassregnskap for prosjekter som ikke kan fremskaffe en mengdefortegnelse som nevnt over, men prosessen rundt dette vil da kunne bli relativt mye mer omfattende og tidkrevende.

2. Bearbeiding av eksisterende mengdefortegnelse

I eksisterende mengdefortegnelser er hver enkelt type bygningsdel og oppbygningen av denne beskrevet for seg – i poster og underposter. Samme type material går da gjerne igjen i mange ulike bygningsdeler – slik at det blir flere tilnærmet like underposter (f.eks. benyttes gjerne gipsplater som kledning i mange ulike typer innervegger i tillegg til både i ulike typer yttervegger og dekker).

Før vi kan starte innleggingen i Materialmodulen må derfor mengdefortegnelsen bearbeides - i f.eks. Excel. Her kan vi slå sammen poster med samme material samt enhet og materialdimensjon, slik at det totale antall mengder for innleggelse i klimagassregnskapsmodulen blir mer håndterlig.

Dersom vi her velger å slå sammen alle poster og underposter med samme materialmessige innhold på tvers av bygningsdeler og typer – vil vi få færrest mulig poster å legge inn i Materialmodulen, men samtidig mister vi også da muligheten til å bruke denne mer aktivt. Vi har derfor valgt å slå sammen poster som nevnt over, kun innenfor en og samme hovedbygningssdel (dvs. at vi f.eks. summerer gipsplater for innervegger, yttervegger og dekker for seg). Dette for å få synliggjort utslippsverdiene pr. bygningsdel, og få muligheten til å kunne foreslå alternative løsninger for å få ned utslippene allerede i planleggingsprosessen. Vet man f.eks. at utslippene fra en bygningsdel er spesielt høye, kan man gå direkte inn og vurdere materialvalget i disse og finne alternative løsninger. Et eksempel: I første omgang er det benyttet ”ekstremt” mye aluminium i en fasade. Aluminium har høye utslippsnivåer ved produksjon. Man kan da foreslå enten å anvende mer resirkulert aluminium eller endre fasadematerialer til noe med vesentlig lavere utslipp.

3. Organisering av mengder

For Materialmodulen har vi da valgt å organisere innleggelsen av materialer etter bygningsdel.

Da alle kalkyler og beskrivelser til dags dato er bygd opp iht. gammel NS 3451, er det valgt å benytte denne som hovedinndeling også for Materialmodulen – dette for å kunne bruke eksisterende data som vi finner dem i prosjektene direkte - og også for å sikre gjenkjennelse og trygghet i bruk samt minst mulig friksjon.

Samtidig må Materialmodulen ha rom for utvikling/overgang til ny NS3451 etter hvert som bransjen forøvrig tar denne i bruk (før den brukes direkte ute i prosjektene, vil bruk i klimagassregnskapet gi både merarbeid ved innleggelse av data samt økt fare for irritasjon til systemet)

Materialmodulen er da altså organisert som følger – for de bygningsmessige arbeider:

- Bygning
- Grunn og fundamenter
- Bæresystemer
- Yttervegger
- Innervegger
- Dekker – evt. med underinndeling i bærende deler, himlinger og gulvbelegg
- Yttertak
- Fast inventar
- Trapper, balkonger mm

Gjennom bearbeidelse av mengdedata iht. ovenstående, skal man være klar for innleggelse i Materialmodulen.

4. Materialmodulen – innlegging av data

For at modulen skal kunne benyttes direkte av de enkelte parter i byggeprosessen må den fremstår så enkel og velkjent som mulig – det er derfor viktig at bruker får taste inn sine materialmengder med de enheter som man vanligvis benytter i bransjen, dvs. slik man er vant til å regne materialer og produkter gjennom

prosjektering og bygging – i m², m, stk, m³ osv. (videre er dette også som nevnt en del av årsaken til at vi har valgt å benytte gammel NS3451 for organisering av mengdene).

Dette benyttes da som hovedregel i systemet. Da klimagassutslipp for materialer som regel er oppgitt i enheten g utslipp pr. kg basismaterial, må det imidlertid foretas en omregning fra vanlig benyttede enheter for materialmengder, til enheten kg eller tonn av det enkelte basismaterial. Denne omregningen foretas automatisk i Materialmodulen.

5. Materialmodulen – automatisk omregning fra vanlig benyttede enheter til enhet basismaterial

'Rene' produkter som kun består av en materialtype kan her regnes direkte om fra f.eks. antall m² material av en viss tykkelse til totalt antall kg - ved bruk av materialets densitet. Vi har imidlertid også en del sammensatte produkter (som f.eks. vinduer) – og disse må først splittes opp i sine enkelte materialdeler – før selve omregningen kan starte.

For å kunne lage en automatisering her har vi måttet foreta noen forenklinger – følgende gir en oversikt over disse:

- mange materialer fins med flere ulike densiteter – for omregning har vi her stort sett benyttet den antatt vanligste densitet for materialtypen (f.eks. vanligste densitet for sponplater, MDF-plater ol.), med unntak for de materialer hvor ulike densiteter helt klart tilfredsstillende ulike funksjoner (f.eks. vanlige gipsplater og brannplater av gips)
- der materialer kan fremskaffes i mange ulike tykkelser benyttes et representativt utvalg
- for flere sammensatte produkter kan selve sammensetningen av basismaterialer i produktet variere en god del mellom ulike produsenter og typer (f.eks. for vinduer som jo inneholder både treverk, maling tettelister, glass, kanskje noe stål, etc., kan andelen av det enkelte material være relativt ulik) – her vil det bli foretatt forenklinger og satt en representativ snittverdi som vil bli gjeldende for bygningsdelen/produktet generelt (uavhengig av størrelse og type/produsent)

6. Materialmodulen – basismaterialer

Viser til notat Klimagassregnskap for bygg – sammendrag, for angivelse av de basismaterialer vi har dokumenterte utslippsverdier for.

Det er ikke funnet dokumenterte utslippsverdier for alle typer materialer som benyttes i bygg, en del vanlig benyttede materialer er likevel tatt med i modulen – for ev. senere innfylling av verdier etter hvert som de forhåpentligvis blir mulig å fremskaffe/dokumentere.

Da det fins et utall av byggeprodukter som det er mulig å benytte, kan det også forekomme materialer som ikke er medtatt i Materialmodulen i det hele tatt – denne må derfor ha en åpning for videre tilføyelser av nye eller sammensatte basismaterialer etter hvert som de fremkommer.

I denne første versjonen er det kun medtatt verdier for de bygningsmessige arbeider – tekniske anlegg er foreløpig ikke medtatt, men systemet gir selvfølgelig mulighet for å relativt enkelt legge disse til etter hvert. Dette er gjort fordi det i denne fasen har vært viktig å få selve systemet på plass – så kan man foreta tilføyelser innenfor dette etter hvert.

Det er slik sett en noe forenklet versjon som lages, men samtidig en versjon med full mulighet for videre utvikling - både til å ta med også de tekniske fag og til å utvide med flere basismaterialer og ev. også sammensatte produkter direkte, etter hvert som det foreligger dokumenterte verdier.

Etter hvert kan man også tenke seg at den enkelte produsent kan dokumentere sine produkters utslippsverdier direkte. Utbygger kan da velge mellom ulike produkter også ut fra de utslippsverdier de har. Etter hvert som flere data og nye data for utslippsfaktorer per basismaterialet må man kunne benytte disse produktverdiene direkte inn i klimagassregnskapet. Systemet pr. i dag legger ikke opp til en slik bruk som er koplet til produkt. Fremtidige versjoner kan utvikles til å gi denne muligheten. Det er viktig ikke minst for å få en endelig dokumentasjon av klimagassutslipp etter at bygget er ferdig

Det fins også i dag noen produkter med dokumenterte utslippsverdier (EPD'er), men dette er foreløpig for begrenset til å kunne benyttes direkte inn i systemet pr. i dag.

8. Tanker om eventuell utvikling av forenklet delmodul – for bruk med nøkkeltall

Etter hvert som selve Materialmodulen er tatt i bruk og vi begynner å få en del erfaringstall – kan man tenke seg en videre utvikling av en planleggingsmodul til bruk tidlig i plan- og prosjekteringsprosessen for byggeprosjekter.

Her skal man, ved å legge inn en del nøkkeltall, få et estimert overslag over forventet klimagassutslipp for prosjektet. Høye forventede verdier her kan da også spore til valg av alternative løsninger for å få klimagassutslippene ned.

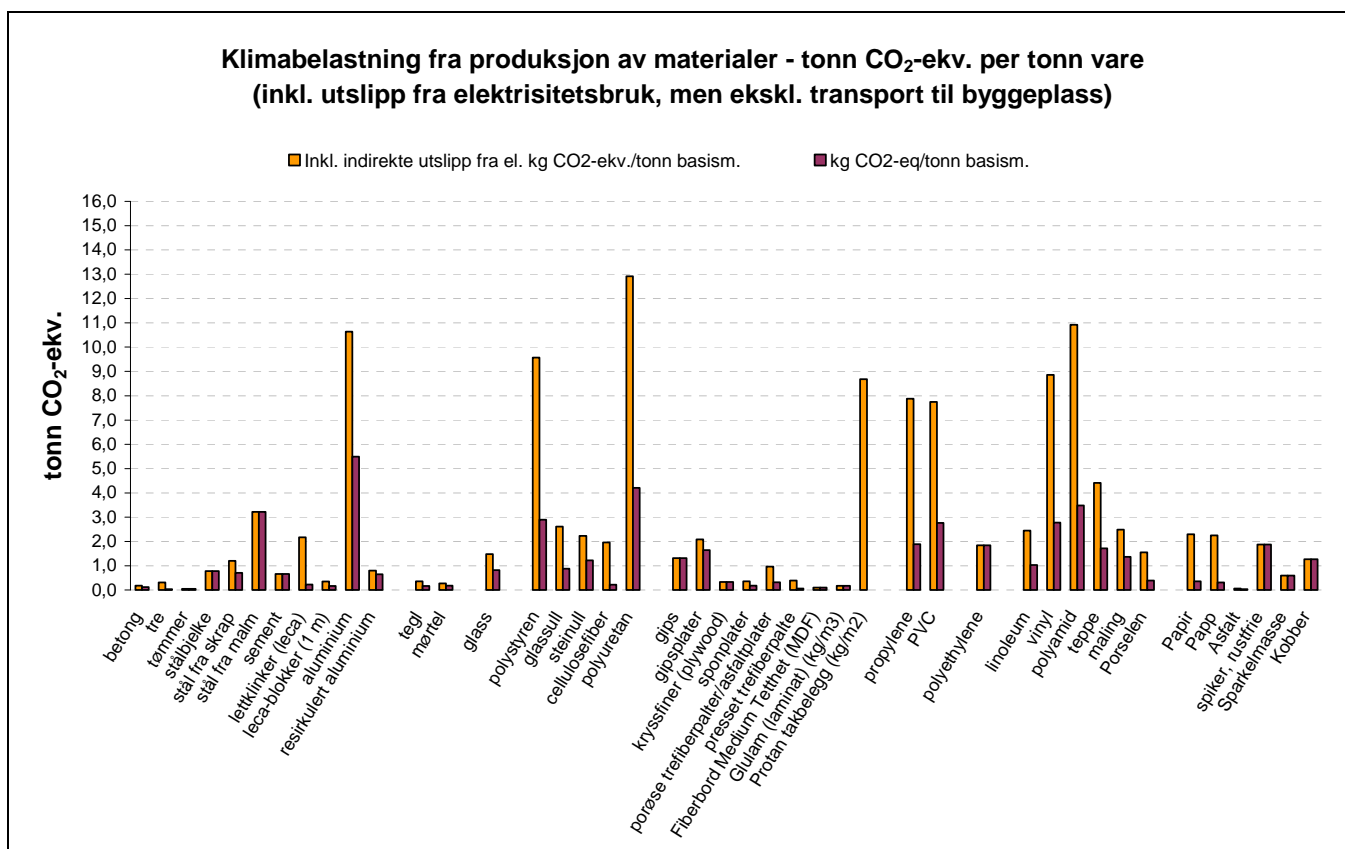
For å få frem dette, er det viktig at vi allerede fra begynnelsen av får nøkkeltall lagt i Klimagassregnskapet sammen med materialmengdene.

Vedlegg 3 – Utslippsfaktorer for materialer

Cicero v/Kristin Rypdal og Line Sunniva Flottorp

Det er gjennomført en litteraturstudie av klimagassutslipp fra produksjon av ulike byggematerialer. Utslipp av karbondioksid (CO₂), metan (CH₄), og lystgass (N₂O) samt de fluorholdige gassene HFK, PFK og SF₆ slippes ut ved produksjon av byggematerialer og bidrar til global oppvarming. En økende konsentrasjon av disse gassene i atmosfæren er derfor ikke ønskelig. Valg av byggematerialer vil ha konsekvenser for det totale klimabelastningen fra et bygg. Resultatet av denne studien vil bli brukt til å utarbeide et klimagassregnskap for bygg.

I figur v3.1 er utslippsfaktorene vist som stolpediagram for de alle basismaterialer det har vært mulig å finne godt underbygde og konsistente data for.



Figur v3.1: Klimagassutslipp ved produksjon av bygningsmaterialer, CO₂-ekv./tonn materiale. Transport fra produksjonssted til byggeplass er ikke inkludert.

1. Momenter til klimaregnskapet

Innsamlingen av data for de enkelte byggematerialene i dette prosjektet er basert på litteratursøk, og flere kilder er brukt for å dekke alle relevante materialer. Dataene inkluderer utslipp fra råstoffuttak, transport til produksjonssted, og produksjon. De fleste dataene reflekterer utslipp i Norge. Der hvor det har vært forskjellige beregninger tilgjengelig er kilden med antatt best tilpasning til norske forhold i dag tatt med. Noen av datakildene er imidlertid mer enn ti år gamle. Det vil gå frem av beskrivelsen av de enkelte materialene i klimagassregnskapet hvilke forutsetninger som er benyttet.

De forskjellige klimagassene har forskjellig virkning på klimaet. Det er også forskjellig hvor lenge utslipp av de ulike gassene fortsetter å påvirke atmosfærens sammensetning. CO₂ har for eksempel en forholdsvis svak, men svært langvarig virkning på klimaet, mens metan har en langt kraftigere, men mer kortvarig virkning. For å sammenligne klimaeffekten av ulike gasser er det vanlig å bruke GWP-verdier (Global Warming Potential). Ved å multiplisere med GWP kan utslipp av andre klimagasser som CH₄, N₂O, HFK, PFK og SF₆ regnes om til såkalte CO₂-ekvivalenter. Det er vanlig å anta at å redusere utslippene med ett tonn CO₂ har samme virkning som å redusere utslippene med ett tonn CO₂-ekvivalenter av en hvilken som helst annen klimagass.

GWP-verdier (verdiene brukt i Kyoto-protokollen)

Klimagass	Klimaeffekter over 100 år (GWP-verdier som CO ₂ -ekvivalenter)
Karbondioksid, CO ₂	1
Metan CH ₄	21
Lystgass, N ₂ O	310
Hydrofluorkarboner, HFK	140 – 11 700
Perfluorkarboner, PFK	6 500 – 9 200
Svovelheksafluorid, SF ₆	23 900

2. Materialer som er med i klimagassregnskapet

For hvert enkelt materiale vil det være oppgitt utslippstall, beregnet i CO₂ ekvivalenter, samt energiforbruk under produksjon.

Utslipp stammer både fra energibruk og fra produksjonsprosessen (utvinning og innsats av andre materialer enn energivarer)¹. Det har for enkelte materialer vært vanskeligere og mer krevende å få tilgang på utslipsstallene fra produksjonsprosessen. I flere tilfeller er flere datakilder sammenholdt og det er gjort sjekk av konsistens av dataene på tvers av ulike byggematerialer.

Med utgangspunkt i kalkyleberegninger kan mengden av de ulike materialene i et byggeprosjekt bestemmes. Det bør i tillegg kalkuleres inn et svinn på byggeplassen. Et byggeprosjekt vil således ha mulighet til å sette opp et klimagassregnskap for eget prosjekt basert på egen estimert kalkyle og tallene oppgitt i klimagassregnskapet som følger.

2.1 Utslippsestimater

Utslippsestimatene er basert på en litteraturgjennomgang. Data fra Fossdal, 1995, er oppdatert/revidert av Fossdal i 2006. Referanser for reviderte verdier er gitt som fotnote, og det er disse verdiene som anbefales å anvende i modellberegningene.

¹ Bruk av energi som råstoff for eksempel i plastproduksjon regnes som prosessutslipp.

A Bæresystemer og elementer – kg CO₂-ekv. per tonn materiale

kode	MATERIALER	kg CO ₂ -eq / tonn		
			Revidert 2006	Ref.
Bæresystemer og elementer				
A1	betong	115	122	2
A2	tre	40		
A3	tømmer	50		
A4	Stålbjelke Recovery Rate 96%	780	737	3
A5	stål fra skrap RR 90%	245	710	4
A6	stål fra malm	1072	3215	5
A7	sement	856	656	6
A8	lettklinkerblokker (lecablokker)	226		
A9	lecablokker (1 meter grunnmur)	161		
A10	Aluminium (Bauxitt)	2 082	10634	7
A11	resirkulert aluminium	287	801	8

Hovedsakelig så er estimatene hentet fra en studie utført av Fossdal i 1995, revidert/verifisert av Fossdal 2006. Unntakene er tømmer, hvor tallene er fra USA EPA (2002), og stålbjelker som er hentet fra en EPD, næringslivets stiftelse for miljødeklarasjoner. I tillegg er utslipp fra aluminiumsproduksjon hentet fra Norsk industri. Her er estimatene basert på rapporterte utslippsstall til SFT for aluminiumsbransjen totalt i 2005.

Forskjellen mellom de originale og verifiserte dataene er særlig stor for aluminiumproduksjon. Dette kan forklares med forskjellen mellom norsk og europeisk industri. Siden et norsk bygg trolig like gjerne kan kjøpe europeisk som norsk aluminium er trolig det høyeste tallet mest riktig å bruke. Forskjellen er også stor for stål.

B Fasadematerialer

kode	MATERIALER	kg CO ₂ -eq / tonn
Fasademateriale		
B1	Tegl	165,5
B2	Mørtel	185

Estimatene hentet fra en studie utført av Fossdal i 1995.

C Glass

kode	MATERIALER	kg CO ₂ -eq / tonn	
glass			
C1	glass ⁹	609	820

Estimatene hentet fra en studie utført av Fossdal i 1995, revidert 2006.

²Ferdigbetong Unicon AS, NEPD nr. 47N 2004

³World Steel Life Cycle Inventory EU average Product: Sections (2000)

⁴Environmental declaration Hot rolled steel plate RUUKKI Valid until 2008

⁵World Steel Life Cycle Inventory EU average Product: Hot Rolled Coil BPRoute 2000

⁶Norcem Standardsement FA, NEPD nr. 24 N 2002

⁷Environment Profile Report for the European Aluminium Industry (EAA) 2000

⁸Environment Profile Report for the European Aluminium Industry (EAA) 2000

⁹Pilkington Fasadeglass

D Isolasjon

Kode	MATERIALER	kg CO ₂ -eq / tonn	
			Rev. 2006
D1	polystyren ¹⁰	5412	2900
D2	Glassull (glava)	876	820
D3	Steinull (rockwool) ¹¹	774	1172
D4	Cellulosefiber ¹²	166	220
D5	Polyuretan ¹³	4807	4210
D6	Cellulosefiber	166	

Estimatene hentet fra en studie utført av Fossdal i 1995, revidert/verifisert av Fossdal i 2006.

Innholdet av resirkulert glass i glassull er i studien til Fossdal (1995) basert på 30 %, men det bør påpekes at denne mengden i løpet av de ti årene som har gått siden dette estimatet ble beregnet sannsynligvis har økt betraktelig.

Celluloseisolasjon blir i hovedsak fremstilt av returpapir tilsatt brannhemmende kjemikalier. Forskjellige produsenter tilsetter forskjellige typer kjemikalier og med varierende prosentandel. Tilvirkningen av cellulosefiber er direkte koblet til gjenvinning av overskuddspapir fra innsamling, og bør derfor ikke ses i sammenheng med avvirkning av skogfremstilling av cellulose og papir.

E Ulike typer platematerialer

kode	MATERIALER	kg CO ₂ -eq / tonn	
ulike typer platematerialer			
E1	Gips	1310	
E2	Gipsplater	1641	
E3	kryssfiner (plywood) ¹⁴		333
E4	Sponplater ¹⁵	45	185
E5	porøse trefiberpalter / asfaltplater ¹⁶	118	320
E6	presset trefiberplate	67	
E7	MDF (Medium density fiberboard)	100	
E8	Glulam (laminat) (kg/m3)	169,64	
E9	Protan takbelegg ¹⁷		2076

Estimatene for forskjellige platematerialer er hentet fra forskjellige kilder. Råproduksjon av gips er hentet fra Sjunnesson (2002), og dette estimatet er lagt sammen med Fossdals (1995) estimat for produksjon av gipsplater av gips.

¹⁰ Plastic Europe Polystyrene general purpose 1994

¹¹ Rocwool Hardrock 1998

¹² Norsk Celluloseisolasjon/ Nordiska Ecofiber Norge AS 1999

¹³ APME (POLYOLS) Side 32-39

¹⁴ Vänerply AB 1999

¹⁵ Forestia Gulv 1998

¹⁶ HUNTON FIBER AS Hunton undertak 2002

¹⁷ Protan 2004

Kryssfiner og laminat er et estimat fra Puetzman og Wilson (2005). Merk også at dette estimatet er oppgitt i kg/m³.

Sponplater og trefiberplater er basert på estimater i Fossdal (1995). MDF er estimater fra USA EPA (2002) hvor klimagassutslipp fra produksjonen av MDF er beregnet.

Utslipp fra produksjon av takbelegg er et estimat fra en EDP, stiftelsen for miljødeklarasjoner, med utgangspunkt i produksjon av Protan takbelegg.

F ulike typer membraner og tettsjikt

kode	MATERIALER	kg CO ₂ -eq / tonn	
ulike typer membraner og tettsjikt			
F7	propylen ¹⁸	1331	1890
F8	PVC ¹⁹	687	2760

Estimat for propylen er fra Plastic Europe (2006) som er en internasjonal bransjeorganisasjon. Estimaten for produksjon av PVC er svært forskjellige, og varierer fra 687 CO₂-eq kg/ tonn PVC opp til nesten 1550 CO₂-eq kg/tonn PVC. Vi har valgt å bruke estimatene til Fossdal (1995) fordi den store forskjellen i kildene sannsynligvis er på grunn av energibruk under produksjon, hvor Fossdal har sett på PVC fremstilling i Norsk Hydro. Den forslåtte oppdateringen fra Fossdal gir enda høyere tall, dette er europeiske data. Som argumentert for aluminium kan det være mest riktig å bruke dette i analysen.

G Bunnfyllingslister og fugemasse

kode	MATERIALER	kg CO ₂ -eq / tonn
bunnfyllingslister og fugemasse		
G1	polyethylene ²⁰	540 (1840)

Beregning er gjort av USA EPA (2002).

H Overflater

kode	MATERIALER	kg CO ₂ -eq / tonn
overflater		
H1	Linoleum	1025
H2	Vinyl	2778
H3	Polyamid	3486
H4	Teppe	1712
H5	Maling	1365
H6	Porselen	391

Estimatene er beregnet av Fossdal (1995).

18 Polypropylen APME Polyolefins side 33-39, 2003

19 APME PVC Europe (emulsion polymerised) 1997

20 APME:Polyolefins 2003 s. 19

Diverse kompletteringer

kode	MATERIALER	kg CO ₂ -eq / tonn
div kompletteringer		
I1	Papir	354
I2	Papp	310
I3	Asfalt	35
I4	spiker, rustfrie	1870

Estimatene for papir er laget av USA EPA (2002). Estimatene for papp og asfalt er beregnet av Fossdal (1995). Spikerestimatene er fra en EDP laget for Gunnebo industrier.

3. Oppsummering

Denne studien har gjennomgått ulike studier som har estimert bygningsmaterialenes klimabelastning ved produksjon. Å beregne klimabelastningen fra produksjonen av byggematerialer er vanskelig. Utslippene avhenger av materialbruk, transportveier til og/eller mellom produksjonsanlegg og fordeling på energikilder i produksjonsfasen. Når vi har beregnet hvilke materialer som totalt sett betyr mest for klimabelastningen kan det være mulig å forbedre dataene for disse.

Oppdateringen/revidering som viser estimater fra Fossdal basert på hans arkiver gir i en del tilfeller forskjellige estimater. Noen kan forklares med forskjeller mellom norsk og europeisk produksjon. Siden norske bedrifter stort sett handler på det europeiske markedet er det siste mest riktig å bruke. Siden Fossdal er original kilde i mange tilfeller vil det være mest riktig å bruke hans foreslåtte oppdateringer/revidert verdi i beregningsverktøyet www.klimagassregnskap.no.

4. Referanser

EPD, næringslivets stiftelse for miljødeklarasjoner, online: <http://www.epd-norge.no/>, <http://www.nho.no/miljo/printart2680.html>

Fossdal, Sverre (1995): **Energi- og miljøregnskap for bygg: fremstilling av byggematerialer, regnskap for boliger og kontorbygg**, Prosjektrapport / Norges byggforskningsinstitutt ISBN: 82-536-0481-5 (h.)

Norsk Industri (2005): **Kraftig reduksjon av klimagassutslipp**, online: <http://www.norskindustri.no/getfile.php/Dokumenter/PDF/rapp-klimagasser%20-AI%202005.pdf>

Puettman, Maureen and Wilson, James (2005): **Life cycle analysis of wood products: cradle to gate LCI of residential wood building materials**, Wood and fiber science 37 pp18-29, Corrim Special Issue.

Sjunnesson, Jeanette (2005): **Life cycle assessment of concrete**, master thesis Lund University Department of technology and Society, environmental and energy systems studies.

USA EPA (2002): **SOLID WASTE MANAGEMENT AND GREENHOUSE GASES: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks**, 2nd EDITION, EPA530-R-02-006 May 2002.

Vedlegg 4 – Transportmodulen - Nærmere beskrivelse av oppbygning og forutsetninger.

Av Siv.ing. Arne Stølan, Civitas AS

Foreliggende notat er utarbeidet som grunnlag for implementering av en oppdatert versjon av transportmodulen i den nettbaserte beregningsmodellen for klimagassutslipp fra bygg.

Følgende kildegrunnlag er benyttet:

- TØIs nasjonal reisevaneundersøkelse for 2005, rapport 844 (nøkkelrapporten)
- PROSAMs reisevaneundersøkelse for Oslo og Akershus 2001
- Ulike trafikkberegninger utført av Civitas i tilknytning til enkeltstående konsekvensutredninger. Disse bygger igjen på ulikt kildemateriale (litteratur, undersøkelser, skjønn) som det fører for langt å redegjøre for på en utdypende måte her

Geografisk variasjon

Det er lagt til grunn geografisk variasjon iht. det vi finner i den nasjonale reisevaneundersøkelsen for 2005. For Oslo-området burde det egentlig også vært gjort en tilleggsvariasjon iht. den lokale reisevaneundersøkelsen fra 2001/2002. Dette bør vurderes i forbindelse med utarbeidelsen av neste versjon av beregningsopplegget.

Arealbruk

Foreliggende versjon av beregningsopplegget inkluderer arealbruksformålene bolig, kontor og handel. Det er for disse formålene det finnes lett tilgjengelige turproduksjonsfaktorer.

Beregningene kan med fordel baseres på turproduksjonsfaktorer per arealenhet (per 100 m² areal). I praksis oppgis imidlertid turproduksjon også per ansatt og per bosatt. Det er derfor valgt å gå vegen via bosatte og ansatte for å komme fram til turproduksjon per 100 m². Dette gir også en logisk tilbakekobling til valg man har som utbygger.

Turproduksjon

Fem reisehensikter er lagt til grunn: Arbeid, tjeneste, innkjøp/service, andre personturer og varetransport.

To forenklinger er viktige å være oppmerksom på:

- Det skilles ikke mellom skolereiser og arbeidsreiser. Dette gir en litt for høy bilandel for boligbaserte arbeidsreiser, men vi treffer bedre på næringsvirksomhet
- Andre personturer er en stor sekkepost som muligens burde ha vært videre forfinet. Empirien er imidlertid mangelfull²¹

Geografisk variasjon legges inn for næring, ut fra en antakelse om at sentralt beliggende næringsvirksomhet er mer besøksintensiv enn mer perifert beliggende næringsvirksomhet.

²¹ SINTEF er engasjert av Vegdirektoratet for å lage en ny versjon av Håndbok 146. Denne vil forhåpentligvis samle og "sette på plass" empirien på en helt annen måte enn det vi har i dag. Forprosjekt er fullført. Framdrift for hovedprosjekt som behandler tallgrunnlag er ikke kjent.

Benyttede turproduksjonsfaktorer er ikke vitenskapelig/empirisk tilstrekkelig forankret. En slik forankring skjer best når revidert utgave av Håndbok 146 foreligger fra Vegdirektoratet.

I mellomtiden baserer vi oss på foreløpige faktorer hentet fra egne arbeider. Disse er ikke nødvendigvis godt nok tilpasset et generelt utgangspunkt, slik vi har nå.

Det gjøres oppmerksom på at benyttede turproduksjonsfaktorer for innkjøp og service ikke er representativ for dagligvarehandel og kjøpesentra. De benyttede faktorer anses som mer representative for storvarehandel (som har færre besøkende per arealenheter) og for småskala dagligvareforretninger, med et innslag av servicevirksomhet.

Reisemiddelfordeling

Nasjonal RVU inneholder en spesifikasjon av reisemiddelfordeling både for ulike reisehensikter og for ulike deler av landet. Spesifikasjonen er imidlertid framstilt med mange hull. Dette har gjort det nødvendig i denne omgang å gjøre noen skjønnsmessige tillempninger.

Hull for reisehensikt har vi bla. for tjenestereiser.

Den mest konstant gjennomgående opplysningen vi har å bygge på er bilførerandel.

I en senere versjon foreslås tanken om å gjøre egne, tilpassede uttak fra RVU fullført.

Korreksjon av reisemiddelfordeling

Korreksjon av bilandeler er gjort ut fra RVU data, som viser bilførerandelens variasjon, som følge av ulike parkeringsreguleringer.

Det er ikke korrigeret for kollektivtilbud og for parkeringsnorm, da øvrig variasjon i dataene antas å fange opp en god del av dette.

Korreksjoner gjøres kun for arbeidsreiser i denne utgaven. Dette betyr to forenklinger:

- Også besøkende vil bli påvirket (færre bruker egen bil)
- Bosattes arbeidsreiser påvirkes mindre, og bør regnes separat

Dette er ting som det bør gjøres mer med i neste versjon. Det samme gjelder kollektivtilbud og parkeringsnorm og samspill mellom disse forholdene.

Det er forutsatt fast volum arbeidsreiser som følge av strengere parkeringspolitikk. Dette innebærer også at det er tatt inn noen skjønnsmessige faktorer for hvor disse reisene blir av, hovedtyngden er lagt på overføring til kollektivtransport (tre av fire reiser).

Reiselengder mv.

Fra RVU har vi kunnskaper om

- Reiselengder per transportform
- Reiselengder per reisehensikt
- Geografisk variasjon i reiselengder per reisehensikt

Dataene er ikke fulldekkende. Dette gir et behov for, i denne omgang å kombinere disse opplysningene til et estimat. Dette er gjort ved å regne gjennomsnittlig geografisk variasjon for alle reisehensikter, og så kombinere dette med reiselengder per transportform.

Dette gir en feil ift. at variasjonen er ulik for ulike transportformer. For eksempel ligger Oslo under landsgjennomsnitt når det gjelder arbeidsreiser, men over landsgjennomsnitt når det gjelder innkjøp og fritid. Dette overses i denne versjon av beregningsopplegget, men bør gis oppmerksomhet videre i en senere versjon.

Vi får også en svært lang gjennomsnittlig kollektivreise ut av den nasjonale reisevaneundersøkelsen (en lengde som ligger klart over den reiselengde man har i Oslo-området). Det er uklart hva dette skyldes (feil i rapportering, bruk av definisjoner som ikke umiddelbart er fattbar for leseren, eller annet). For ikke å komme veldig skjevt ut ift. RVU'en, er verdien korrigeret, men ikke dramatisk (kun 25 % reduksjon).

Oppregning fra virkedøgn til år gjøres med en faktor på 300.

Omregning fra personkilometer til kjøretøykilometer

For bil legges det til grunn en gjennomsnittlig belegg på 1,3. Dette er i henhold til PROSAMs bilbeleggsundersøkelse.

Vi vet imidlertid at bilbelegg varierer for ulike reisehensikter. Dersom man i beregningene har en arealbruk som ikke genererer "gjennomsnittlig reisehensiktssammensetning", så vil man kunne havne feil ut. Det er ikke tatt stilling til hvilken feil bruk av dette gjennomsnittlige bilbelegget kan gi. Dette bør imidlertid følges opp videre i en senere versjon av beregningsopplegget.

Gjennomsnittlig belegg for kollektive transportmidler vil variere mye, avhengig av driftsart.

I beregningsopplegget nå er det lagt til grunn følgende:

- Først skilles en andel som tas med skinnegående transportformer ut
- Deretter beregnes kjt.km med buss ut fra gjennomsnittlig belegg

Gjennomsnittlig bussbelegg vil variere en god del, avhengig av hvor i landet kjøringen foregår.

Det er ikke gjennomgått ulike statistikker for å få orden på geografisk variasjon i bussbelegg. SSB rapporterer ikke lenger, i hvert fall ikke på en lett tilgjengelig måte, vognkm for buss. Oslo sporveiers årsmelding viser imidlertid 19,5 personkm per vognkm for buss. I vårt beregningsopplegg har vi valgt å legge oss noe lavere, med et gjennomsnittsbelegg på 15.

Gjennomsnittlig passasjerbelegg i kollektivtrafikken bør gis mer oppmerksomhet i en neste versjon av beregningsopplegget. Dette gjelder ikke bare for buss, men også for skinnegående kollektivtrafikk, hvis ambisjonen skal være å kunne regne utslipp fra elektrisitetsbruk/produksjon.

Andel som tillegges prosjektregnskapet og andel på hovedvegnettet

I og med at en reise har både et start- og et målpunkt, synes det urimelig, å legge hele utslippet på prosjektet. Som en forenklet tilnærming legges derfor kun halvparten av utslippet på prosjektet (og den andre halvparten på start- eller målpunktet for reisen utenfor prosjektet).

Ved store utbygginger (som f. eks. Fornebu), som vil ha en andel lokale bilreiser innenfor utbyggingsområdet, gir dette en liten undervurdering av utslippene.

Utslipp per kjt.km vil, i hvert fall for bil, avhenge av kjørehastighet. Det er derfor også lagt inn en splitt i kjt.km ift. om man kjører over eller under 50 km/t.

Splitten er basert på en vurdering av Oslo-området, og det er lagt på en skjønnsmessig geografisk variasjon med samme områdeinndeling som ellers benyttet.

kjt.km buss er ikke splittet. Dette har vi ikke data for.

Vedlegg 5 – Teknisk løsning - modellkonseptet

Av Cand.scient Tom N. Hamre, Urbanet

Klimagassregnskapet er implementert som en web-tjeneste på <http://www.klimagassregnskap.no>, med PHP som skriptspråk for generering av alt dynamisk innhold. Bakenforliggende database er MySQL. Kombinasjonen PHP/MySQL er en vanlig løsning ved utvikling av databasedrevne nettsider.

På grunn av prosjektets svært begrensede ressurser til systemutvikling har det vært nødvendig å implementere en skreddersydd løsning. Det vil si at det ikke har vært anledning til å vurdere å ta i bruk større kommersielle standarder for dataintensive web-løsninger. Vår løsning er skreddersydd (i negativ forstand) på den måten at den er bygget opp ”rundt” problemstillingene etter hvert som disse har dukket opp når prosjektet har gått framover, framfor å legge en forhåndsdefinert teknisk kravspesifikasjon ”inn i” en større standard. Merk at det også er slik at en del innhold og utregninger er hardkodet direkte i PHP (det vil si at tall er plassert direkte i kildekoden, og at det ikke er noe brukergrensesnitt for å endre dem).

Løsningen er likevel velfungerende for brukeren, men vedlikehold og eventuell videreutvikling må angripes på en annen måte enn det som ville være tilfelle i større systemer. I vårt tilfelle vil vedlikehold kunne sammenliknes med å vedlikeholde et system av regneark. I en eventuell ny fase i utviklingen av klimagassregnskap for byggeprosjekter bør det vurderes å velge en større og mer fleksibel teknisk løsning. Dette er ikke først og fremst begrunnet i størrelsen på modellen (med hensyn til data og beregninger er det en liten modell), men handler mer om vedlikehold og fleksibilitet i modellens levetid. Men hvis modellen skal tas i bruk for mange utbyggingsprosjekter, la oss til mer enn 100, vil størrelse/kapasitet også bli et argument for å gå over på en annen teknisk løsning.

Virkemåten til vår løsning (dagens løsning) er kort beskrevet nedenfor.

Den som skal fylle ut regnskap for et byggeprosjekt må logge inn med en prosjektkode og et passord. Oppretting av prosjekter og passord må (pr i dag) gjøres av systemutvikler.

I modulene for anleggsfasen, stasjonær energi og transport lagres utfylte data i en samletabell der nøkkel er prosjektkode og variabelnavn. Hver av disse modulene har en lenke for å beregne utslipp. Programmet henter da de brukerdefinerte variablene, og regner sammen til samlede utslipp (gjøres kun ved hjelp av PHP).

I materialmodulen er opplegget litt mer komplisert. Definisjoner av utregningene ligger her spesifisert i egne tabeller, og utregningene baseres seg på SQL-kommander i samspill med PHP. Det henvises til kildekoden for detaljer rundt dette.

Siden alle data lagres sentralt på web-serveren vil det være mulig å lage sammenstillinger og f eks summere komponenter i ulike regnskap. Det er også en fordel at endringer i forutsetninger om f eks utslippsfaktorer kan gjøres sentralt.

Det vil også være relativt enkelt å legge ut flere delsummer, der utslippene er sammensatt av flere utregninger/komponenter (dette kan f eks være utslipp knyttet til ulike arealbrukskategorier).

Vedlegg 6 – Energiinnhold, tetthet og virkningsgrad

Anvendt som grunnlag i beregning av energibruk til stasjonære formål og transport.

Energiinnhold, tetthet og virkningsgrad

Kilde: www.ssb.no , 2006

Gjennomsnittlig energiinnhold, tetthet og virkningsgrader etter energivare¹

Energibærer	Teoretisk energiinnhold	Tetthet	Virkningsgrader		
			Industri og bergverk	Transport	Annet forbruk
Kull	28,1 GJ/tonn	..	0,8	0,1	0,6
Kullkoks	28,5 GJ/tonn	..	0,8	-	0,6
Petrolkoks	35,0 GJ/tonn	..	0,8	-	-
Råolje	42,3 GJ/tonn = 36,0 GJ/m ³	0,85 tonn/m ³	..	..	..
Raffinerigass	48,6 GJ/tonn	..	0,95	..	0,95
Naturgass (2004) ²	40,1 GJ/1000 Sm ³	0,85 kg/Sm ³	0,95	..	0,95
Flytende propan og butan (LPG)	46,1 GJ/tonn = 24,4 GJ/m ³	0,53 tonn/m ³	0,95	..	0,95
Brenngass	50,0 GJ/tonn	..	..	..	..
Bensin	43,9 GJ/tonn = 32,5 GJ/m ³	0,74 tonn/m ³	0,2	0,2	0,2
Parafin	43,1 GJ/tonn = 34,9 GJ/m ³	0,81 tonn/m ³	0,8	0,3	0,75
Diesel-, gass- og lett fyringsolje	43,1 GJ/tonn = 36,2 GJ/m ³	0,84 tonn/m ³	0,8	0,3	0,8
Tungdestillat	43,1 GJ/tonn = 37,9 GJ/m ³	0,88 tonn/m ³	0,8	0,3	0,7
Tungolje	40,6 GJ/tonn = 39,8 GJ/m ³	0,98 tonn/m ³	0,9	0,3	0,75
Metan/Deponigass	50,2 GJ/tonn	..	..	..	..
Ved	16,8 GJ/tonn = 8,4 GJ/fast m ³	0,5 tonn/fm ³	0,65	-	0,65
Treavfall (tørrstoff)	16,25-18 GJ/tonn = 6,5-7,2 GJ/fm ³	0,4 tonn/fm ³	..	..	..
Avfall	10,5 GJ/tonn	..	..	..	..
Elektrisitet	3,6 GJ/MWh	..	1	1	1
Uran	430-688 Tj/tonn	..	..	..	..

¹ Det teoretiske energiinnholdet kan variere for den enkelte energivare; verdiene er derfor gjennomsnittsverdier.

² Sm³ = standard kubikkmeter (15 °C og 1 atmosfæres trykk).

Kilder: Energistatistikk, Statistisk sentralbyrå, Norsk Petroleumsinstitutt, Kjelforeningen - Norsk Energi og Norges byggforskningsinstitutt.

Energienheter	PJ	TWh	Mtoe	Mfat	Msm ³ o.e. olje	Msm ³ o.e. gass	quad
1 PJ	1	0,278	0,024	0,18	0,028	0,025	0,00095
1 TWh	3,6	1	0,085	0,64	0,1	0,09	0,0034
1 Mtoe	42,3	11,75	1	7,49	1,18	1,055	0,04
1 Mfat	5,65	1,57	0,13	1	0,16	0,141	0,0054
1 Msm ³ o.e. olje	36	10	0,9	6,4	1	0,9	0,034
1 Msm ³ o.e. gass	40,1	11,1	0,9	7,1	1,12	1	0,038
quad	1053	292,5	24,9	186,4	29,29	26,33	1

1 Mtoe = 1 mill. tonn (rå)oljeekvivalenter

1 Mfat = 1 mill. fat råolje (1 fat = 0,159 m³)

1 Msm³ o.e. olje = 1 mill. Sm³ olje

1 Msm³ o.e. gass = 1 mrd. Sm³ naturgass

1 quad = 10¹⁵ Btu (British thermal units)

1 joule (J) = 1 watt x 1 sekund

Kilder: Energistatistikk, Statistisk sentralbyrå og Oljedirektoratet.

