

[illegible]

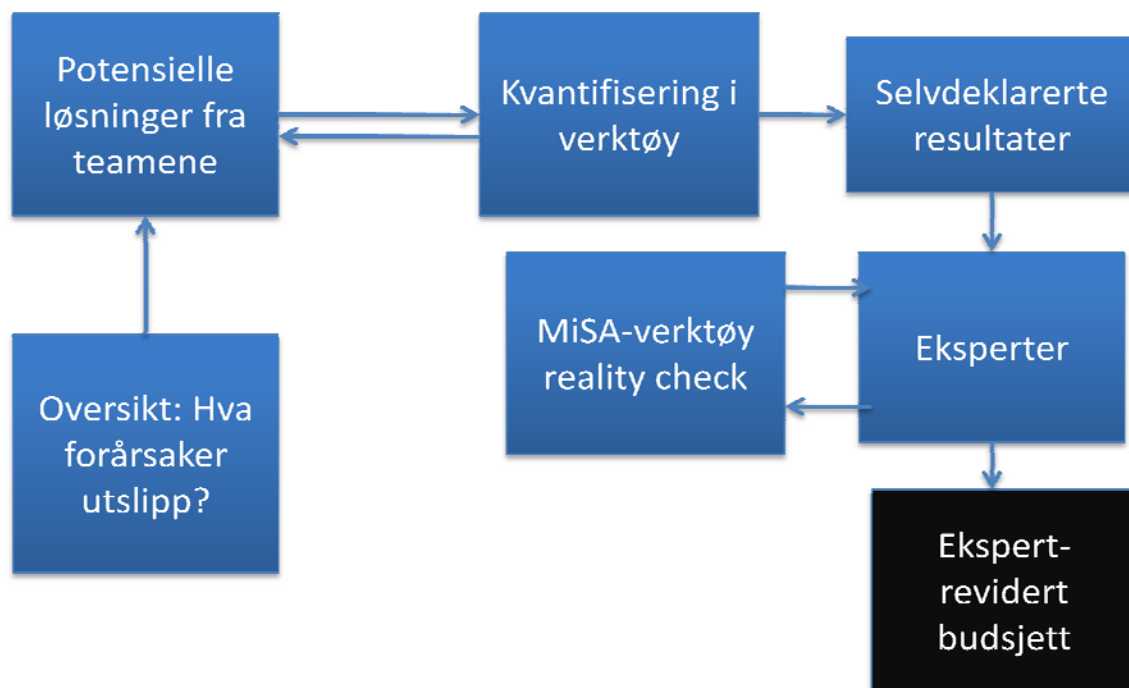
Klimagassbudsjett for Brøset

Innledning

I forbindelse med de utlyste parallelloppdragene fra Trondheim kommune om planforslag til en fremtidig klimanøytral bydel på Brøset, har de ulike forslagene gjennomgått en evaluering. Evalueringen er sammenfattet av Trondheim kommune i en rapport (Trondheim Kommune 2011).

Dette notatet omhandler "klimagassregnskap" for de innkomne forslagene og diskuterer hvordan et verktøy for beregning av totale klimafotavtrykk fra husholdninger har blitt brukt i prosessen. Hensikten med regnskapet er å evaluere den totale effekten som forslagene oppnår, det vil si inkludert alle varer og tjenester som husholdningene vil forbruke, i tillegg til de mer åpenbare kategoriene som energibruk i bygg og transport. Prosjekteringen vil naturlig nok være kommet så kort at detaljevaluering på bygningsnivå er uaktuelt. Dette gjør at blant annet Statsbygg sitt verktøy for klimagassregnskap er uegnet på dette tidspunkt. Det dekker også bare en brøkdel av utslippene knyttet til husholdningenes konsum. For evaluering av energi- og materialbruk på bygningsnivå vil imidlertid dette verktøyet kunne være nyttig på et senere tidspunkt.

Vi ønsket likevel å etablere en prosedyre hvor de ulike forslagene blir evaluert på en konsistent måte og hvor de ulike kvalitative vurderingene er klart identifisert og knyttet til et kvantitativt rammeverk. Den opprinnelige intensjonen med å lage et verktøy for klimaberegning var at det skulle inngå i en kvantitativ vurdering av de ulike teamenes forslag. Ideen var at teamene laget en selvevaluering av sitt eget forlag i verktøyet, og at deres besvarelse så ble revidert av eksperter. Den intenderte prosedyren er vist i Figur 1.



Figur 1: Evalueringsprosedyre for klimagassutslipp med MiSA-verktøyet

I tillegg har det vist seg at verktøyet har hatt en litt annen rolle i prosjektet, både på grunn av manglende dybdeforståelse av verktøyets virkemåte hos eksperter og teamene selv, men også fordi teamene ikke begrunnet eller sannsynliggjorde mange av sine foreslåtte utslippsreduksjoner på en troverdig måte. Dette blir nærmere diskutert i kapittelet om resultater og erfaring med bruk av verktøyet.

For å redusere utslipp knyttet til husholdningenes totale konsum må man først vite hva som forårsaker utslipp. Det har tidligere blitt produsert et notat i prosjektet (Solli et al. 2010) som omhandler dette. Denne informasjonen har vært tilgjengelig for teamene fra anbudskonkurransen ble åpnet.

Dette notatet presenterer oppdaterte tall for husholdningsforbruk, basert på en oppdatert beregningsmodell og mer relevante forbrukskategorier. I tillegg har det blitt utviklet en regnearkmodell som teamene kunne bruke når de skulle komme med forslag for hvordan de totale utslippene kunne påvirkes gjennom planleggingen av området. Regnearket presenterer utslipp for en gjennomsnittlig husholdning. Brukeren av verktøyet kan så regulere forbruksvolum (i kroner) og utslippsintensitet for ulike varetyper som blir forbrukt i en husholdning. Han/hun blir også tvunget til å kanalisere pengene på annet vis hvis det forbrukes mindre av en type vare (rebound effekt). Til sammen vil man da ende opp med et totalt husholdningsbudsjett (i tonn CO₂-ekv./husholdning-år) for en husholdning som man kan sammenlikne med hverandre og dagens situasjon.

Husholdningenes totale utslipp

Husholdningene står for den desidert største andelen av forbruket i Norge. For utviklingen av Brøset er det et uttalt mål at klimaambisjonene inkluderer alle former for husholdningsindusert forbruk (Trondheim kommune 2010). Dette kapittelet vil gå gjennom hva hvilke husholdningsinnkjøp som forårsaker utslipp og hvor mye og er en oppdatering og forbedring av tidligere arbeid i prosjektet (Solli et al. 2010).

Modellen

Det finnes mange ulike metoder for å beregne de totale utslippene knyttet til konsum. Alle har sine styrker og svakheter. En sammenstilling av disse kan blant annet finnes i Peters og Solli (2010). En av de mest lovende metodene for å beregne husholdningsutslippene uten å risikere å utelate noen utslipp, er miljøutvidet kryssløpsanalyse (Leontief 1970). Metoden ligger til grunn for de fleste studier av konsumbaserte utslipp på aggregert nivå, mens livsløpsvurderinger (LCA) ofte blir brukt på mer spesifikke problemstillinger. Verktøyet som vi beskriver her er basert på en slik modell, og supplert med direkte utslipp fra forbrenning av drivstoff og fyringsolje/ved i husholdningene.

Selve prosedyren med å konstruere en slik modell er grundig beskrevet andre steder (se for eksempel (Leontief 1970; Hendrickson et al. 1998; United Nations 1999; Wiedmann 2009)) og blir ikke beskrevet i denne rapporten. Vi vil imidlertid gjøre rede for justeringer som er gjort i modellen som ikke er en del av den standardiserte prosedyren.

En miljøutvidet kryssløpsmodell for Norge i 2007 i basispriser ble konstruert ved hjelp av de offisielle kryssløpstabellene og utslippsstatistikk fra statistisk sentralbyrå (SSB). Som en proxy for våre handelspartnere blir importvarer antatt å være representert av den tyske økonomien (2006-tall). Kapitalslit innen hver sektor er bakt inn i modellen ved å anta at alle sektorer bruker en

gjennomsnittlig miks av kapitalvarer. Akkumulasjon av fysisk kapital blir allokert til en egen kategori sluttkonsum (= allokert til fremtidig kapitalslit). I tråd med anbefalingene i prosjektet Fremtidens Byer er elektrisitetsproduksjon i Norge satt til nordisk mix¹. Dette gjelder ikke bare husholdningenes sluttforbruk, men også all elektrisitet som brukes i bakgrunnsøkonomien/industrien.

Får å gjøre resultatene fra utslippberegninger mer relevant på husholdningsnivå er det nødvendig å koble kryssløpsmodellen med forbrukskategorier som folk kan forholde seg til. Modellen baserer seg på industrikategorier klassifisert etter NACE², mens husholdningsforbruk ofte klassifiseres etter COICOP³. En matching mellom COICOP og NACE ble derfor gjort. Videre ble den nasjonale forbruksvaneundersøkelsen (FVU) brukt for å tune matchingmatrisen slik at det totale forbruket av varer etter COICOP, stemmer best mulig overens med de offisielle forbrukstallene for husholdninger i nasjonalregnskapet. På den måten sikres konsistens i form av at hvis man legger sammen alle husholdningenes konsumbaserte utslipp vil man få omtrent samme resultat for klimafotavtrykk som studier som fokuserer på nasjonalt nivå. Det er systematisk underrapportering av enkelte typer forbruk i FVU (SSB, personlig kommunikasjon), noe som gjør det nødvendig med en restkategori for forbruk som ikke dekkes av FVU.

I tillegg til disse justeringene må man korrigere for at prisene i FVU ikke samsvarer med prisene i kryssløpsmodellen. Skatter og avgifter må fjernes fra prisene; i tillegg må man estimere handels- og transportmarginer og re-allokere en del av kjøpet innen hver kategori til disse sektorene. Data for prisjustering og marginer er hentet fra en rekke kilder hos SSB og blir ikke beskrevet i detalj her.

Sluttresultatet er en modell hvor en gitt etterspørsel innen ulike COICOP-varegrupper fører til en rekke indirekte utslipp fordelt på ulike sektorer i Norge og utlandet. Konsistens er sikret gjennom balansen med totale nasjonal utslipp fra husholdningsforbruk. På denne måten kan man undersøke hvordan forskjeller i forbruk påvirker utslippene, eller om f.eks. ulike husholdningstyper eller geografiske lokasjoner presterer forskjellig på miljøytelse.

Resultater

Norges totale klimafotavtrykk er beregnet til rundt 70 millioner tonn for 2004 eller rundt 15 tonn per person (Peters and Solli 2010). For å sette det litt i perspektiv er tilsvarende resultater 13 tonn per person for Sverige (Peters and Solli 2010) og 29 t/p og 3 t/p for hhv. USA og Kina (2001-tall) (Hertwich and Peters 2009).

Av de 70 millioner tonn stod husholdningene for rundt 45 millioner tonn, eller ca 9,6 tonn per person (Peters and Solli 2010). Resten ble forårsaket av offentlig konsum og kapitalakkumulasjon.

Ved å bruke den husholdningsfokuserte modellen beskrevet i dette notatet kan man beregne resultater for en gjennomsnittlig norsk husholdning. Figur 2 viser disse resultatene fordelt på ulike forbrukstyper og ulike sektorer hvor utslippene skjer. Utslippene fra denne modellen lander på omtrent 10,7 tonn per person. Avviket fra studien til Peters og Solli skyldes i hovedsak hvordan elektrisitet og import er behandlet.

¹ Ca 200 g CO₂-eq/kwh

² Nomenclature generale des Activites economiques dans les Communautés europeennes

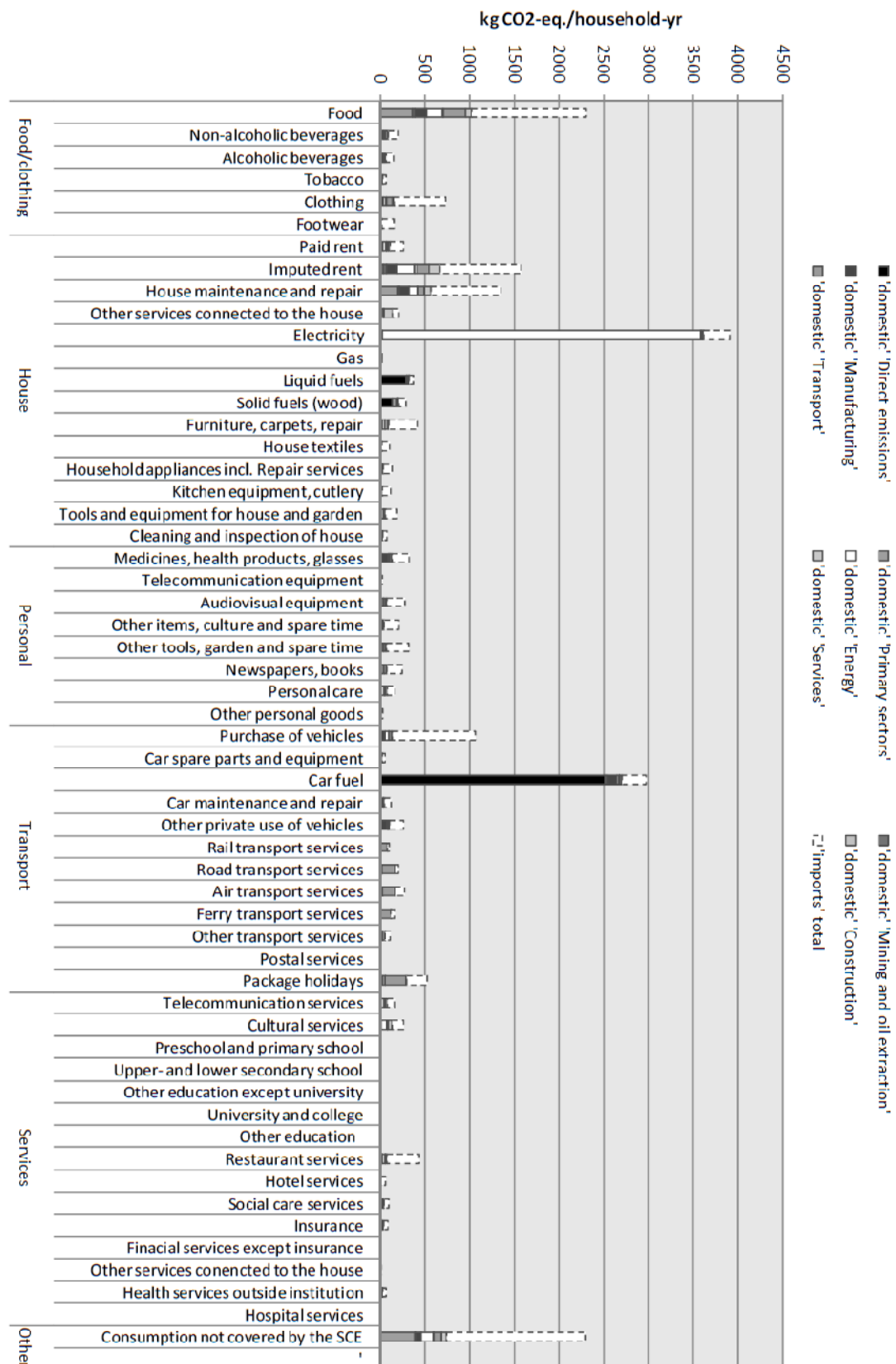
³ Classification of individual consumption by purpose

Fra figuren er det tydelig at visse typer forbruk dominerer klimafotavtrykket fra husholdningene. Dette gjelder spesielt forbruk av drivstoff og elektrisitet, men også kjøp av kjøretøy og kjøp og reparasjon av bolig, har signifikante utslipp. Videre ser vi at innkjøpte transporttjenester og forbruk av mat kommer ut med høye utslipp. Forbruk av ulike typer tjenester har et lavere bidrag, selv om dette til sammen utgjør en del likevel. Utslippsintensiteten (per krone) er vesentlig lavere for tjenester enn for produkter. En interessant observasjon er hvor mye av utslippene som skjer i utlandet gjennom at vi importerer varer.

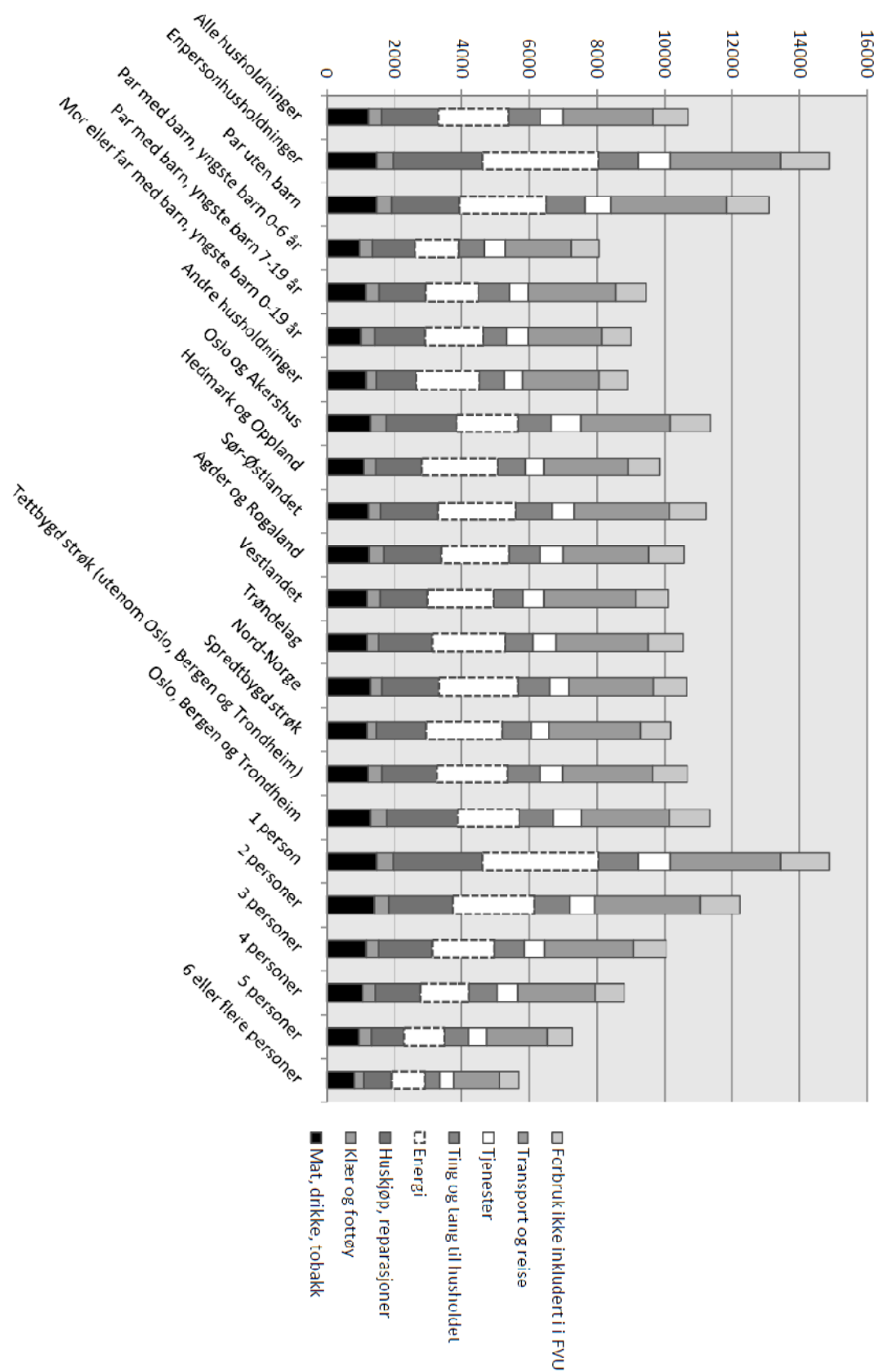
Figur 3 viser hvordan ulike typer husholdning presterer forskjellig (merk at resultatene i Figur 3 er per person i husholdningen). Resultatene varierer litt mellom husholdningstyper og geografi, men den aller viktigste forskjellen kan forklares med tilgjengelig inntekt per person i husholdningen. Denne effekten er synlig for husholdninger av ulik størrelse, hvor for eksempel husholdninger med 4 personer som regel vil være 2 voksne og 2 barn. Tilgjengelig inntekt for konsum vil da naturlig være lavere per person enn for husholdninger med bare 2 personer. Likevel er det noen strukturelle forskjeller mellom husholdningstypene som kan ha opphav i geografi eller stordriftsfordeler. Resultatene for en gjennomsnittshusholdning i modellen ble lagt inn i et regneark og gjort tilgjengelig for teamene. I regnearket fikk de i tillegg anledning til å justere opp og ned antall kroner forbruk på hver av forbrukskategoriene og utslippsintensiteten per krone forbruk av ulike varer. For hver endring de gjorde var hensikten at endringer skulle sannsynliggjøres og dokumenteres ved å legge til kommentarer i tilhørende ruter. I tillegg inneholder regnearket en funksjon som sier fra hvis ikke hele husholdningsbudsjettet blir brukt opp. Dette er for å unngå at teamene bare "skruer ned" forbruket, uten å ta hensyn til at de fleste bruker de pengene de har (over tid). Tabellen under viser et utdrag av kalkulatoren.

Tabell 1: Utdrag av verktøy for husholdningsutslipp. Teamene kunne endre på de grå feltene.

Evaluerings-kalkulator	Kroner forbrukt	Klimafotavtrykk per krone	Utslipp, snitthusholdning	Endring forbruksvolum	Endring i utslippsintensitet	Beregnet utslipp, Brøset
Forbrukskategorier	NOK	kg CO ₂ -eq./NOK	kg CO ₂ -ekv.	% økning eller reduksjon i kroner forbrukt	% økning eller reduksjon i utslipp per krone	kg CO ₂ -ekv.
Matvarer	40035	0,058	2 307	0 %	0 %	2 307
Alkohol frie drikkevarer	4211	0,049	205	0 %	0 %	205
Alkoholholdige drikkevarer	6494	0,023	150	0 %	0 %	150
Tobakk	3277	0,021	68	0 %	0 %	68
Klær og fottøy	20123	0,044	884	0 %	0 %	884
Avdrag og renter bolig	68283	0,027	1 842	0 %	0 %	1 842
Vedlikehold og reparasjon av bolig	24579	0,055	1 352	0 %	0 %	1 352
Andre tjenester knyttet til bolig	4940	0,043	211	0 %	0 %	211
-----	-----	-----	---	--	--	----



Figur 2: Klimafotavtrykk [kg CO₂-eq./husholdning-år] for ulike typer konsum i husholdningen.



Figur 3: Klimafotavtrykk for ulike husholdningstyper. Utslipp kg CO₂-eq. per person i husholdningen

Evaluering av forslag fra teamene og bruk av modellen

Dette notatet vil ikke gå inn på de enkelte besvarelsene fra teamene; de spesifikke resultatene er diskutert i evalueringsrapporten (Trondheim Kommune 2011). Vi trekker noen generelle konklusjoner i forhold til hvordan verktøyet ble brukt og hvilke resultater det har hatt. Flere av teamene ignorerte verktøyets melding om at man måtte bruke opp husholdningsbudsjettet, og skrudde således bare ned forbruket. Dette synes lite realistisk all den tid det eksisterende økonomiske systemet er avhengig av en årlig vekst i forbruket for å holde tritt med produktivitetsøkningen.

Videre var det 2 team som antok at det ville bo flere personer i hver husholdning enn de 2,2 som er gjennomsnitt. Dette ble gjort for å få utslipp per person til å bli lavere enn 3 tonn. Hvordan dette skal gå til ble ikke belyst; en plutselig økning i antallet barn per husholdning virker ikke sannsynlig. Hvis man får flere voksne folk til å bo sammen, vil også den samlede inntekten i husholdningene gå opp og utslippene ville måtte justeres for dette.

Det ble også gjort antakelser om forbedringer i bakgrunnsøkonomien slik at utslipp per krone innenfor ulike kategorier ble vesentlig redusert. Dette ble ikke sannsynliggjort i noen grad og ble sett bort fra i evaluering av forslagene.

I sum konkluderer vi med at besparelsene som kanskje kan oppnås ved de foreslåtte tiltakene alene (og da legger vi godviljen til) ligger rundt 3 tonn per person per år. Resten av utslippsreduksjonen til 3 tonn vil måtte komme av forbedringer i bakgrunnsøkonomien. En løsning for fremtidige versjoner av verktøyet kan være å lage scenarioer for utviklingen i økonomien for eksempel basert på scenarioer fra lavutslippsutvalget eller Klimakur.

Generelt sett kan man si at felles for alle forslagene var en drastisk reduksjon i energibruk i boliger, noe som reduserer utslipp knyttet til oppvarming. Dette er relativt ukontroversielt. Antakelser rundt reduksjon i utslipp som følge av mer miljøvennlige bygningsmaterialer synes mindre velfundert.

Vi anslår derfor at alle teamene har levert løsninger som på det boligtekniske vil levere relativt lik besparelse mht CO₂ over byggets antatte levetid. M.a.o. antar vi at dersom Brøset bygges ut slik som teamene foreslår, så vil en få en årlig besparelse på rundt 2,5 tonn CO₂ per person. I denne antakelsen ligger det ingen reduksjon av CO₂ i forbindelse med oppføring av bolig, men en 90% reduksjon av oppvarmingsbehovet, og slik en 70% reduksjon av strømforbruket i husholdningene.

Vi antar derfor at alle teamene stiller med et forbruk på ca 8-9 tonn CO₂ per person, før vi ser på endringer i transport og forbruk. En videre reduksjon av CO₂ utsipp, blir deretter en kombinasjon av områdets uforming og beboernes forbruksvaner. Det er også avgjørende hva husholdningene velger å bruke de "sparte" pengene på, slik at en unngår at de pengene husholdningene sparer på miljøvennlig boform og transport, ikke brukes på mer CO₂ intensive aktiviteter/varer i andre sektorer (rebound-effekten). Videre evaluering av teamene vil derfor være en kvalifisert vurdering av hvor sannsynlig de ulike teamenes antakelser om endring i livsstil vil være. En del av forslagene har skissert transportsenarioer som kanskje kan bidra til en viss reduksjon av utslipp. Dette dekkes som en kombinasjon av kollektivtransport, parkeringsrestriksjoner, bildeling og ny teknologi (elbil).

Et team klarte til en viss grad å sannsynliggjøre en fremtidig dreining i forbruksstruktur mot større grad av tjenestebasert forbruk. Ved å legge til rette for produksjon og konsum av lokalt baserte

tjenester og annen næring, samt å tilby svært attraktive bo-løsninger, argumenterer teamet for at folk vil oppholde seg mer på Brøset og bruke mer av pengene sine på forbruk med lavt utslipp. Blant annet skisseres det nære rekreasjonsområder, inngang på bakkeplan og tilgang til fellesfasiliteter som felles storkjøkken, kontorplasser, gjesterom og hyttedeling. Dersom en ser bort fra bygging og drift av bolig, så er det beboernes livsstil som er avgjørende for husholdningenes CO₂ utslipp. Og av disse så er det særlig tre kategorier; transport (herunder anskaffelse av privatbil), mat og klær som betyr mest for utslippene.

Det er klart at målet om 3 tonn per person innebærer mye mer enn bygging og utforming av området, men at bygging og utforming vil være premissleverandør for hvorvidt det vil være mulig å oppnå målet om 3 tonn CO₂ per person. Studier av forbruk på enkelthusholdningsnivå indikerer stor spredning i klimafotavtrykk fra husholdninger med like stor inntekt (Weber and Matthews 2008). Men en reduksjon til 3 tonn per person vil uansett kreve drastiske forbedringer i hele økonomien.

Vi finner det ikke riktig å rangere forslagene på grunnlag av deres mer eller mindre kreative bruk av CO₂ kalkulatoren, da dette da blir en konkurranse i gode intensjoner. Spesielt gjaldt dette reduksjon i totalt forbruksvolum og forbedring av utslippsintensitet i bakgrunnsøkonomien. I stedet konstaterer vi at verktøyet bidrar til å synliggjøre kompleksiteten i klimaspørsmålet, og behovet for helhetlige løsninger. Dette kommuniseres også som hovednytt ved bruk av verktøyet, at man får noen kvantitative knagger å forholde seg til i forhold til det totale klimafotavtrykket. Planleggerne blir stilt til ansvar for sine "bærekraftige løsninger" og tvinges til å gjøre noen betraktninger om hvor mye de faktisk vil bidra til utslippsreduksjoner og hvor mye dette er i forhold til de totale utslippene. Det holistiske perspektivet bidrar til å løfte (miljø)blikket fra boligene til menneskene som bor der.

Konklusjon og videre arbeid

Utviklingen og bruk av et kvantitativt verktøy for evaluering av klimafotavtrykk for planforslag på Brøset har vært en betinget suksess. Verktøyets evne til å kåre en "vinner" i en plankonkurranse har ikke blitt demonstrert. Hovedårsaken til dette er at det i en slik planfase er relativt lite informasjon tilgjengelig, samt at en realistisk bruk av modellen krever en inngående kjennskap til koblingen mellom forbruk og utslipp, samt tekniske sider ved beregningsmodellen.

Hovednytt med verktøyet har vært dets pedagogiske- og oppdragende funksjon. Den pedagogiske delen går på å forstå koblingen mellom konsum og utslipp, og hvilke typer konsum som forårsaker utslipp. Den oppdragende siden av verktøyet er knyttet til kravet om kvantifisering av effekten til ulike bærekraftige løsninger som planleggerne foreslår. Videre har introduksjonen av begrepet "rebound-effect" påvirket synet på hvordan man må tilrettelegge for en fremtidig klimavennlig livsstil. På denne måten har introduksjonen av verktøyet hatt vesentlig påvirkning i prosjektet, noe som også gjenspeiler seg i de ulike teamenes forslag og dokumentasjonen i prosjektet.

En oppfølging av den konsumbaserte tilnærmingen i prosjektet bør være å gjøre forbruksvaneundersøkelser på husholdningene som flytter til området. Dette har tidligere vært gjort i andre studier (Hertwich et al. 2004; Ornetzeder et al. 2008). Man kan også undersøke måter å forenkle verktøyet på og gjøre det mer relevant for planprosessen. Blant annet kan man inkludere en modul for infrastruktur (vei, vann, avløp etc.) i fremtidige versjoner.

Referanser

Hendrickson, C., A. Horvath, et al. (1998). "Economic Input-Output Models for Environmental Life-Cycle Assessment." Environmental Science and Technology **32**(7): 184A--191A.

Hertwich, E. G., M. Ornetzeder, et al. (2004). The Environmental Benefit of Car-free Housing Projects: A Case in Vienna. Proceedings, The Third International Workshop on Sustainable Consumption, Tokyo, Society for Non-Traditional Technology.

Hertwich, E. G. and G. P. Peters (2009). "Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis." Environmental Science & Technology **43**(16): 6414-6420.

Leontief, W. (1970). "Environmental repercussions and the economic structure: An input-output approach." The Review of Economics and Statistics **52**(3): 262-271.

Ornetzeder, M., E. G. Hertwich, et al. (2008). "The environmental effect of car-free housing: A case in Vienna." Ecological Economics **65**(3): 516-530.

Peters, G. and C. Solli (2010). Global Carbon Footprints: Methods and import/export corrected results from the Nordic countries in global carbon footprint studies. TemaNord 2010:592. Ø. Lone and A. Estlander, Nordic council of ministers.

Solli, C., H. Bergsdal, et al. (2010). Klimanøytrale boformer på Brøset - Arbeidsnotat om klimautslipp og klimanøytralitet. MiSA Reports 6/2010. Trondheim, MiSA AS.

Trondheim kommune (2010). Planprogram for Brøset,
<http://www.trondheim.kommune.no/attachment.ap?id=36680>.

Trondheim Kommune (2011). Brøset X4. Trondheim,
<http://www.trondheim.kommune.no/attachment.ap?id=36848>.

United Nations (1999). Handbook of input-output table compilation and analysis. Studies in Methods Series F, No 74. Handbook of National Accounting, United Nations.

Weber, C. L. and H. S. Matthews (2008). "Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint." Ecological Economics **66**(2-3): 379-391.

Wiedmann, T. (2009). "Carbon Footprint and Input-Output Analysis - An Introduction." Economic Systems Research **21**: 175-186.