

Miljøverndepartementet
Pb 8013 Dep
0030 Oslo

Oslo 26.02.2007

Høring, NOU 2006: 18 – Et klimavennlig Norge

Vedlagt følger høringsuttalelse fra byggutengrenser.no til NOU 2006: 18, Et klimavennlig Norge.

Kort om oss:

Byggutengrenser.no er mur og betongbransjens bransjeorganisasjon som organiserer 76 bedrifter over hele landet. Bedriftene er leverandører av hele spekteret innen mur og betong; pukk/sand, sement, betongelementer mv. byggutengrenser.no's medlemsbedrifter har til sammen ca 9000 ansatte spredt over hele landet.

Innledning

Byggutengrenser.no har med stor interesse gjennomgått Lavutslipputvalgets innstilling. Vi synes rapporten setter fingeren på mange interessante aspekter, og ser naturligvis nytten av dette arbeidet. Ikke minst har den senere tids klimadebatt aktualisert behovet for innstillingen ytterligere.

byggutengrenser.no er svært positive til at det legges opp til betydelige reduksjoner i Norges klimagassutslipp. I erkjennelsen av at norsk byggebransje bidrar med relativt store mengder CO₂-utslipp, vil vi innledningsvis presiserer at vi de siste årene har prioritert arbeidet innen miljøvern for å tilfredsstille stadig strengere byggekrav og ønsket om å redusere utslippene. Det er gjort en betydelig innsats fra norske sementprodusenter for å bidra nettopp til dette. Norsk sementproduksjon er blant verdens mest miljøvennlige.

byggutengrenser.no ble ikke invitert eller innkalt til Randersutvalget da det utførte sitt arbeid. Dette har resultert i at fremstillingen av mur og betongbransjens miljøsider verken er korrekt eller dekkende. byggutengrenser.no har derfor valgt å be SINTEF Byggforsk og Stiftelsen Østfoldforskning som er de i Norge med den største kompetanse når det gjelder miljøbelastning i et livsløpsperspektiv, om å bidra med faglige innspill til departementets videre arbeid med Randersutvalgets innstilling. Disse rapportene utgjør hovedelementer i vår høringsuttalelse.

Om utvalgets innstilling – noen konkrete bemerkninger

Byggutengrenser.no har ikke på noen måte blitt involvert i Randersutvalgets arbeid. Samtidig inneholder rapporten ganske bastante påstander om våre byggematerialers miljøegenskaper sammenliknet med andre byggematerialer, og da i særdeleshet tre. Som det fremgår nedenfor samt i vedleggene, er det ikke grunnlag for påstandene som fremkommer i innstillingens kapittel 6.4.2, boks 6.7. Overordnet reagerer byggutengrenser.no på at det fremsettes slike ensidige påstander uten belegg

og uten at man som bransjeorganisasjon er forespurt. Overordnet finner vi også å måtte kommentere at det anses urimelig at kun representanter for en bransje innen byggematerialesektoren får uttale seg til utvalget.

Bemerkninger til boks 6.7 Tre eller sement i bygningssektoren – hva skal man velge?

Fremstillingen i boks 6.7 kan også lett leses som om at lavutslippsutvalget anbefaler tre fremfor betong som byggemateriale. Uten at byggutengrenser.no skal ta stilling til hva lavutslippsutvalget egentlig mener om spørsmålet, mener vi det er på sin plass å knytte noen kommentarer til innholdet i boks 6.7.

Boks 6.7 inneholder i sin helhet en avskrift av deler av en artikkel som sto i fagbladet Arkitektnytt i juni 2004. Artikkelen er skrevet av Bjørn Stoknes og Stein Berge, begge tilhørende Nabu (Norsk Arkitektur for bærekraftig utvikling). Det refereres korrekt nok til artikkelen, men det fremgår ikke at hele boksen er direkte hentet fra artikkelen.

Det er i så måte verdt å bemerke at man for å få det hele bildet av artikkelen faktisk er nødt til å lese artikkelen i sin helhet. Vi bemerker også at det har det skjedd svært meget innen produksjon av sement siden artikkelen ble skrevet.

Det er grunn til å fremheve forfatterens egen presisering når det gjelder kildetilfanget til artikkelen: *"Kildetilfanget er riktignok mangelfullt og ikke tilstrekkelig grunnlag for bastante konklusjoner, men som utgangspunkt for foreløpige vurderinger er det godt nok"*. byggutengrenser.no vil derfor påpeke at departementet heller ikke bør legge artikkelen til grunn som virkelighetsbeskrivelse. Som det vil fremgå av vedleggene fra SINTEF Byggforsk og Stiftelsen Østfoldforskning, er spørsmålet om klimagassutslipp og valg av byggematerialer mye mer sammensatt enn det som fremgår av Berge og Stoknes sin artikkel og av Randersutvalgets innstilling.

byggutengrenser.no anbefaler at departementet legger vekt på å innhente et bredt spekter av faglige innspill før man anbefaler tiltak knyttet til bruk av byggematerialer.

Det vises også til at Randers-utvalget heller ikke konkluderer, men diskuterer det betydelig antall faktorer som må tas hensyn til og også den miljømessig svært positive innovasjonen i byggebransjen.

Sammenfattet om mur/betong og andre byggematerialer

Det er ikke et enkelt regnestykke å finne ut hvilket byggemateriale som er mest miljøvennlig. Det er likevel viktig å vise til at man må ha en bredere inngang til problemstillingen enn kun fokus på produksjonsprosessen. Tilvirkning av byggematerialene står for 7-10 % av det samlede miljøregnestykket. (Sintef Byggforsk) Resten handler om for eksempel levetid, energibehov, vedlikeholdsbehov og CO₂- opptak og lagring.

Rapporter fra flere internasjonale forskningsinstitutter viser at det ikke er nevneverdige forskjeller på miljøbelastningene fra de forskjellige byggematerialer vurderer man konstruksjonene i en livsløpsbetraktning. (STØ/Rønning, 2005) Tvert imot ligger det enorme potensialer til reduksjon av miljøutslipp i bruk av mur og betong dersom man tar i bruk mulighetene som ligger i utnyttelsen termisk masse. Som kjent har betong betydelig større varmelagringsevne enn tre. (STØ/Rønning Hanssen 2007, Sintef Byggforsk /Engelsen/Fossdal Wærp 2007)

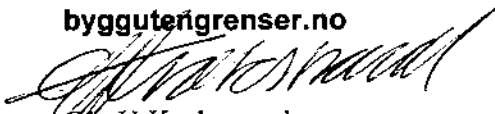
CO₂-lagring i byggematerialer tas også opp i Randers-utvalgets rapport. Betong opptar og lagrer CO₂ over tid (dette kalles karbonatisering). Dette er et område det forskes stadig mer på. Nye forskningsresultater konkluderer med at betongens miljøbelastning i en livsløpssammenheng må revurderes betydelig i lys av CO₂-opptaket. (STØ/Sintef Byggforsk)

Betong er helt uerstattelig som byggemateriale i svært mange tilfeller, som til fundamentering, underjordiske konstruksjoner, konstruksjoner med høye belastninger og store spennvidder. Det blir helt feil å sette dette opp mot andre byggematerialer, ikke minst når man konstaterer at begrunnelsen som benyttes ikke er korrekte.

Vi ber derfor om at departementet ikke vektlegger tekstboksene 6.6 og 6.7 i sitt videre arbeid med lavutslippsutvalgets innstilling. Vi vil anbefale at departementet henvender seg til STØ eller Sintef Byggforsk for mer vitenskapelige begrunnede betraktninger og referanser når det gjelder ulike byggematerialers miljøegenskaper.

Vennlig hilsen

byggutengrenser.no



Øie H Krokstrand
Prosjektleder

Vedlegg:

STØ notat 26.02.07, NOU 2006:18 "Et klimavennlig Norge"
Sintef Byggforsk foreløpige oppdragsrapport av 26.02.07 (Endelig rapport ettersendes)
STØ notat 8.02.2005, "Er tre bedre enn andre bygningsmaterialer?"
Termisk masse og klimatisering av bygninger (Sintef Byggforsk/byggutengrenser)
CO₂ uptake during concrete life cycle (Norcem/Aalborg Portland/Cemeta)
Mot en klimanøytral byggebransje? (Berge/Stoknes)



Stiftelsen Østfoldforskning

NOTAT

TIL: Ole Krokstrand
KOPI:
FRA: Anne Rønning og Ole Jørgen Hanssen
DATO: 26.02.2007

NOU 2006:18 "Et klimavennlig Norge".

Innledning

Vi viser til NOU 2006: 18 "Et klimavennlig Norge". I den forbindelse vil STØ komme med en del synspunkter knyttet til vurdering mellom ulike byggematerialer i et klimaperspektiv, med bakgrunn i en påstand fra kap. 6 i utredningen. Denne påstanden mener vi bør nyanseres i lys av de erfaringer som finnes vedrørende livsløpsbetraktninger av bygg og byggematerialer.

Dette gjelder uttalelsene i boks 6.7, side 38, "Tre eller sement i bygningssektoren – hva skal man velge?". Her refererer man til en artikkel fra Bjørn Berge og Stein Stoknes – "Mot en klimanøytral byggebransje?" – publisert i Arkitektnytt 8-2004.

Påstanden er at "den klimamessige gevinsten ved for eksempel overgang fra betong til massivt tre kan grovt anslås til 0,4 tCO₂-ekv. pr. tonn økt treforbruk".

Dette er et eksempel på en type vurdering av byggematerialer og bygg som er løsrevet fra en helhetlig livsløpsvurdering, som myndigheter og industri både nasjonalt og internasjonalt nå ønsker å legge opp til. Vi viser i den forbindelse til arbeidet som skjer i den europeiske standardiseringsorganisasjonen CEN, der det gjennom TC350 er under utvikling et sett av standarder som skal motvirke at miljøvurderinger av bl.a. bygningsmaterialer blir tatt ut av en helhet.

Mur og betong kontra tre i et livsløpsperspektiv

Når man skal vurdere hva som er det beste bygningsmaterialet i et helhetlig perspektiv er det viktig at man tar hensyn til alle faser i materialenes og bygningenes livsløp, og vurderer dette i forhold både til bruksbehov og funksjonalitet.

STØ har foretatt en gjennomgang av ulike LCA-rapporter som sammenligner bl.a. tre med mur og betong som bygningsmateriale (Rønning, 2005). Rapportene som er gjennomgått viser ingen forskjeller mellom tre eller andre material sett over byggenes livsløp (Brunklaus og Baumann, 2001, Dokka, 2003, Cole og Kernan, 1996).

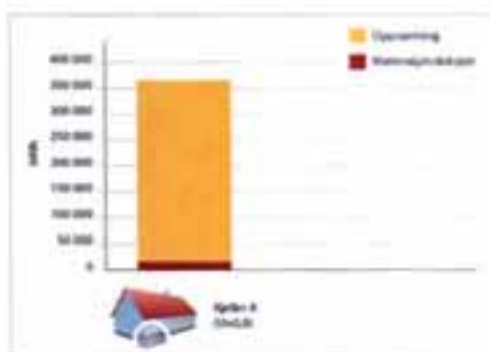
Hvis man bare vurderer selve byggeprosess (og materialproduksjon) viser noen av studiene at tre er et bedre miljøalternativ (driftsfasen er utelatt). Men forskjellene er ikke store, anslagsvis <20%. Miljøpåvirkninger fra framstilling "drukner" i forhold til miljøpåvirkninger fra driftsfasen (pga oppvarming og annet energiforbruk). Analyser som er gjort av bygg i et livsløpsperspektiv viser at bruksfasen står for den største miljø- og ressursbelastningen (ca. 80-90 %), og at det er her det største potensialet for reduksjon i miljøbelastning generelt og klimapåvirkning ligger.

Med ett unntak viser studiene at i bygg hvor det er et oppvarmings-/kjølebehov, er det ikke mulig å skille de ulike materialene fra hverandre - det er valg av energisystem etc. som er avgjørende. En studie viser at dette også gjelder for lavenergi bolig (Quack, 2001).

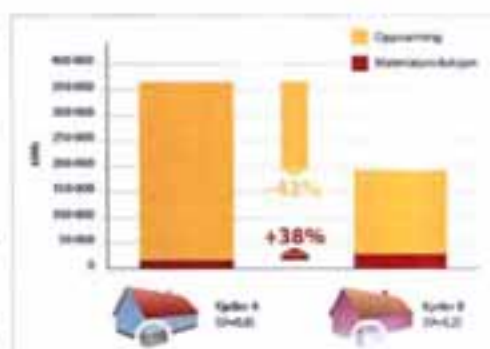
Basert på denne gjennomgangen av livsløpsstudier, er det ikke mulig å konkludere at tre som bygningsmateriale er mer miljøriktig enn mur/betong/stål.

For å illustrere betydningen av bruksfasen, vises resultatene fra en livsløpsvurdering av en Leca kjellervegg over en levetid på 60 år, og som er basert på resultater fra omfattende studier av STØ (Rønning et al., 2001).

Den røde stolpen viser energiforbruket for å produsere råvarer og alle innsatsfaktorer, bygging og vedlikehold av kjelleren i løpet av 60 år. Energiforbruket til oppvarming av kjelleren (skal holde 15 °C i gjennom året) utgjør en atskillig større andel.



Denne type informasjon bør motivere byggebransjen til å fokusere på reduksjon av det totale energiforbruket over levetiden til kjelleren ved f.eks. forbedre produktets isolerende egenskaper heller enn å fokusere på valg av bygningsmaterialer isolert sett.



Hvilke konsekvenser får det? Energiforbruket (og dermed klimautslipp) ved fremstilling av byggematerialene øker i forhold til opprinnelig nivå, men reduksjonen i energiforbruk (og klimautslipp) reduseres med betydelig mer, totalt sett over 40 % av det totale energiforbruket.

Figurene viser at det er viktig å velge materialer på bakgrunn av en helhetlig vurdering, ikke bare produksjon av materialer – røde stolper.

Det bør derfor etter vår mening framkomme i en slik utredning at de største reduksjonene vil en oppnå ved å gjennomføre tiltak i forhold til energibruk og klimautslipp i bruksfasen av et bygg. Her har mur og betong flere egenskaper som gjør at det for mange typer anvendelser f.eks. kontorbygg (bygg med stort kjølebehov) kan bidra til mer energieffektive løsninger. Det gjelder bl.a. magasineringsegenskaper for varme på vinteren og kulde på sommeren, samt

over døgnet¹, som gjør at behovet for både oppvarming og kjøling vil kunne være lavere enn for tilsvarende bygg i andre materialer som trenger mekanisk kjøling. Nyere forskning viser at med riktig utnyttelse av termisk masse kan man oppnå så mye som 20 % energibesparelse og følgelig betydelig reduksjon av CO₂-utslippet i et kontorbyggs levetid (SINTEF Byggforsk, Enova, 2006). I tillegg har betong i gulv gode forutsetninger for effektiv bruk av fornybar energi gjennom lavtemperert gulvvarme basert på varmt vann

Det blir i mange sammenhenger påpekt at en fordel med trematerialer som alternativ til bla. betong, er at trær tar opp CO₂ under vekstfasen, noe som blir godtgjort materialet i en livsløpsbetraktning. Betong har imidlertid en tilsvarende effekt i bruksfasen og avfallsfasen.

Ved produksjon av sementklinker frigjøres CO₂ fra kalksten. CO₂ tas opp i materialet over lang tid gjennom en karbonatiseringsprosess. Dette er godt dokumentert gjennom studier fra SINTEF, Dansk teknologisk institutt og Cement og Betong Instituttet, som viser at nærmere 60-75 % av CO₂ utslippene fra kalksteinen, under gode forutsetninger kan tas opp igjen i senere faser av livsløpet. Dette må etter vårt syn hensyntas i en total vurdering av tre og betong i et livsløpsperspektiv på bygg.

Som nevnt over viser studier at de bruksrelaterte miljøbelastninger er i størrelsesorden 80-90 % av de total belastninger over livsløpet til et bygg. I Berge og Stoknes artikkel, sies det følgende:

"For nye, energieffektive bygninger vil de produksjonsrelaterte belastningene kunne nærme seg samme størrelsesorden som de bruksrelaterte, sett gjennom bygningens livsløp."

Før slike diskusjoner er relevante, må bruksenergien reduseres betraktelig (faktor 4 til 9).

I tillegg vil vi påpeke at sementindustrien som leverer råvarene til mur- og betongbygg har gjort omfattende tiltak for å redusere forbruket av fossil energi i produksjonsfasen. I Norge har Norcem gått over fra bruk av kull i sementovnene til avfall og bioenergi, noe som også har bidratt til en betydelig reduksjon i utslipp av ikke-nøytralt CO₂. Ca. halvparten av mengden tilført energi stammer i dag fra avfall og annen fornybar energi uten klimagassutslipp, og det er en målsetning om å komme opp på 60 % i løpet av de nærmeste årene. I tillegg gir dette en ekstra gevinst for samfunnet ved at forbrenningsovnen i sementproduksjon kan benytte spesialavfall som energibærer, og dermed bidra til å redusere et annet vesentlig miljøproblem for samfunnet på en effektiv måte. Dette er nærmere dokumentert i rapporter fra STØ (Nyland og Vold, 2005).

Konklusjoner

Basert på den dokumentasjon vi fremlegger over, foreslår vi at det blir gjort en grundigere vurdering av bygningsmaterialer i et helhetlig livsløpsperspektiv, før man evt. innfører tiltak som kan virke konkurransevridende mellom ulike materialer. Dette vil etter vår oppfatning ikke være vitenskapelig begrunnet, og vil være i strid med det arbeid som nå gjennomføres i den europeiske standardiseringsorganisasjonen, hvis man ikke tar hensyn til hele livsløpet og funksjonaliteten i byggene.

¹ Betong og murverk har god varmekapasitet og moderat ledningsevne. Denne kombinasjonen gjør at energireservoaret kan lades og tømmes i samsvar med døgnsyklus (SINTEF Byggforsk).

Sement- og betongindustrien har for øvrig tatt initiativ til et nasjonalt/internasjonalt prosjekt for å legge grunnlaget for utvikling og uttesting av en modell for miljømessig og økonomisk vurdering av bygg i et levetidsperspektiv, der modellutviklingen skjer i samarbeid med STØ og Multiconsult. Andre deler av byggenæringen, herunder trebransjen, vil bli invitert til å delta i uttestingen gjennom å sammenligne ulike typer byggematerialer i sammenlignbare bygg i løpet av 2007, og vi tror dette vil kunne gi et langt bedre grunnlag for å vurdere klimatiltak i byggenæringen enn de utsagn som står referert i Lavutslippsutvalgets innstilling.

Referanser:

Brunklaus, B.; Baumann, H. (2002): "Vad innebär ett ökat träbyggande i Sverige för miljön? Granskning av jämförande LCA – studier av stombyggnadsmaterial i hus", ESA-rapport 2002:6, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.

Cole, R.J. and P.C. Kernan (1996): "Life-Cycle Energy Use in Office Buildings", Building and the Environment, Vol 31, No.4.

Dokka, T.H. (2003): "Passiv klimatisering. Betong med fortrinn som energisparer i bygg." Presentasjon på Betongdagene 2003.

Enova (2006): "Bygningsnettverkets energistatistikk 2005", Enova rapport 2006:2, Trondheim.

Lagerblad, B. (2005): "Carbon dioxide uptake during concrete life cycle, state of the art, published by Swedish Cement and Concrete Research Institute -CBI, www.cbi.se, ISBN 91-976070-0-2, Stockholm.

Nyland, C. A., Vold, M. (2005): Documentation of the Environmental Benefits to Society of Using Waste-based Fuels at Norcem Brevik, Østfold Research Foundation, OR.15.05.

Rønning, A.; Vold, M.; Nyland, C. A. (2001): As a producer in an early stage in the value chain – how to effect decisions in the user phase? The 9th SETAC Europe Conference, Leiden.

Rønning, A. (2005): "Er tre bedre enn andre bygningsmaterialer?" STØ-notat 08.02.05, Fredrikstad.

SINTEF Byggforsk: "Termisk masse og klimatisering av bygninger – en oversikt tilrettelagt for byggherrer, arkitekter og rådgivende ingeniører."



SINTEF Byggforsk

Oslo
Forskningsveien 3b, 0373 Oslo
Postboks 124 Blindern, 0314 Oslo
Telefon: 22 90 55 55
Telefaks: 22 69 94 38

Trondheim
Høgskoleingen 7b
7465 Trondheim
Telefon: 73 59 33 90
Telefaks: 73 59 33 80

E-post: byggforsk@sintef.no
Internettadresse: www.sintef.no/byggforsk
Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

Oppdragsgiver
Bygg uten grenser

Oppdragsgivers adresse
Pb 147 Lilleaker
0216 OSLO

Oppdragsgivers referanse
Ole H. Krokstrand

Prosjektnr./arkivnr. 21832	Dato 26.02.2007	Rev.dato	Antall sider 10	Antall vedlegg 0	Gradering Lukket	Forfatter(e) Christian J. Engelsen Sverre Fossdal Silje Wærp
Prosjektleder Silje Wærp	Sign.	Ansv.leder Mads Mysen	Sign.	Kvalitetssikrer Sverre Fossdal	Sign.	

Oppdragsrapport - FORELØBIG

Kort sammendrag

Miljøverndepartementet har kommet med utredning om "Et klimavennlig Norge", NOU 2006: 18. Formålet med utredningen er å utrede hva som må gjøres for at Norges utslipp av klimagasser skal reduseres med 50-80 % innen 2050.

Ved gjennomføring av livssyklusanalyser for bygg krever standardene at en tar med seg alle fasene i byggets levetid og at ressurs og miljøbelastningene uttrykkes ved samme funksjonell enhet. For bygninger er det bruksfasen som vil være den energikrevende fasen. For kontorbygg utgjør energiforbruket i 90-91 % av det totale energiforbruket, for eneboliger i tre utgjør driftsfasen 92-93 % av energiforbruket i et livsløpsperspektiv. Resten av energiforbruket kommer i det vesentligste fra tilvirkning av materialer og avhending.

Over 90 % av det totale CO₂ utslippet fra sement- og betongindustrien i Norge kommer fra produksjonen av sement. For Norge er det sannsynlig å beregne at 33 % av avgitt CO₂ fra produksjonen, vil gjenopptas ved karbonatisering dersom et livsløpsperspektiv på 100 år legges til grunn. Ut fra den årlige betongproduksjonen tilsvarende dette omtrent 222.000 tonn CO₂. Ved en økning av gjenbruksandelen for betong vil denne andelen øke. I dag gjenbrukes 30 vektprosent av betongavfallet. Det er målsetning om økning av andelen gjenbruksmateriale. Gjenbruk av betong sparer også deponiplass og kan erstatte jomfruelige råvarer.

Betong er særlig egnet til passiv kjøling. Utnyttelse av termisk masse reduserer energibruk til oppvarming og kjøling uten at det går ut over innklimaet.

Byggverkets adresse		Byggeår	
Metode	Emneord	Filnavn 0-21832 Betong og tre- miljøvurdering	

Utdragsvis eller forkortet gengivelse av rapporten er ikke tillatt uten SINTEF Byggforsks spesielle godkjenning.
Hvis rapporten skal oversettes, forbeholder SINTEF Byggforsk seg retten til å godkjenne oversettelsen. Kostnader belastes oppdragsgiver.

Introduksjon

Miljøverndepartementet har kommet med utredning om "Et klimavennlig Norge", NOU 2006: 18. Formålet med utredningen er å fokusere på hva som må gjøres for at Norges utslipp av klimagasser skal reduseres med 50-80 % innen 2050. CO₂ utslipp fra norsk territorium har økt med 10 % siden 1990 og CO₂ står for ca 80 % av klimagassutslippene. Innenfor satsingsområde "Oppvarming" inngår energieffektivisering av bygg. Tiltakene det er pekt på er strengere bygningsstandarder, miljømerking og støtteordninger (NOU, 2005) [1].

NOU Kap 6.4.2 Omfatter energieffektivisering i bygg og omhandler tiltak som kan redusere energiforbruket i bygg. I boks 6.7 "Tre eller sement i bygningssektoren- hva skal man velge?" er klimabelastning ved valg av materialer behandlet. Det sies at økt trebruk vil kunne gi reduserte klimagassutslipp dersom dette erstatter andre og mer belastende materialer i bygningssektoren. Det oppgis at den klimamessige gevinsten ved for eksempel overgang fra betong til massivt tre grovt kan anslås til 0,4 t CO₂- ekv per tonn treforbruk. Denne uttalelsen er i liten grad begrunnet [1].

Om livssyklusanalyser (LCA)

Designere, produsenter av byggevarer, brukere og eiere av bygninger har et økende behov for informasjon som gjør dem i stand til å ta de riktige beslutninger. Det gjelder ikke minst når en skal se på miljøpåvirkningene fra bygninger.

Det er derfor viktig at det finnes standardiserte metoder å uttrykke ressurs og miljøbelastninger på byggevarer og bygninger. Disse metodene er nedfelt i internasjonale standarder (ISO 14025 og ISO/FDIS 21930) og har en entydig måte å beregne ressurs og miljøbelastningene på. Denne metodikken er basert på livsløpsvurderinger (ISO 14040 serien), dvs. at en ser på bygningene i hele deres livsløp. Alle byggevarer som skal sammenlignes må vurderes over byggets levetid.

Livsløpet til et bygg er delt flere faser;

- a) produksjonsfasen - uttak av råmaterialer og tilvirkning av byggeprodukter,
- b) byggefasen - installasjoner på byggeplass
- c) bruksfasen - drift og vedlikehold av bygget
- d) avhendingsfasen – riving og deponering

Skal en sammenligne miljøbelastningene fra to bygninger krever disse standardene at en tar med seg alle fasene i byggets levetid og at ressurs og miljøbelastningene uttrykkes ved samme funksjonell enhet.

Den funksjonelle enheten er en kvantifisert prestasjon for et produksystem brukt som referanse i en livsløpsvurdering og et livsløp er stadier i et produksjonssystem som følger etter hverandre og er sammenkjedet, fra anskaffelse av råmaterialer til endelig avhending (Definisjoner i ISO 14025). Det betyr at en ikke kan sammenligne to forskjellige løsninger og bare ta med produksjonsfasen. Skal løsningene vurderes opp mot hverandre må hele livsløpet tas med. For bygninger er det bruksfasen som vil være den energikrevende fasen. Bygningsmessige løsninger sammen med varmelagringsevne vil i bruksfasen kunne bety mer enn produksjonsfasen med tanke på f.eks. CO₂ -utslipp.

Vurdering

Livsløpsvurdering for betong

"Den klimamessige gevinsten ved for eksempel overgang fra betong til massivt tre kan grovt anslås til 0,4 tCO₂-ekv. per tonn økt treforbruk"[NOU]. Vurderingene er hentet fra Bjørn Berge og Stein Stoknes [4]. Slik det fremgår av teksten i NOU dreier dette seg om miljøbelastning ved produksjon av betong versus tre. I artikkelen står det imidlertid at flere forhold enn produksjonen av byggematerialer inngår i beregningene, slik som ENØK tiltak, varmelagring osv, men hvordan dette er hensyntatt kommer ikke klart frem i artikkelen.

Skal en sammenligne miljøbelastningene fra to bygninger krever det at en tar med seg alle fasene i byggets levetid og at ressurs og miljøbelastningene uttrykkes ved samme funksjonelle enhet. Eksempelvis kan man sammenligne en konstruksjonsdel av tre og betong med samme funksjon, eller et bygg med samme energikrav. Materialer som dekker ulike funksjoner kan ikke sammenlignes, og det er derfor ikke riktig å sammenligne kg materialer.

For bygninger er det bruksfasen som vil være den energikrevende fasen. For kontorbygg utgjør energiforbruket i 90-91 % av det totale energiforbruket, for eneboliger i tre utgjør driftsfasen 92-93 % av energiforbruket. Resten av energiforbruket kommer i det vesentligste fra tilvirking av materialer og avhending. Utslippene kommer i det vesentligste fra produksjon av byggematerialer [Energi- og miljøregnskap for bygg, Fossdal].

Et FoU-prosjekt i regi av Statsbygg ser på klimagassregnskap for bygg og eiendomsutvikling. Utbygging på Fornebu er benyttet som case. Prosjektet er ikke avsluttet, men det foreligger noen resultater fra prosjektet (klimagassregnskap for utbygging av felt 4.2 Rolfsbukta). Studien omfatter en utbygging av 50 000 m² BRA med stor andel av boliger, samt noen kontorer og restauranter og varehandel. Klimagassutslipp fra Rolfsbukta fordeler seg 48 % på transport, 46 % på energi og 6 % på materialer.

Nye energikrav til bygg ble vedtatt ved revisjon av Teknisk forskrift (TEK) 26.01.2006. Disse kravene vil gi en skjerping av energikrav i forhold til dagens krav på ca 25 %. Innføring av nytt EU direktiv for energieffektivitet i bygninger vil blant annet gi minstekrav til bygningers energieffektivitet og en energimerkeordning for bygg. En reduksjon av energiforbruket i bygg, vil det gjøre at miljøbelastningen ved produksjon av byggematerialer vil stå for en større andel i en livsløpsvurdering.

Dersom man skal sammenligne bruk av betong og tre i bygg må man analysere med samme funksjonelle enhet og vurdere over hele livsløpet.

I dag gjenbrukes 30 vektprosent av betongavfallet. Det er målsetning om andelen gjenbruksmateriale. Gjenbruk av betong vil være gunstig i en livsløpsvurdering, da det sparer deponiplass og kan erstatte jomfruelige råvarer.

Fremstilling av sement og betong:

Portlandsementklinker fremstilles ved å brenne en finmalt råblending (råmel) av kalkstein (vesentlig CaCO₃) og materialer som inneholder SiO₂, Al₂O₃ og Fe₂O₃ (kvarts, leire, skifer, bauxitt, jernslig o. l.). Råmelet brennes i en roterovn under kontrollerte betingelser opp til en temperatur på ca 1450 °C (gastemperatur omkring 2000 °C). Etter brenning og avkjøling males klinkeren i møller sammen med opp til 5 vekt % gips (CaSO₄ x 2H₂O) eller anhydritt (CaSO₄), noe kalksteinsmel, jernsulfat (kromatreduserende) og små mengder nedmalingshjelpemidler (grinding aid). Sistnevnte tilsettes i < 0,05 % av sementvekt og trietanolaminholdige stoffer er mest benyttet. Etter denne prosessen får materialet betegnelsen sement.

Betong fremstilles ved å blande sement, tilslag og vann i kontrollerte proporsjoner. Sementmengden varierer i området 300-450 kg pr. kubikkmeter betong. I dagens betongproduksjon i Norge brukes det standardsementer (CEM I) i tillegg til en økende andel blandingssementer (CEM II) med innmalt flyveaske, slag og kalkstein.

Organiske tilsetningsstoffer tilsettes betongen for å endre dens fysiske egenskaper som støpelighet, frostbestandighet, størkningstid og vannforbruk. En oversikt over de mest benyttede organiske tilsetningsstoffene i Norge er vist i Tabell 3. Mengde og anvendelsesmåten er avhengig av tilsiktede betongegenskaper i fersk og herdet tilstand. Tilsetningsmengden i væskeform overstiger normalt ikke 0,4 % av betongens vekt [13-14]. Væskemengden består vanligvis av maksimalt 40 % (m/m) tilsetningsstoff.

Mer enn 85 % av dagens benyttede tilsetningsstoffer i Norge er plastifiserende (P) og superplastifiserende (SP) stoffer og av disse er akrylbaserte kopolymerer mest benyttet fremfor tradisjonelle stoffer basert på lignosulfonater. Melamin- og naftalenkondensater benyttes i minkende grad.

Potensiale for gjenbruk og avgivelse av kjemiske stoffer:

Dersom miljørisikoen med hensyn til avgivelse av farlige stoffer skal vurderes for betong bør den kjemiske sammensetningen først vurderes. Ut fra fremstillingen av sement og betong ser vi at det i hovedsak er benyttet naturlige råmaterialer og at en ikke forventer unormalt høye konsentrasjoner av f. eks tungmetaller. Videre så bør utlekkingsegenskapene fastsettes for å beregne den reelle avgivelsen der den aktuelle bruken tas hensyn til. Høyest risiko vil derfor forventes når betongen gjenbrukes i nedkust tilstand (vegkonstruksjoner, grøfter o.l.) på grunn av den økte overflaten.

I Norge er slike vurderingene og beregningene utført i Gjenbrukprosjektet 2002-2005 [2], et FoU program i regi av Statens Vegvesen hvor målsetningen har vært å legge til rette for økt bruk av gjenbruksmaterialer. I dette prosjektet ble miljørisikoen ved anvendelse av forskjellige gjenbruksmaterialer i veg beregnet etter gjeldende nasjonale og europeiske retningslinjer [32]. Sementbaserte gjenbruksmaterialer (knust betong og tegl) ble særlig vektlagt siden disse materialene i dag utgjør det største volumet og fordi potensialet for ytterligere økt bruk er stort. Betong og tegl utgjør tilsammen 1,1 mill tonn av avfallsmengden per år, herav er betong estimert til 0,65-0,98 mill tonn/år [3].

Resultatene fra prosjektet viste at dagens knuste betong utgjør akseptabel miljørisiko i et vegscenario (nedkust tilstand). Sammendrag av målinger av total konsentrasjoner av kjemiske stoffer i forskjellige uttatte materialer i det aktuelle prosjektet og fra litteraturen ble sammenlignet med normverdiene til Statens Forurensningstilsyn (SFT) for mest følsom arealbruk¹. Disse betraktes som svært konservative. Enkelte av tungmetallene (As, Pb, Cu etc.) ble målt til å være noe høyere enn disse grenseverdiene. Ut i fra målingene av utlekking i laboratoriet [3], geokjemisk modellering av disse resultatene [4] og målinger under reelle betingelser i et feltforsøk [31] ble det ikke funnet uakseptabel risiko ved bruk i veg. Det bør tillegges at knust betong og andre gjenbruksmaterialer typisk ikke har anvendelsesområder som karakteriseres som følsomt arealbruk. I Gjenbrukprosjektet ble det på bakgrunn av undersøkelsene, vurderingene og risikoberegningene foreslått grenseverdier for totalt innhold av tungmetaller, PCB og PAH i knust betong benyttet til vegformål [1]. Det meste av dagens knust betong vil være innenfor disse grenseverdiene. I dag gjenbrukes 30 vektprosent av betongavfallet, og byggebransjen har som mål å øke denne andelen til 70 vektprosent [Norsk Handlingsplan for bygg- og anleggsavfall.

¹ Typisk arealbruk er jordmasser i barnehager, skoleplasser etc.

Undersøkelser med hensyn til utlekking av tilsetningsstoffer fra betong finnes i liten grad. En studie i Sverige har vist at signifikante avgitte mengder av talloljer og thiocyanater ble påvist i laboratoriet [42]. I Gjenbruksprosjektet ble en akrylbasert kopolymer benyttet som tilsetningsstoff. Det kunne imidlertid ikke fastsettes hvilken andel av dette stoffet som ble avgitt da den totale mengden organisk karbon (TOC) ble målt. Teoretiske beregninger viste at ved 100 % utlekking av dette tilsetningsstoffet fra en nedknust laboratoriestøpt betong (0-4 mm), ville gitt en TOC konsentrasjon i utlekkingsvæsken på 13,2 mg/L der forholdet mellom utlekkingsvæske og faststoff (knust betong) i prøvemethoden er 10 [3]. Andelen avgitt tilsetningsstoff vil mest sannsynlig være en og del lavere. For å verifisere dette bør det utføres flere utlekkingsforsøk etterfulgt av kjemiske analyser av eluatene med hensyn på spesifikke organiske stoffer. Det vil derfor være hensiktsmessig å utføre ytterligere undersøkelser innenfor dette området.

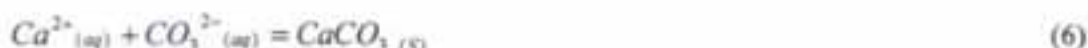
CO₂ utslipp ved bruk av sement og betong:

Over 90 % av det totale CO₂ utslippet fra sement- og betongindustrien i Norge kommer fra produksjonen av sement. Dette utgjør omtrent 3,2 % av det årlige totale utslippet på 43 millioner tonn CO₂ (2003). Ved produksjon av sement regnes det at 40 % av totalutslippet skyldes forbrenning av brennstoffet i denne høytemperatursprosessen. Hele 60 % av CO₂ avgis fra kalksteinen (CaCO₃) i råmelet, slik at det dannes reaktivt kalsiumoksid (CaO) under oppvarming. Denne prosessen kalles kalsinering og kan beskrives i (1):



CaO reagerer videre med silikater, aluminater og jernoksid ved høy temperatur slik at de såkalte klinker mineralene i sement dannes. Ved tilsetning av vann til ferdig sement, hydratiserer sementklinkermineralene, slik at hydratfasene i sementpastaen dannes (CaO-SiO₂ x XH₂O, CaO-Al₂O₃ x XH₂O, CaO-Al₂O₃-Fe₂O₃ x XH₂O og Ca(OH)₂), der X betegner kjemisk bundet vann). Disse hydratfasene ("limet") bidrar til å gi betongen mekanisk styrke i herdet tilstand.

Umiddelbart etter at herdet betong eksponeres for luft vil en kjemisk prosess motsatt av kalsinering finne sted. Denne prosessen er velkjent og betegnes karbonatisering. Karbonatisering er egentlig en betegnelse på flere reaksjoner hvor CO₂ fra luften tas opp i betongen ved å utfelle kalsiumkarbonat (CaCO₃) i betongens poresystem. For å kunne si noe om mengden CO₂ som kan tas opp er det viktig å forstå prosessen. Denne kan kjemisk beskrives på følgende måte[5]:



Ligning (2)-(4) viser hvordan CO₂ tas opp fra luft til porevannet i betongen ved å danne karbonsyre. Porevannet til ukarbonatisert betong er mettet på kalsiumhydroksid [Ca(OH)₂], som er et reaksjonsprodukt når betongen herder, fordi pH > 13 i porevannet (som skyldes alkalihydroksidene).

Dette er en kjemisk likevekt som beskrives av ligning (5). Etter hvert som karbonat (CO_2^{2-}) dannes i porevannet vil den umiddelbart reagere med Ca^{2+} og kalsiumkarbonat vil felle ut (CaCO_3 , hovedsakelig kalsitt) etter ligning (6). Dette fører til at pH senkes og mer $\text{Ca}(\text{OH})_2$ vil løses for å opprettholde den stabiliserende høye pH. Etter at alt kalsiumhydroksid fra hydratiseringen er oppbrukt (karbonatisert) i sementpastaen vil Ca^{2+} fra de andre hydratfasene ($\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 \cdot x \text{XH}_2\text{O}$, $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x \text{XH}_2\text{O}$, $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x \text{XH}_2\text{O}$) løses for å opprettholde likevekt i systemet.

Karbonatisering er i utgangspunktet en treg prosess hvor hastigheten er avhengig tilgangen CO_2 (luft) og vann (porevann). Dette er en diffusjonsstyrt prosess som er avhengig av kvaliteten på betongen, sementmengde og eksponeringsforhold [7]. Ut fra betongens levetid er karbonatisering imidlertid av signifikant betydning. Ut fra sammensetningen på klinker, sementpasta og den kjemiske beskrivelsen på karbonatisering ser vi at mengden CaO som kan karbonatisere er høy. Ut fra en geologisk tidsskala kan i teorien alt CO_2 som avgis ved kalsinering gjenopptas i betongen ved karbonatisering. Videre så er dette en naturlig syklus hvor først CO_2 avgis ved å tilføre kalkstein energi (varme) for å danne kalk (CaO) og som senere omdannes til stabil kalkstein igjen ved å absorbere CO_2 .

I et miljøperspektiv er det til nå kun fokusert på utslipp av CO_2 relatert til produksjon av sement. I miljøregnskap som tar for seg hele levetiden til betong er andelen gjenopptatt CO_2 som regel ikke inkludert. I et nylig avsluttet forskningsprosjekt støttet av Nordic Innovation Centre er det utført beregninger på mengden gjenopptatt CO_2 i betongen i de Nordiske landene gjennom hele levetiden til betong [6]. I dette prosjektet er det tatt hensyn til en bruksfase på 70 år og en gjenbruksfase på 30 år. Det er videre tatt hensyn til forskjellige typer av dagens betong, eksponeringsforhold og andelen som knuses og gjenbrukes detaljert beskrevet i [7]. Omfattende målinger i laboratoriet ble også utført [5]. Resultatene viste at for Norge er det sannsynlig å beregne at 33 % av avgitt CO_2 som følge av kalsineringen, vil gjenopptas dersom et livsløpsperspektiv på 100 år legges til grunn. Ut fra den årlige betongproduksjonen tilsvarer dette omtrent 222.000 tonn CO_2 . I Danmark ble det tilsvarende beregnet en andel på 57 % fordi betongen gjenbrukes i langt høyere grad enn i Norge.

Ut i fra et nasjonal årlig totalutslipp av CO_2 på 43 millioner tonn tilsvarer absorpsjonen av CO_2 ca 0,5 % av dette. Det kan tillegges at beregningene er utført etter data fra 2003. Her er det iberegnet at en del av det nasjonale sementforbruket består av blandingssementer (hovedsakelig flyveaske). I Europa er det en klar økning i bruken av blandingssementer de siste årene, noe som også er tilfelle i Norge. Dette vil derfor gi lavere avgitt mengde CO_2 pr. kg ferdig produsert sement. For den årlige betongproduksjonen i Norge vil dette da gi tilsvarende bidrag i redusert utslipp av CO_2 pr kubikkmeter benyttet betong.

Termisk masse

En termisk tung konstruksjon virker som et energireservoar i forhold til de rom konstruksjonen er eksponert mot. Energireservoarets egenskaper i forhold til rommet avhenger av:

- Evnen det har til å holde på varme (varmekapasitet)
- Evnen det har til å lede varme (konduktivitet)
- Hvordan dets varmekapasitet og konduktivitet harmonerer med døgnsyklusen til ytre påvirkninger av rommet.

Ved å utnytte bygningens termiske masse til kjøling, kan man redusere behovet for mekanisk kjøling. Slik kjøling blir ofte betegnet som passiv kjøling. Ved passiv kjøling utnyttes naturlige døgnvariasjoner over døgnet til å lagre den termiske massen med varme- og kjøleenergi. Om natten kjøles bygningskroppen ned ved hjelp av kald uteluft. Her kan bygningens ventilasjonsanlegg benyttes. På dagtid vil en kald bygningsmasse bidra til å fjerne overskuddsvarme i oppholdssonen og dermed forsinke eller eliminere problemer med overtemperatur i oppholdssonen.

Nyere forskning viser at brukere av bygg med mekanisk kjøling er mer innemiljølaget enn brukere av andre bygg. Videre er det påvist at brukere av naturlig ventilerte bygg tilpasser seg større variasjon i innetemperatur.

	Lamda- Varmeledning (W/m C)	Cv – varmelagring per volum KJ/m ² C	I=Lamda*Cv Termisk treghet
Betong	1,5	2024	3036
Tegl	0,8	1260	1008
Tre	0,14	1150	161
Lettbetong	0,42	525	221
Gips	0,22	756	166
Spon	0,14	878	123
Kryssfiner	0,13	1350	176

Passiv kjøling forutsetter god varmeledning- og varmelagringsevne for materialene som eksponeres mot oppholdssonen. Betong er særlig egnet til passiv kjøling, med god varmeledningsevne, som gjør at sjiktet som i praksis utveksler varme med oppholdssonen blir relativt dypt. I tillegg har betongen god varmelagringsevne, slik at store mengder med nyttbar kjøle- og varmeenergi kan lagres i betongen.

Det er gjort simuleringer av cellekontorer med innervegger i cellekontorer med innervegger i "lett" gipsutførelse "tung" murkonstruksjon viser at den tunge løsningen reduserer kjølebehovet med 25 %. I tillegg reduseres oppvarmingsbehovet med 2-6 % avhengig av fasadens retning [Byggeforsk informerer].

Utnyttelse av termisk masse reduserer energibruk til oppvarming og kjøling uten at det går ut over inneklimaet.

Tre har som det fremgår av tabell relativt god varmekapasitet, men leder varmen dårlig. Den dårlige ledningsevnen gjør at energireservoaret lades og tomnes for langsomt i forhold til døgnsyklus [Bygg uten grenser]. I [4] hevdes det at massive trekonstruksjoner har en betydelig varmelagringsevne. Det er sannsynlig at massive trekonstruksjoner har en bedre varmeledningsevne en f.eks bindingsverk, men vi er ikke kjent med at det er gjort undersøkelser som støtter opp om denne påstanden.

Konklusjon

I NOU sies at det økt trebruk vil kunne gi reduserte klimagassutslipp dersom dette erstatter andre og mer belastende materialer i bygningssektoren. Det oppgis at den klimamessige gevinsten ved for eksempel overgang fra betong til massivt tre grovt kan anslås til 0,4 t CO₂- ekv per tonn treforbruk. Dette er i liten grad begrunnet.

For bygninger er det bruksfasen som vil være den energikrevende fasen (ca 90 %). Resten av energiforbruket kommer i det vesentligste fra tilvirkning av materialer og avhending.

I dag gjenbrukes 30 vektprosent av betongavfallet. Det er målsetning om økning av andelen gjenbruksmateriale. Gjenbruk av betong vil være gunstig i en livsløpsvurdering, da det sparer deponiplass og kan erstatte jomfruelige råvarer.

Over 90 % av det totale CO₂ utslippet fra sement- og betongindustrien i Norge kommer fra produksjonen av sement. Dette utgjør omtrent 3,2 % av det årlige totale utslippet på 43 millioner tonn

CO₂ (2003). Karbonatisering er en betegnelse på flere reaksjoner hvor CO₂ fra luften tas opp i betongen ved å utfelle kalsiumkarbonat (CaCO₃) i betongens poresystem. Resultater fra et nylig avsluttet forskningsprosjekt støttet av Nordic Innovation Centre viser at for Norge er det sannsynlig å beregne at 33 % av avgitt CO₂ som følge av kalsineringen, vil gjenopptas ved karbonatisering dersom et livsløpsperspektiv på 100 år legges til grunn. Ut fra den årlige betongproduksjonen tilsvarer dette omtrent 222.000 tonn CO₂. Ved en økning av gjenbruksandelen for betong vil denne andelen øke.

Betong er særlig egnet til passiv kjøling. Det er gjort simuleringer av cellekontorer med innervegger i cellekontorer med innervegger i "lett" gipsutførelse "tung" murkonstruksjon viser at den tunge løsningen reduserer kjølebehovet med 25 %. I tillegg reduseres oppvarmingsbehovet med 2-6 % avhengig av fasadens retning. Utnyttelse av termisk masse reduserer energibruk til oppvarming og kjøling uten at det går ut over inneklimate.

Oslo,
for SINTEF Byggforsk

Silje Wærp
Forfatter

Referanser

- [1] NOU 2006:18- Et klimavennlig Norge. 2005
- [13] Tilsetningsstoffer i konstruksjonsbetong, Byggdetaljer 572.207, Byggforskserien, Norges byggforskningsinstitutt.
- [14] J. Dransfield, Leaching of admixtures, Concrete, May 2004.
- [32] G. Petkovic, C.J. Engelsen, A.O. Haoya, G. Breedveld Environmental impact from the use of recycled materials in road construction: method for decision-making in Norway Resources Conservation and Recycling 2004, 42, 249-264.
- [1] Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg, Prosjektrapport nr 14, Teknologirapport 2432, Statens vegvesen 2006
- [42] Å. Andersson Leaching of Hazardous Substances from Concrete Constituents PhD Thesis (lissensiate doctorate) 2000, Chalmers University of Technology.
- [2] www.gjenbruksprosjektet.net
- [3] Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg – Sementbaserte materialer, Prosjektrapport nr 14a, Teknologirapport 2433, Statens vegvesen 2006
- [31] C.J. Engelsen, H.A. van der Sloot, G. Petkovic, E. Stoltenberg-Hansson, G. Wibetoe, W. Lund, Constituent release predictions for recycled aggregates at field site in Norway In: M. Ilic, J.J.J.M. Goumans, S. Miletic, J.J.M. Heynen and J. Senden (Editors), WASCON 2006, 6th International Conference on the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials, Science and Engineering of Recycling for Environmental Protection. *Belgrade, Serbia & Montenegro, May 30-June 2, 2006.*
- [4] C.J. Engelsen, H.A. van der Sloot, G. Wibetoe, E. Stoltenberg-Hansson, G. Petkovic, W. Lund, Release of major oxides from Recycled Concrete Aggregates and geochemical modelling, Cement and Concrete Research, in preparation 2007.
- [5] C.J. Engelsen, J. Mehus, C. Pade, D.H. Sæther Carbon dioxide uptake in demolished and crushed concrete NBI project report 395:2005.
- [6] Kjellsen, K.O.; Guimaraes, M., Nilsson, Å. 'The CO₂ Balance of Concrete in a Life Cycle Perspective', Rapport NI-project 03018, Dansk Teknologisk Institutt, Taastrup, 2005.
- [7] Lagerblad, B., Carbon dioxide uptake during concrete life cycle - state of the art, rapport 2:2005, Cement och Betong Institutet, Stockholm, 2005.
- [1] Passiv kjøling, energisparing og tunge konstruksjonsløsninger. Byggforsk informerer v/ Mads Mysen
- [2] Termisk masse og klimatisering av bygninger. Utarbeidet av SINTEF Byggforsk for byggutengrenser.no
- [4] Bjørn Berge og Stein Stoknes. Mot en klimanøytral byggebransje. Arkitektnytt 8-2004

- [5] Presentasjon av resultater fra prosjekt "Klimagassregnskap for bygg- og eiendomsutvikling, Eivind Selvig, Civitas Frokostmøte ECOBOX 7. februar 2007
- [] Energi- og miljøregnskap for bygg, Sverre Fossdal, Byggforsk Prosjektrapport 173-1995

FRA: Anne Rønning
DATO: 08.02.2005

Er tre bedre enn andre bygningsmaterialer?

Innledning

Stiftelsen Østfoldforskning har fått i oppdrag av Byggutengrenser.no å foreta en gjennomgang av LCA-studier som sammenligner tre som bygningsmateriale med mur og betong produkter. Det er ikke foretatt noen kvalitetsvurdering av studiene, kun en referering av resultater gitt i det gjennomgåtte materialet.

Chalmers Tekniska Högskola

Miljøargumentet har blitt brukt for å øke bygging i tre i Sverige, men kunnskapen om hva dette innebærer er begrenset. En kartlegging av kunnskapsstatus er derfor etterlyst. Man har derfor sett behov for en oversikt over gjennomførte miljøstudier som sammenligninger trehus med andre (f.eks. betong og stålkonstruksjoner).

Ved Chalmers Tekniska Högskola (CTH) har man foretatt en gjennomgang av flere slike studier hvor miljøbelastninger gjennom livsløpet er vurdert, Brunklaus og Baumann (2002)¹. CTHs studie er foretatt på oppdrag av det svenske Miljødepartementet.

I CTHs studie er det foretatt en vurdering kvaliteten på de gjennomgåtte studier, både i forhold til metodikk og datakvalitet. Vi vil i det videre trekke fram de studier som CTH vurderes som mest helhetsdekkende og robuste.

Rapport 1a og 1b:

a) Björklund, T., Jönsson, Å. & Tillman, A.-M. (1996). *LCA of Building Frame Structures – Environmental Impact over the Life Cycle of Concrete and Steel Frames*. Report 1996:8. Technical Environmental Planning, now: Environmental System Analysis, CTH. Göteborg.

¹ Brunklaus, B.; Baumann, H. (2002): "Vad innebär ett ökat träbyggande i Sverige för miljön? Granskning av jämförande LCA – studier av stombyggnadsmaterial i hus", ESA-rapport 2002:6, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.

b) Björklund, T. & Tillman, A.-M. (1997). *LCA of Building Frame Structures – Environmental Impact over the Life Cycle of Wooden and Concrete Frames*. Report 1997:2. Technical Environmental Planning, now: Environmental System Analysis, CTH, Göteborg.

Thomas Björklund m fl på Chalmers har gjort LCA-studier av ulike bjelker (betong, stål og tre) beskrevet i to rapporter. Objektet har vært et antall fiktive hus (fleretasjes bolighus og kontorsbygninger) med dagens tekniske standard. Formålet med studien vært å bygge kunnskap om miljøpåvirkninger av betong-, stål- og trebjelker gjennom hele deres livsløp ved hjelp av LCA. En referansegruppe av representanter fra stål-, betong- og trebransjen var koblet til dette prosjektet.

Drift av huset står for de største miljøpåvirkninger gjennom livsløpet. Resultatene av studiene var at tre er like "miljøvennlig" som betong og stål, sett over husenes hele livsløp.

Rapport 2a og 2b:

Adalberth, K. (2000). *Energy use and Environmental Impact of New Residential Buildings*.

TVBH-1012. Department of Building Physics, LTH. Lund.

a) Artikkel 3: *Energy use in four multi-family buildings during their life cycle*

b) Artikkel 4: *Life cycle assessment of four multi-family buildings*

Karin Adalberth (LTH) har i sin doktorsavhandling gjort en energisammenligning med livsløpsperspektiv og en LCA-sammenligning av bolighus med ulike bjelker (tre og betong). Objektet som studeres i begge artiklene er fire "flervåningsbostadshus" bygd 1996. Formålet med studiene var å analysere energiforbruk i byggene under deres livsløp og undersøke hvilken fase som fører til størst energiforbruk. Resultatene av studiene viser at forskjellen mellom tre og andra alternativ er neglisjerbart sett over bygningenes hele livsløp. Bruksfasen står for den største miljøpåvirkning.

Rapport 3:

Graulich, K. (2001). *Vom Niedrig-Energihaus zum Niedrig Schadstoffhaus - Integration von schadstoffbezogenen Bilanzierungen in die Ökobilanzen von Wohngebäuden*. Bestell-Nr. 420128. Öko-Institut e.V. Freiburg. Tyskland.

Studien er et eksamensarbeide utført ved et institutt i Freiburg (Öko-Institut e.V.), som bland annet arbeider med LCA og bygg. Kathrin Graulich sammenligner i sin LCA-studie et tegl- og et tre-ekkehus og fokuserer på miljø- og helseskadelige stoffer (alifatiske løsemiddel, aromatiske hydrokarboner etc.). Stoffene er valgt ut i fra de tyske "Gefahrenhinweise (R-sätze)" og "Sicherheitsratschläge (S-sätze)".

Formålet med studien var å øke livsløpskunnskapen om bygg på kjemikaliesiden ettersom de fleste gjennomførte LCA-studier omfatter byggenes energiforbruk. Resultatene viser at forekomsten av skadelige stoffer er uavhengig av konstruksjonsmaterieill som tre eller tegl. Det utslagsgivende der valg av produkter som maling, lim, sparkel, etc..

Rapport 4:

Quack, D. (2001). *Einfluss von Energistandard und konstruktiven Faktoren auf die Umweltauswirkungen von Wohngebäuden - eine Ökobilanz*. Bestell-Nr. 420126. Öko-Institut e.V. Freiburg. Tyskland.

Detta er en tysk studie av instituttet i Freiburg (Öko-Institut e.V.). Dietlinde Quack har gjort en LCA-sammenligning av rekkehus (framfor alt lavenergirekkehus) med ulike material (betong, tegl, tre) og energisystem (oppvarming, el, varmtvann og etc.). Formålet med studien har vært å studere miljøpåvirkninger av reelle bolighus og kartlegge forbedringsmuligheter som minsker deres miljøpåvirkninger. Resultatet av studien viser at den totale miljøpåvirkningen gjennom livsløpet er uavhengig av konstruksjonsmaterial. Bruks-/driftsfasen gir størst miljøpåvirkning, og det er type energisystem som er avgjørende for hvor stor miljøpåvirkningene blir.

Konklusjoner gitt i Brunklus og Baumann (2002):

Rapportene beskrevet over viser ingen forskjeller mellom tre eller andre material sett over byggenes livsløp.

Hvis man bare vurderer selve byggeprosess (og materialproduksjon?) viser noen av studiene at tre er et bedre miljøalternativ (driftsfasen er utelatt). Men marginalene er ikke store, anslagsvis <20%. Men, miljøpåvirkninger fra framstilling "drukner" i forhold til miljøpåvirkninger fra driftsfasen (pga oppvarming og annet energiforbruk). Rapport 4 viser at dette også gjelder for lavenergihus – framstilling av materialer er neglisjerbart i forhold til driftsfasen.

Videre, forekomst av farlige produkter/kjemikalier i maling, tapeter, sparkel, brannhemmer etc. i tegl- og trehus har vist seg å ha større betydning enn valg av material til bjelker (rapport 3).

Cole, R.J. and P.C. Kernan (1996):

"Life-Cycle Energy Use in Office Buildings", *Building and the Environment*, Vol 31, No.4.

I denne studien er det foretatt en vurdering av det totale energiforbruket gjennom livsløpet for 4620m² treetasjes kontorbygg i henholdsvis tre, stål og betong, samt med og uten parkering i underetasje.

Denne studien viser at energiforbruket i driftsfasen er av klart størst betydning og at det ikke er signifikant forskjellene mellom materialene, se tabellen under.

Table 6. Life-cycle energy use - 10 year building life

	Vancouver						Toronto					
	Wood		Steel		Concrete		Wood		Steel		Concrete	
	Energy (GJ/m ²)	%	Energy (GJ/m ²)	%	Energy (GJ/m ²)	%	Energy (GJ/m ²)	%	Energy (GJ/m ²)	%	Energy (GJ/m ²)	%
With underground parking												
Initial	4.54	7	5.13	8	4.79	8	4.54	5	5.13	5	4.79	5
Replacement and repair	6.32	10	6.56	10	6.45	10	6.32	6	6.56	7	6.45	6
Operating	52.58	83	52.58	82	52.58	82	88.05	89	88.05	88	88.05	89
Total	63.36	100	64.18	100	63.74	100	98.91	100	99.73	100	99.29	100
Operating/year	1.05		1.05		1.05		1.76		1.76		1.76	
Equiv. no. of years of embodied energy (Operating/replace/repair)/year	4.35		4.88		4.56		2.58		2.91		1.89	
Equiv. no. of years of embodied energy	1.18		1.18		1.18		1.89		2.71		2.53	
No underground parking												
Initial	4.26	7	4.86	8	4.52	8	4.26	5	4.86	5	4.52	5
Replacement and repair	6.32	11	6.6	11	6.42	11	6.32	7	6.60	7	6.42	7
Operating	47.95	82	47.95	81	47.95	81	81.80	84	81.80	83	81.80	83
Total	58.54	100	59.40	100	58.89	100	92.39	100	93.25	100	92.74	100
Operating/year	0.96		0.96		0.96		1.64		1.64		1.64	
Equiv. no. of years of embodied energy (Operating/replace/repair)/year	4.45		5.06		4.71		2.61		2.97		1.76	
Equiv. no. of years of embodied energy	1.09		1.09		1.09		1.76		2.75		2.56	

SINTEF

Dokka, T.H. (2003): "Passiv klimatisering. Betong med fortrinn som energisparer i bygg." Presentasjon på Betongdagene 2003.

I denne presentasjonen vises bl.a. en simulering av kjøle og oppvarmingsbehov i kontorrom med ved henholdsvis tung og lett bygningskropp. Forutsetningene er gitt under, samt resultater fra simuleringen.

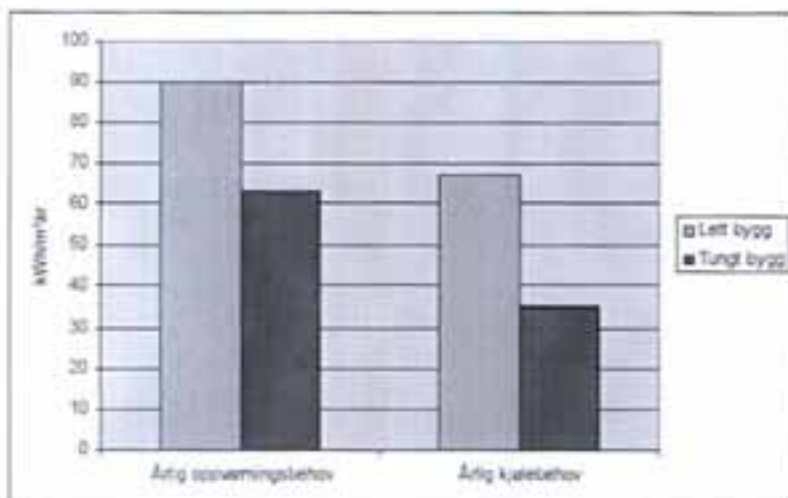
Kontorrom – Lett og tung bygningskropp

Lett kontormodul:

- Sydvendt kontor på 10 m²
- 2.24 m² vindu, med to lags energiglass og innvendige persiener
- Internlæst: 12 W/ m² belysning, 1 PC, 1 person (8 timer pr.dag)
- Ventilasjon: 10 m³ /h m² med innblåsningstemperatur på 18 °C
- Lette trevegger i skillevegger og fasade
- Lette etasjeskillere i tre, panel i himling og 22 mm sponplate

Tung kontormodul:

- Sydvendt kontor på 10 m²
- 2.24 m² vindu, med to lags energiglass og innvendige persiener
- Internlæst: 12 W/ m² belysning, 1 PC, 1 person (8 timer pr.dag)
- Ventilasjon: 10 m³ /h m² med innblåsningstemperatur på 18 °C
- Lette trevegger i skillevegger og fasade
- Etasjeskillere i betong med eksponert betong



Konklusjon

Med ett unntak viser studiene at i bygg hvor det er et oppvarmings-/kjølebehov, er det ikke mulig å skille de ulike materialene fra hverandre - det er valg av energisystem etc. som er avgjørende. En studie viser at dette også gjelder for lavenergibolig.

Basert på en gjennomgang av de overnevnte livløpsstudiene er det ikke mulig å konkludere at tre som bygningsmateriale er mer miljøriktig enn mur/betong/stål.

Mot en klimanøytral byggebransje?

17.06.2004 - Bjørn Berge og Stein Stoknes/Arkitektnytt 8-2004

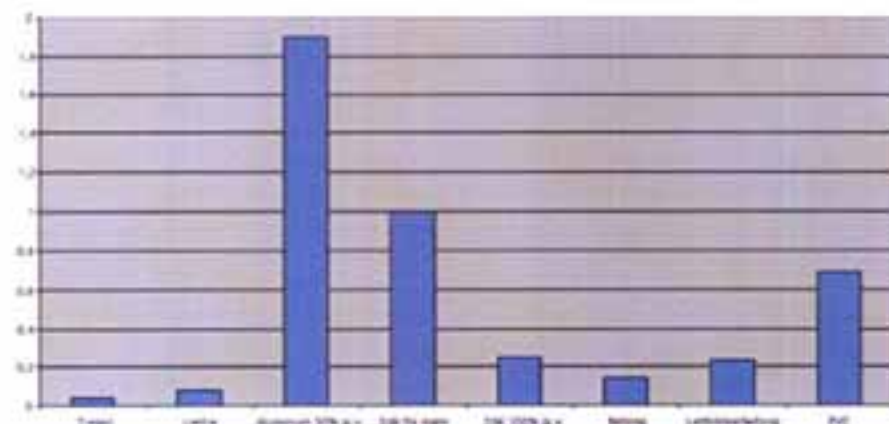
Økt treforbruk i nybygg på bekostning av mer energikrevende materialer som stål og betong kan gi merkbare utslag i det norske klimaregnskapet. Ved å øke treforbruket til 40 prosent av det teoretisk mulige vil klimagassutslippene knyttet til oppføring, vedlikehold og riving av nye bygningsgenerasjoner reduseres med 20-30 prosent.

Dette tilsvarer det som kan oppnås ved at energiforbruket til drift av nye bygninger reduseres med en tredjedel. Men både betong-, stål- og trebransjen har store forbedringsmuligheter. Hvem som på sikt kommer best ut av dette «miljøslaget» avhenger av bransjenes vilje og evne til omstilling.

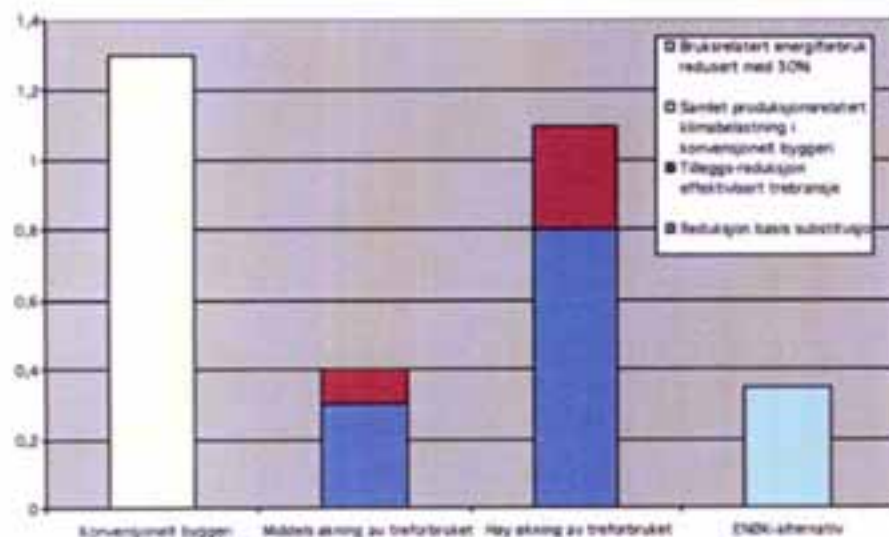
Som del av NAL/NABUs prosjekt «Reduksjon av klimabelastninger fra byggebransjen» er det sett nærmere på klima-effekten av substitusjon til treprodukter i nybygg. Prosjektet er basert på nyere skandinaviske studier av klimabelastningen fra ulike konstruksjonsmetoder. **Kildetilfanget er riktignok mangelfullt og ikke tilstrekkelig grunnlag for bastante konklusjoner, men som utgangspunkt for foreløpige vurderinger er det godt nok.**

Bygningssektoren er ansvarlig for en stor del av de norske klimagassutslippene. De bruksrelaterte belastningene – til oppvarming, belysning, ventilasjon og annet elektrisk utstyr – er anslått til 5,5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år. Dette utgjør ca 10 prosent av de samlede nasjonale utslippene, og skyldes fyring med olje og gass samt import av elektrisitet basert på kull.

I tillegg vil byggebransjen være opphav til produksjonsrelaterte klimagassutslipp fra framstilling av bygningsmaterialer og oppføring, vedlikehold og riving av bygninger. Her er energiforbruket i seg selv betydelig lavere, men siden kraftandelen fra fossile energikilder er større, vil klimabelastningen likevel være omfattende. For nye, energieffektive bygninger vil de produksjonsrelaterte belastningene kunne nærme seg samme størrelsesorden som de bruksrelaterte, sett gjennom bygningens livsløp.



(Fig.1.) Produksjonsmessige klimabelastninger for ulike materialer, oppgitt per kilo. I praksis vil forskjellen mellom treprodukter og betong øke ytterligere som følge av at betongen er 4-5 ganger tyngre.



(Fig. 2.) Klimaeffekt av substitusjon til tre i nybygg ved henholdsvis middels og høy økning i treforbruket, sammenlignet med produksjonsrelaterte belastninger i konvensjonelt byggeri og reduksjoner ved aktuelle bruksrelaterte ENØK-tiltak. ENØK-alternativet baserer seg på gj.sn. årlig energiforbruk i konvensjonelle oppvarmede nybygg på 150 kWh/m² og klimabelastning 0,04 kg CO₂/kWh. Beregningene tar utgangspunkt i at alle nybygg i løpet av en periode på 50 år oppføres med samme tiltaksnivå.

Strategier for reduserte utslipp

Mens de bruksrelaterte klimabelastningene kan reduseres med økt varmeisolasjon, klimatilpasning og alternative energikilder, gjelder følgende taklingsprinsipper i møtet med de produksjonsrelaterte klimabelastningene: Å effektivisere produktene som benyttes eller å skifte ut, substituere, særlig belastende produkter med mindre belastende alternativer.

I nybygde boligblokker og næringsbygg dominerer konstruksjoner av stål og betong. Begge alternativene innebærer store klimabelastninger i produksjonsfasen. Fra sementproduksjonen avgis det karbondioksid som følge av kjemiske prosesser ved brenning av kalkstein. I stålproduksjonen utvikles det karbondioksid fra reduksjonsprosesser basert på steinkull.

Så vel sement- som stålindustrien er nå i gang med å effektivisere produktene sine. De ligger likevel et godt stykke bak treindustrien som gjennom årene har operert i en klasse for seg med særlig lave klimakonsekvenser (se fig 1.). Her ligger det således til rette for introduksjon av substitusjonsstrategien ved at trebruken økes på bekostning av annen materialbruk.

Stort potensial for økt trebruk

Norge har allerede det største treforbruket per innbygger i Europa. Trekonstruksjoner i form av lett bindingsverk benyttes i om lag 90 prosent av nye småhusboliger og fritidshus. For boligblokker og næringsbygg er treforbruket lavt, men potensialet desto større. Økt treforbruk i alle typer byggverk er imidlertid nå aktuelt av to grunner. For det første er det nylig gjennomført endringer i byggeforskriftene som generelt tillater mer tre, også i fleretasjes hus. For det andre er det utviklet nye, rasjonelle byggeteknikker som gjør trekonstruksjoner til et reelt alternativ også for en høyt industrialisert byggebransje, blant annet massivtre-konstruksjoner (skiveelementer i heltre) og andre prefabrierte løsninger.

En konsekvent overgang til massive trekonstruksjoner der samtidig aktuelle plater, kledninger, varmeisolasjon, balkonger, vinduer og dører er trebaserte, vil resultere i et treforbruk på ca 500 kg per kvm bruksareal i et småhus. I en boligblokk eller et næringsbygg oppført etter gjeldende brannkrav, vil treforbruket kunne utgjøre opp mot 300-400 kg per kvm.

Som gjennomsnitt for en generasjon norske nybygg er en middels økning i treforbruket til 40 prosent av dette «tekniske potensialet» trolig oppnåelig på litt sikt og innenfor rammene av en realistisk utvikling i bransjen. I et ekstrem-scenario kan vi tenke oss en høy økning til 80 prosent av det teoretisk mulige. Høyere enn dette er det trolig vanskelig å komme hvis det fortsatt skal bygges kjellere og dersom nødvendige brannsikringstiltak i byer og tettsteder ivaretas. Høy økning innebærer et trelastforbruk på 2,8 millioner tonn, noe som fortsatt må antas å være innenfor rammene av en forsvarlig ressursutnyttelse, ettersom vi i Norge bare avvirker ca 1/3 av den årlige tilveksten på over 20 millioner tonn rundvirke.

Stor klimaeffekt

Økt treforbruk gir reduserte klima-utslipp dersom dette erstatter andre og mer belastende materialer. Den klimamessige gevinsten ved for eksempel overgang fra betong til massivtre kan grovt anslås til 0,4 kg CO₂-ekvivalenter per kilo økt treforbruk. Tilsvarende tendenser gjelder for overgang fra lette stålkonstruksjoner til massivtre og for overgang fra lette bindingsverkskonstruksjoner i tre til massivtre, selv om utbyttet her er noe lavere (henholdsvis 0,3 og 0,25 kg CO₂).

Ved omlegging av den norske byggemåten til nivået middels økning i treforbruket i nye bygg, vil vi således kunne oppnå en innsparing i klimagassutslippene på ca 0,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år. Dette tilsvarer 20-30 prosent av klimabelastningene knyttet til produksjon av nye bygninger i Norge. I størrelsesorden kan dette også sammenlignes med at det bruksrelaterte energiforbruket i nybygg reduseres med 30 prosent, tilsvarende 0,35 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Og disse tiltakene utelukker ikke hverandre. Her er det snakk om «ja takk, begge deler».

Tar vi skrittet fullt ut til høy økning av treforbruket vil innsparingene trolig runde 0,8 mill. tonn CO₂-ekv per år (se figur 2).

I disse tallene er også den klimamessige betydningen av varmelagringssevne i materialene inkludert. Tunge materialer vil stabilisere innertemperaturen og således redusere energibehovet til oppvarming. Dette har tradisjonelt vært et argument for å bygge i betong og tegl. Den klimamessige betydningen er imidlertid liten ettersom det i stor grad vil være snakk om å spare elektrisk kraft. Dessuten har det vist seg at også massive trekonstruksjoner har betydelig varmelagringssevne.

Tallene omfatter ikke avfallsbehandlingen. I dag energigjenvinnes 40 prosent av treavfallet, og dette gir ytterligere klimagevinst ved at annen og mer forurensende kraftproduksjon kan utfases (ca 0,1 kg CO₂-ekvivalenter/kg økt treforbruk).

Kun foreløpige konklusjoner

Selv om disse resultatene slår meget gunstig ut for treproduktene, er slaget om hva som blir framtidens byggematerialer likevel ikke endelig avgjort. Disse foreløpige konklusjonene er basert på dagens produksjon av både treprodukter og øvrige bygningsmaterialer. Og det foreligger til dels betydelige forbedringsmuligheter.

I stålproduksjonen vil en overgang til trekull/flis som reduksjonsmiddel redusere utslippene av karbondioksid med 30-40 prosent. Tilsvarende muligheter gjelder for sementindustrien ved overgang til mindre kalkbaserte sementtyper.

Men også trebransjen har ubenyttede potensialer. Her vil redusert bruk av fossilt brensel i skogsdrift og transport, høyere holdbarhet på produktene og økt gjenbruk av rivningsvirke kunne gi betydelig uttelling. Det største energiforbruket i trebransjen ligger i tørkeprosessene, men dette er for det meste dekket inn med klimanøytralt biobrensel, og det er derfor små klimabesparelser å hente her. Aller viktigst er det å øke graden av energigjenvinning av treavfallet fra byggebransjen, fra dagens 40 prosent opp mot 100 prosent. Dette er trolig en realistisk målsetting som langt på vei vil presse seg fram som følge av nye EU-regelverk. Forutsetningene er imidlertid redusert bruk av impregneringsgifter, økt vekt på løsninger uten lim, sparkel og overflatebehandlinger som stiller strenge krav til røykgassrensing.

Transportavstanden til ovnene må samtidig være liten nok til at gevinsten ikke blir borte på veien. For samtidig å øke gjenbruket er det nødvendig at bygningene blir generelt lettere å demontere.

Selv om trebransjen i dag har et stort forsprang, avhenger derfor den endelige konklusjonen i dette «miljøslaget» av vilje og evne til omstilling, både i trebransjen og konkurrerende bransjer. Dersom trebransjen nå kun gjentar argumentet om at tre er et godt miljøalternativ, uten å jobbe for forbedringer, kan det hende at bildet ser annerledes ut om noen år.

Revisjon av Kyoto-protokoll

Men i tillegg til innsparingene ved substitusjon til tre og treprodukter i nybygg som umiddelbart vil kunne godskrives i det nasjonale klimaregnskapet etter prinsippene i Kyoto-protokollen, har trebransjen nok et godt kort på hånden. Trevirke binder nemlig opp CO₂ gjennom fotosyntesen, og bygningsmassen vil dermed kunne fungere som et gigantisk CO₂-lager. Og her kan vi ane store gevinster. Hvordan dette skal inngå i klimaregnskapet er foreløpig ikke klarlagt, og karbonlagring er således heller ikke del av Kyoto-protokollen. Men det er antatt at dette aspektet blir inkludert i regnestykket etter den planlagte revisjonen i 2010. Mulighetene for en klimanøytral bygningsbransje ser ut til å være innen rekkevidde.

Bjørn Berge

Stein Stoknes