

Funksjonell energieffektivitet – nye nøkkeltall for vurdering av energieffektivitet i bygninger

**Anne Rønning
Ingunn Saur Modahl
Ole Jørgen Hanssen**

STØ
OR 08.07
August 2007

www.sto.no

RAPPORTFORSIDE

Rapportnr: OR.08.07	ISBN nr: 97-82-7520-573-3 82-7520-573-5 ISSN nr: 0803-6659	Rapporttype: Oppdragsrapport
Rapporttittel: Funksjonell energieffektivitet – nye nøkkeltall for vurdering av energieffektivitet i bygninger		Forfattere: Anne Rønning, Ingunn Saur Modahl og Ole Jørgen Hanssen
Prosjektnummer: 211690	Prosjekttittel: Enova byggstatistikk - videreutvikling	
Oppdragsgiver:	Enova	
Oppdragsgivers referanse:	Håvard Solem	
<p>Sammendrag</p> <p>Enova har gitt Stiftelsen Østfoldforskning (STØ) i oppdrag å vurdere i hvilken grad den eksisterende statistikken som samles inn via Bygningsnettverket <u>er egnet</u> til å beskrive og analysere teknisk og funksjonell energieffektivitet, samt identifisere og drøfte videreutvikling av datamaterialet til bruk internt i Enova og for Bygningsnettverkets medlemmer.</p> <p>Enovas virkemidler og programmer kan i utgangspunktet primært påvirke den tekniske energieffektivitet. Det er brukeren selv som er ansvarlig for og har virkemidler til å påvirke funksjonell energieffektivitet. Bør Enova da i det hele tatt ha fokus på funksjonell energieffektivitet? Ved å fokusere på funksjonell energieffektivitet vil det i Enovas statistikk gis feilaktig informasjon om effektiviteten i mange bygg. I tillegg kan Enova gjennom å legge til rette systemer og etterspørre data for funksjonell energieffektivitet motivere brukerne til selv å fokusere sterkere på det i egen energi- og ressursstyring.</p> <p>Resultatene fra uttestingen viser et stort sprik i rangeringen av bygningene når man ser på tekniske energieffektivitet vs. funksjonell energieffektivitet.</p> <p>Dagens statistikkgrunnlag er i stor grad for mangelfullt til å kunne anvendes som grunnlag beregning av funksjonell energieffektivitet. Det bør derfor sikres et enhetlig datagrunnlag gjennom godt spesifisert metodikk og enkelt brukergrensesnitt ved registrering.</p>		
Emneord: – Nøkkeltall – Energieffektivitet – Bærekraftig utviklin	Tilgjengelighet: Denne side: Åpen Denne rapport: Åpen	Antall sider inkl. bilag: 24
<p>Godkjent Dato: 15.08.07</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  Forfatter </div> <div style="text-align: center;">  Direktør </div> </div>		

© Kopiering kun tillatt med kildehenvisning.

INNHALDSFORTEGNELSE

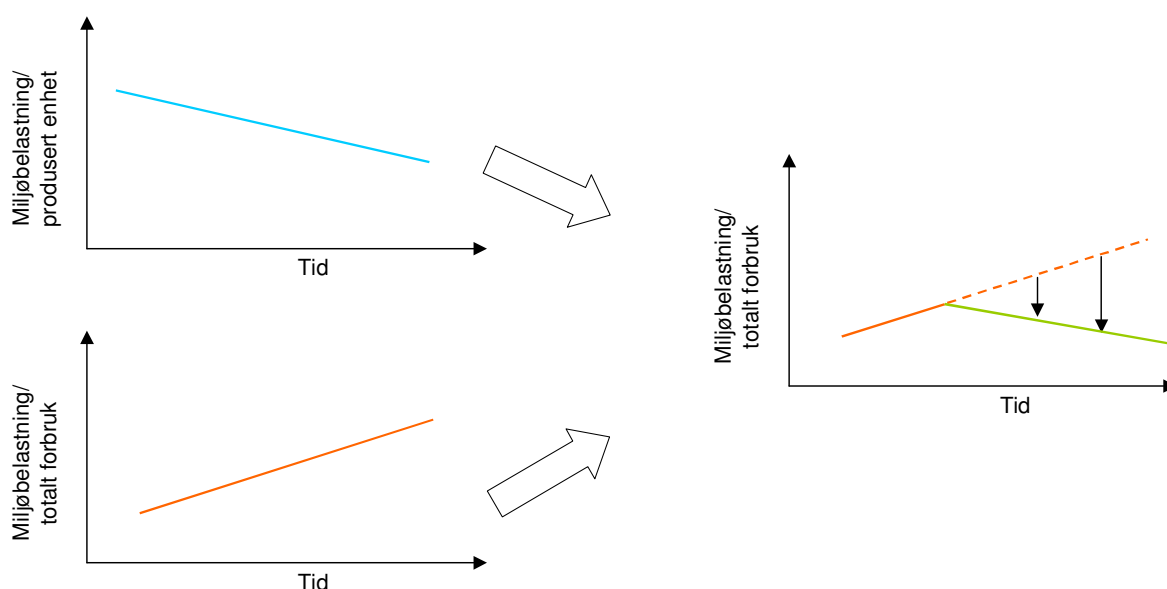
1	INNLEDNING	2
2	UTVIKLINGSTRENDER I BYGGENÆRINGEN.....	4
2.1	FELLESTREKK MOT 2030	4
2.2	BYGNINGSENERGIDIREKTIVET – STYRING MOT TEKNISK ELLER FUNKSJONELL EFFEKTIVITET?	6
2.2.1	Hvorfor blir Bygningsenergidirektivet innført?	6
2.2.2	Hvem gjelder det for?	7
2.2.3	Det norske lovverket.....	8
2.2.4	Energimerking av bygninger – hvordan?.....	9
2.3	BÆREKRAFTIG UTVIKLING OG BYGGING – BEHOV FOR FOKUS PÅ FUNKSJONELL EFFEKTIVITET	11
3	NØKKELTALL.....	13
4	DISKUSJON NYE NØKKELTALL.....	17
5	TEST AV FUNKSJONELLE NØKKELTALL	20
6	KONKLUSJON	23
7	REFERANSER.....	24

1 INNLEDNING

Enovas bygningsnettverk er et nasjonalt energinettverk for private og offentlige eiere av næringsbygg og boligsammenslutninger. Gjennom deltagelse i nettverket har aktørene mottatt støtte til gjennomføring av enøk-tiltak. Dette etter forplikter aktørene å foreta en årlig rapportering av energibruk og en rekke andre data som kan bidra til å belyse energibruk i bygningene. Bygningsnettverkets energistatistikk bygger på disse årsrapportene. I 2006 ble det rapportert energiforbruk for 2.914 bygninger.

Gjennom å bidra til energistatistikken tilbys aktørene i bygningssektoren et verktøy til bruk i arbeidet med planlegging og drift av bygningene. Intensjonen med energistatistikken er å kunne analysere utviklingstrekk i energieffektivitet i byggene, både i forhold til teknisk standard og byggenes funksjon.

En stor del av industrien har miljøforbedret sine produkter per enhet, eksempelvis i forhold til CO₂-utslipp per m³ betong, per liter maling eller energibruk per kvm. Dermed er den *tekniske økoeffektiviteten* i mange tilfeller blitt betydelig forbedret, man *produserer tingene miljømessig riktig*. Ser man derimot på utviklingen i det økte forbruket, øker miljøbelastningene for samfunnet som helhet. Utfordringen blir både å tenke miljøbelastninger per produsert enhet og se materialer og innsatsfaktorer i sammenheng gjennom hele livssyklusen og i forhold til funksjonalitet og det totale forbruket. Figur 1



illustrerer dette.

Figur 1 Forholdet mellom redusert miljøbelastning per enhet og økt miljøbelastning pga økt forbruk. Rønning, 2005.

Generelt sier en at teknisk effektivitet – det være seg øko- eller energieffektivitet o.l.– er gitt som innsats per enhet. For å kunne sammenligne ulike produkter er det naturlig/riktig å sammenligne i forhold til størrelse eller mengde når en vil uttrykke teknisk effektivitet. Eksempelvis utslipp per tonn produsert vare, liter per mil bilkjøring. I Bygningsnettverkets energistatistikk kommer dette tilsvarende til uttrykk i form av nøkkeltall som energiforbruk per areal (kWh/m²).

Funksjonell effektivitet derimot skal gjenspeile ytelsen eller ennå riktigere funksjonen produktet skal tilfredsstillere. I tillegg ligger det eksplisitt i definisjonen at funksjonen også skal tilfredsstillere et gitt behov hos brukeren (se Hanssen 1997, 1999).

Utfordringen blir å identifisere og tilrettelegge for tiltak som bidrar til å redusere (knekke kurven) for miljøbelastninger totalt, altså *å anskaffe og bruke de miljømessige riktige produktene eller løsningene på riktig måte (funksjonell økoeffektivitet)*. For å kunne måle i hvilken grad utviklingen skjer i retning av økt funksjonell effektivitet, er det viktig med gode nøkkeltall som beskriver denne utviklingen.

Enova har gitt Stiftelsen Østfoldforskning (STØ) i oppdrag å vurdere i hvilken grad den eksisterende statistikken som samles inn via Bygningsnettverket er egnet til å beskrive og analysere teknisk og funksjonell energieffektivitet, samt identifisere og drøfte videreutvikling av datamaterialet til bruk internt i Enova og for Bygningsnettverkets medlemmer. Problemstillingene som ønskes besvart er:

- Hva er mulig å si om teknisk og funksjonell energieffektivitet på grunnlag av eksisterende data?
- Hvilke aspekter som anses som vesentlige, kan ikke besvares med grunnlag i eksisterende data?
- Hvilke data må samles inn for å kunne si mer om teknisk og funksjonell energieffektivitet?
- Hvilket forbedringspotensial kan avledes fra analysen?
- Hvilke forslag til videreutvikling av Bygningsnettverkets energistatistikk vil være hensiktsmessig å iverksette ut i fra en nytte/kostnadsvurdering, i forhold til fremtidig energiattest, o.l.?

2 UTVIKLINGSTRENDER I BYGGENÆRINGEN

2.1 FELLESTREKK MOT 2030

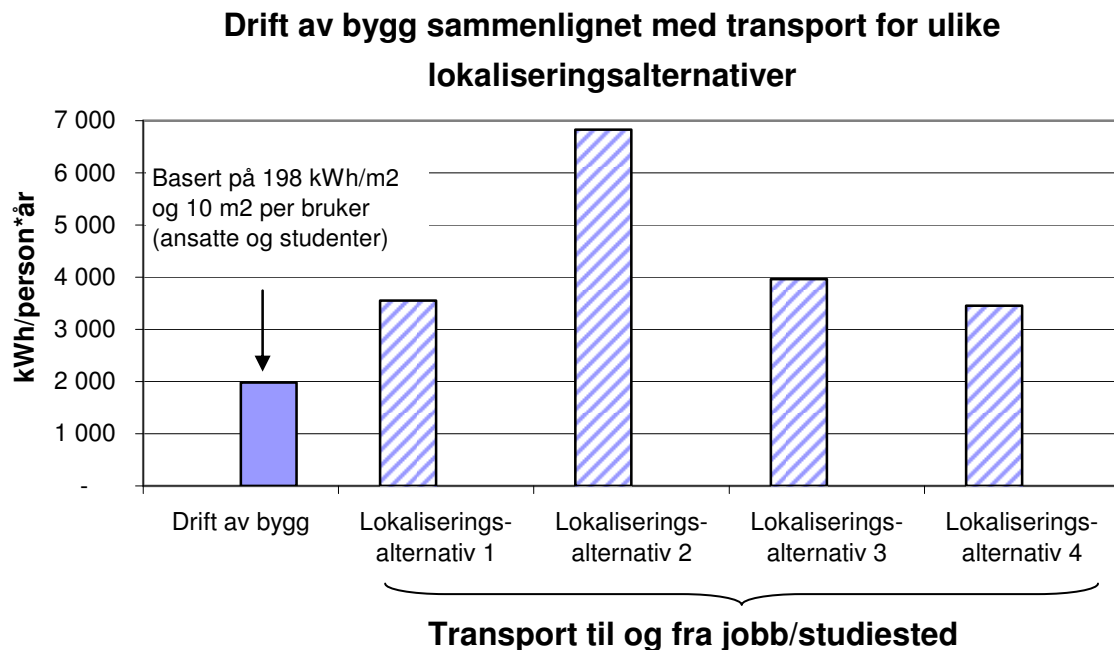
Det er foretatt flere scenariestudier både nasjonalt og internasjonalt med formål å danne en oppfatning av hvordan byggesektoren vil utvikle seg i de kommende år. I vår gjennomgang av litteratur ser vi det som spesielt interessant å trekke fram studier gjennomført av NIFU STEP (Ørstavik et al., 2003), Forsight-studie ved Norges forskningsråd, representanter fra byggesektoren i Danmark – ByggeriMedMening og en europeisk studie under European Construction Technology Platform (Rønning et al., 2006). Vi vil kort oppsummere noen viktige fellestrekk vedrørende framtidig utvikling innen byggesektoren gitt i denne litteraturen. Dette vil være viktig som bakgrunnsteppe for å utvikle gode nøkkeltall for drift av bygninger. Følgende – i kursiv - er hentet fra Rønning et al. (2006).

Utviklingen vil i økende grad gå mot et større samspill på tvers av bransjer, kompetanseområder og disipliner enn slik det er i dag. Man ser at det går i mot en tettere kobling by og bygg i form av mer helhetlig by- og arealplanlegging. Tilgjengelighet for alle, i et utvidet perspektiv, er et viktig tema.

Urban fortetting har økt og vil øke betydelig også i årene framover. Det vil bli satt et større fokus på bruk av sentrale bystrøk. Med levende bydeler som dekker brukernes behov, små fungerende lokalsamfunn i byene.

Det vil være viktig at urbane områder sikres godt utviklede uteområder. En ser at i byer og andre sentra vil det være store bilfrie soner og godt utviklet kollektivtrafikk. Dette skyldes at brukernes behov i større grad settes i fokus og trivsel og livskvalitet vil være naturlige stikkord. Byrommet vil bli tatt ennå mer i bruk noe som vil kreve mer fokus på den eksterne FDV-kompetanse og organisering.

For å synliggjøre viktigheten av et helhetlig perspektiv rundt nøkkeltall viser vi i Figur 2 nøkkeltall for energi til drift av bygg (kWh/bruker), deretter viser figuren energibruk for å reise til og fra studiestedet for studenter og ansatte (kWh/bruker) (Rønning et al., 2006). Vi ser at energiforbruket ved transport til og fra arbeids- og studiestedet overstiger energiforbruket ved drift av bygget.



Figur 2 Energibruk knyttet til oppvarming av høgskolebygg og transportarbeidet for å komme seg til skolen for ansatte og studenter gitt som kWh per person og år (Rønning et al., 2006).

Vi har påpekt at framtidsscenariene mener man vil gå i retning av å se bygget som en del av byområdet hvor den eksterne FDV-kompetansen og organiseringen også blir viktig. Dette vil utfordre vår tenking rundt nøkkeltall og brukt riktig vil man kunne styrke styringseffektivitet.

Selv om fokus vil bli rettet mye mot nybygg så vil utfordringen i ennå større grad gå mot den eksisterende bygningsmasse da bygg i fremtiden i stor grad er bygget. Det økende kravet til bygningenes tilpasningsdyktighet over tid vil imidlertid kreve at de dårligste og minst tilpasningsdyktige bygningene vil bli "byttet" ut mot nybygg. Erfaringsmessig betyr dette bygninger fra 1960 – 70 tallet.

Bedriftenes behov for nye løsninger vil endre seg raskere og raskere ettersom arbeidsoppgaver utvikles og etterspørselen etter fleksible bygg vil øke. Dette innebærer at bygg ikke ferdigstilles en gang for alle, for én gitt og stabil produksjonslinje. Det vil i økende grad bli kommersiell tenking som preger aktørene som etterspør boliger, bygg og anlegg. Det vil ikke være noe poeng i seg selv å holde fast i eier-funksjonen. Over tid kan det være mye mer lønnsomt å kjøpe inn tjenester knyttet til både det å eie og det å drive boliger og bygg.

Ressursknapphet og bevisst forhold til riktig bruk av materialer har medført at byggene er sunne og fremmer energieffektivitet. Hele levetiden til bygget tas i betraktning når det skal planlegges for miljø- og ressurseffektive løsninger.

Energibruk har for lengst kommet ned i <100 kWh/m². Innovasjon og nytenking har hatt fokus på rehabilitering, utvikling og utveksling av eksisterende bygg. Energibesparende og ”grønne” løsninger eksisterer derfor også for rehabilitering av bygg (Forsight, 2005).

Kort oppsummert vil disse scenariene innebære at det i framtiden kan/vil bli et mye større fokus på brukers behov, og som et element i dette fleksibilitet, tilpasningsdyktighet og større grad av behovsstyring. Byggenes miljøprofil reflekteres også av byplanlegging hvor mobilitet blir en styringsparameter. Dette indikerer at styring mot økt grad av funksjonell effektivitet også vil ha stor betydning.

2.2 BYGNINGSENERGIDIREKTIVET – STYRING MOT TEKNISK ELLER FUNKSJONELL EFFEKTIVITET?

Teksten i det følgende er hentet mer eller mindre direkte fra hjemmesidene til NVE per 27. september 2006 (www.bygningsdirektivet.no). Det er lagt vekt på å beskrive det som omhandler bygg, og bestemmelser i direktivet som omhandler kjelanlegg og kjøle- og ventilasjonsanlegg er utelatt.

Siste nytt på forsiden til bygningsdirektivet.no er lagt inn 29.juni 2006 og lyder: *'Informasjon om innføring av energimerking av bygninger: Det er fortsatt mange uavklarte spørsmål knyttet til innføringen av bygningsenergidirektivet i Norge. Det er derfor usikkert når et ferdig opplegg for implementeringen av direktivet vil bli sendt på høring. Inntil rammene for ordningene er avklart vil informasjonsvirksomheten være begrenset'.*

2.2.1 Hvorfor blir Bygningsenergidirektivet innført?

Bygningsenergidirektivet er et EU-initiativ, og har som målsetting å bidra til økt energieffektivitet i bygningsmassen. I Norge, som i mange andre europeiske land, utgjør energibruken i bygg en stor del av landets totale energibruk. Her hjemme utgjør dette 40 prosent og myndighetene mener det finnes et betydelig effektiviseringspotensial. Norge har derfor en egeninteresse i å gjennomføre kravene i direktivet. Økt energieffektivitet i bygningsmassen vil føre til reduserte utslipp av klimagasser, bedret kraftbalanse og økt forsyningssikkerhet. Direktivet inneholder bestemmelser om:

- en rammemetode som kan beregne bygningers energieffektivitet
- minstekrav til energieffektivitet i nye bygninger og i større bygninger som renoveres
- energimerking av bygninger ved oppføring, salg eller utleie
- krav til synlig energimerking i offentlige bygninger over 1000 m²
- regelmessig inspeksjon av kjelanlegg, - alternativt andre tiltak som gir samme effekt

- regelmessig inspeksjon av kjøle- og luftkondisjoneringsanlegg

Hensikten med å energimerke bygg er å bidra til økt energieffektivitet i bygningsmassen. Dette skal gjøres ved å:

- synliggjøre byggets energibehov og evt. reelle energibruk overfor brukere av bygget
- gi anbefalinger om tiltak for å redusere energibruken

Studier tyder på at byggebransjen har lite fokus på energieffektive bygg. Ved oppføring av nybygg fokuseres det på attraktivitet i markedet (beliggenhet, utsikt og lignende), investeringskostnad og forskriftskrav. Erfaring viser at næringsbygg og boliger kan bygges betydelig mer energieffektive ved hjelp av moderate tilleggsinvesteringer.

2.2.2 Hvem gjelder det for?

Det norske regelverket for energimerking av bygg kan komme til å omfatte:

- Omlag 1,4 millioner boligbygg
- Omkring 150 000 næringsbygg (bl.a. alle service-, kontor-, helsebygg, skoler)

Følgende bygg omfattes av kravet om energimerking

- Alle nye bygg innen næring og bolig, samt bygg som gjennomgår hovedombygging skal energimerkes.
- Alle offentlige bygg større enn 1000 m² skal energimerkes og ha energimerket hengende synlig.
- Alle bygg som selges eller leies ut skal være energimerket.

Tabell 1 viser hvilke hovedgrupper i Enovas bygningsstatistikk som sannsynligvis blir omfattet av direktivet.

Tabell 1 Hovedgrupper i Enovas bygningsstatistikk som sannsynligvis blir omfattet av direktivet.

Kode	Kategori	Omfattet av bygningsenergidirektivet?
11	Enebolig	Ja
13	Rækkehus og kjedehus	Ja
15	Boligblokk	Ja
21	Industribygning	Sannsynligvis ikke
23	Lagerbygning	Sannsynligvis ikke
31	Kontorbygning	Ja
32	Forretningsbygning	Ja
41	Ekspedisjons- og terminalbygning	Ja
43	Garasje- og hangarbygning	Sannsynligvis ikke
51	Hotellbygning	Ja
52	Bygning for overnatting	Ja
53	Restaurantbygning	Ja
61	Skolebygning	Ja
62	Universitets- og høyskolebygning	Ja
63	Laboratoriebygning	Ja
64	Museums- og biblioteksbygning	Ja
65	Idrettsbygning	Ja
66	Kulturhus	Ja
67	Bygning for religiøse aktiviteter	Sannsynligvis ikke
71	Sykehus	Ja
72	Sykehjem	Ja
73	Primærhelsebygning	Ja
81	Fengselsbygning	Ja
82	Beredskapsbygning	Ja

I alle kategorier som blir omfattet av direktivet vil det være bygg som får unntak fra regelen. Dette gjelder sannsynligvis bygninger som er verna, midlertidige bygninger, forsvarsbygninger og små, frittstående bygninger under 50 kvm. Reglene for dette er under vurdering, og detaljene er ikke ferdig utarbeidet.

2.2.3 Det norske lovverket

Det er for tidlig å si med sikkerhet hvordan de norske ordningene for energimerking og inspeksjoner av tekniske anlegg vil bli. Direktivet skulle vært innført som en del av norsk lov fra 4. januar. 2006. Prosessen er forsinket, nye krav kan tidligst gjelde fra 2007. Det pågår et omfattende arbeid med å utforme både lovverket og den praktiske gjennomføringen av det.

Olje- og energidepartementet (OED) har gitt Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) oppdraget med å utarbeide forslag til nødvendige ordninger og tiltak for gjennomføring av direktivet.

I tilknytning til loven vil det utarbeides forskrifter. Forskriftene gir nærmere føringer for praktisk gjennomføring av loven. Dette gjelder både energimerking og inspeksjoner, samt opplæring av konsulentene som skal utføre merking og inspeksjon.

Kommunal- og regionaldepartementet (KRD) har ansvar for å utvikle rammemetode for beregning av bygningers energieffektivitet, samt nye krav til energieffektivitet i nye og renoverte bygninger.

I tilknytning til direktivet jobber European Committee for Standardization (CEN) med standarder som kan brukes som verktøy for gjennomføring av lovverket. Standard Norge koordinerer det norske arbeidet mot CEN.

2.2.4 Energimerking av bygninger – hvordan?

Et energimerket bygg vil få en attest som vil inneholde en del informasjon om bygningen. Det mest fremtredende i attesten vil være selve energimerket og tiltakslisten. Attesten kan dessuten inneholde opplysninger og eventuelle vurderinger av oppvarmingssystemet, energibærere, miljøforhold og sammenligning med andre bygninger i samme kategori.

Energimerket: Det fysiske energimerket vil være en visuell fremstilling av bygningens energieffektivitet. Energieffektiviteten vil bli beregnet etter en standardisert metode. I Byggforsk/Sintef-rapportene 'Energimerking av næringsbygg' (Wigenstad, Dokka, Pettersen og Myhre, 2005) og 'Energimerking av boliger' (Pettersen, Myhre, Wigenstad og Dokka, 2005), foreslås det å ta i bruk to ulike energimerker:

Hovedmerke: Skal settes i henhold til vektet¹ tilført energi til bygget (kWh/m²). Metoden skal ta hensyn til de varmetekniske egenskapene til bygget, effektiviteten til de tekniske installasjonene og energikildene som blir brukt. Vektingen er basert på samfunnsmessige miljøkostnader for de ulike energikildene.

¹ Hvilke vektingsfaktorer som skal brukes dersom dette forslaget går gjennom, er en diskusjon for seg. I følge nettsidene til NVE er det ikke publisert noe norsk forslag til faktorer ennå. Det finnes per i dag ikke noe norsk sett av omforente eller offentlig godkjente vektingsfaktorer. Det finnes heller ikke tilsvarende for EU. Men i følge NVE er det både i EU og Norge prosesser og behov som kan føre til at det vil bli utviklet slike.

Sekundærmerke: Skal baseres på den spesifikke varmetapskoeffisienten til bygget, som inkluderer transmisjonstap, infiltrasjonstap og ventilasjonstap.

Tiltaksliste: Denne listen består av anbefalinger til tiltak for økt energieffektivitet i bygningen.

Et hovedmerke som er basert på vektet tilført energi vil bli påvirket positivt av om bygget bruker alternative energikilder som varmpumper, solpanel, biobrensel osv. Den foreslåtte energimerkeordningen vil altså fokusere både på energibruk (mengde) og til en viss grad på energikvalitet (type). Beregningene av energieffektivitet er basert på energibruk per areal og har ikke fokus på funksjonen til bygningene.

Energiattesten skal inneholde en del faktaopplysninger om bygningen:

- data som identifiserer bygningen eller enheten
- bygningstype og -kategori
- byggeår og arealer
- identifikasjon av energikonsulenten
- dato for energimerkingen

Det skal utvikles ulike attester for ulike målgrupper. Energiattesten vil være gyldig i inntil 10 år. Store og komplekse bygninger vil være mer utfordrende å energimerke enn mindre bygg. Særlig utfordrende vil det være å foreta beregninger og målinger på store næringsbygg som har mange ulike bruksformål. Eiere av næringsbygg hvor mange har eget driftspersonell eller hvor bygget forvaltes av profesjonelle eiendomsforvaltere, kan ha nytte av andre og mer tekniske opplysninger enn boligeiere. Energimerkingen kan derfor bli forskjellig avhengig av:

- om merkingen omfatter en ny eller eksisterende bygning
- om det er bolig- eller næringsbygning
- om bygningen er stor eller liten
- om det er et offentlig bygg eller bygg der det ferdes mange mennesker

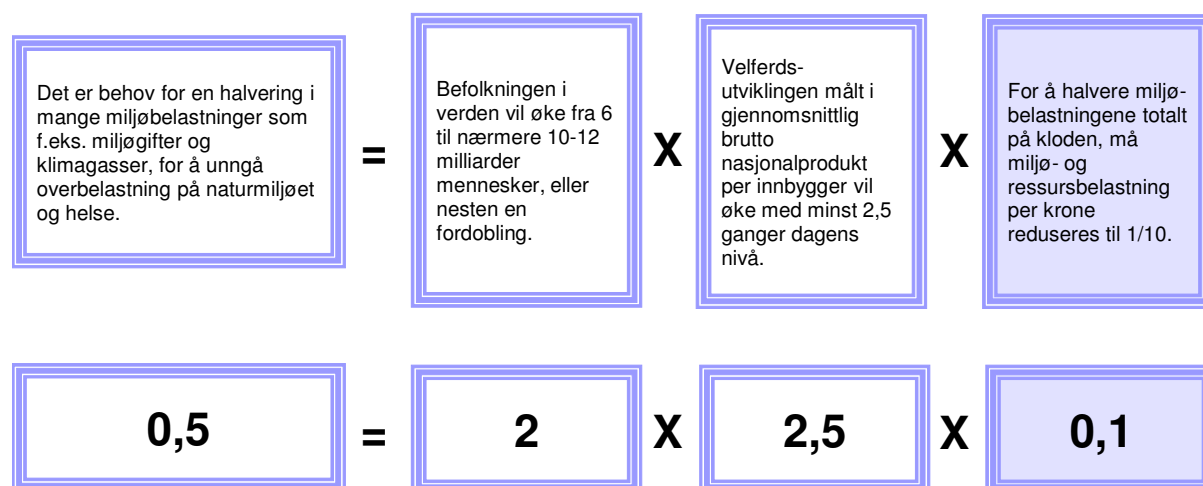
Målet er en ensartet oppbygning og utforming for de forskjellige attestene.

2.3 BÆREKRAFTIG UTVIKLING OG BYGGING – BEHOV FOR FOKUS PÅ FUNKSJONELL EFFEKTIVITET

Faktor 10 er et begrep som er knyttet opp mot *bærekraftig utvikling*, som ble lansert av Verdenskommisjonen for Miljø og Utvikling (Brundtland-kommisjonen) i 1987. Bærekraftig utvikling ble definert som en utvikling der dagens befolkning fikk dekket sine behov uten at dette begrenset mulighetene for at senere generasjoner skulle få en god livskvalitet.

Begrepet Faktor 10 tar utgangspunkt i en del viktige føringer i den globale samfunnsutviklingen de nærmeste årtier frem mot år 2050. Denne utviklingen er sterkt knyttet opp mot en bærekraftig utvikling, nemlig økonomisk utvikling og utjevning innenfor rammene av naturens tålegrenser.

Figur 3 viser at det modellmessige grunnlaget for Faktor 10-begrepet består av fire elementer:



Figur 3 Modellgrunnlag for Faktor 10-begrepet.

Det må presiseres at dette modellgrunnlaget henspiller på et globalt nivå. I Norge forventes det ikke en tilsvarende økning i befolkningsgrunnlag i årene fremover. Regjeringens Langtidsprogram for perioden 2010-2030 opererer med midlere prognoser der befolkningen i Norge øker fra dagens 4,4 mill. til ca. 5,1 mill. innbyggere, eller en vekst på ca. 15 %. Den økonomiske aktiviteten forventes imidlertid å fortsette å øke, med prognoser for BNP i 2050 som er 200 % av nivået i 2000. Erfaringene så langt er imidlertid at veksten har blitt langt sterkere enn det prognosene har forutsatt.

Et krav om økt miljø-, ressurs- og energieffektivitet med en faktor på 10 er en kolossal utfordring for samfunnet.

Dette er en stor utfordring for byggesektoren. Slik den fremtrer i dag, blir bransjen ofte kalt for 40 %-bransjen dvs. den står for 40% av:

- energiforbruket
- avfall
- ressursforbruk

Selve begrepet "Bærekraftig bygging" krever en nærmere og enklere forklaring, dvs. hva det betyr for byggenæringen. Det er og det vil bli en stor utfordring å utvikle bygninger som *fungerer optimalt for sin virksomhet over tid til optimal ressursbruk, mao:*

- fungerer optimalt
 - *brukers behov er dekket (bruksenheter) på en effektiv måte, behovsstyring*
- for sin virksomhet (ulike) – leieforhold
 - *riktig bygg for gitt virksomhet*
- over tid
 - *ivaretar tilpasningsdyktighet, dvs. den evnen bygget har til å endre planløsning (oppdeling i ulike bruksfunksjoner), endre funksjon, endre volum (tilbygg, påbygg)*
- til optimal ressursbruk
 - *lavt material- og energiforbruk, riktig energikvalitet, lave utslipp av bla. CO₂*

Livsløpsplanlegging blir et viktig verktøy i denne sammenheng - man skal planlegge for hele byggets livsløp. Dette betyr at planleggingen / prosjekteringen og byggingen også må omfatte konsekvensene av investeringen, dvs. konsekvensene for FDVU (Forvaltning, Drift, Vedlikehold og Utvikling), service og støttefunksjoner for kjernevirksomheten, miljøet (mot omgivelsene og alle typer brukere av byggverket samt ressursbruk) og mulige endringer i bruk.

Dette betyr også at byggets bæresystem, dvs. fundamenter, vertikale og horisontale lastbærende deler, samt tak og fasader må få en maksimal teknisk levetid mens innredningssystemer, dvs. himlinger, belegg, skillevegger etc. må utformes iht. forventet brukstid. For tekniske anlegg må hovedføringer planlegges og posisjoneres slik at de ikke blir forstyrret ved endringer i planløsninger etc.

Disse forhold er sammenfattet i LOA §6 (Lov om Offentlige Anskaffelser). Her står det at ved planlegging av en anskaffelse skal man ta hensyn til livsløpskostnader og miljøkonsekvenser over livsløpet. Om denne planlegging fremskaffer byggverk som fungerer optimalt for sin virksomhet over tid så er dette etter vår mening "Bærekraftig bygging".

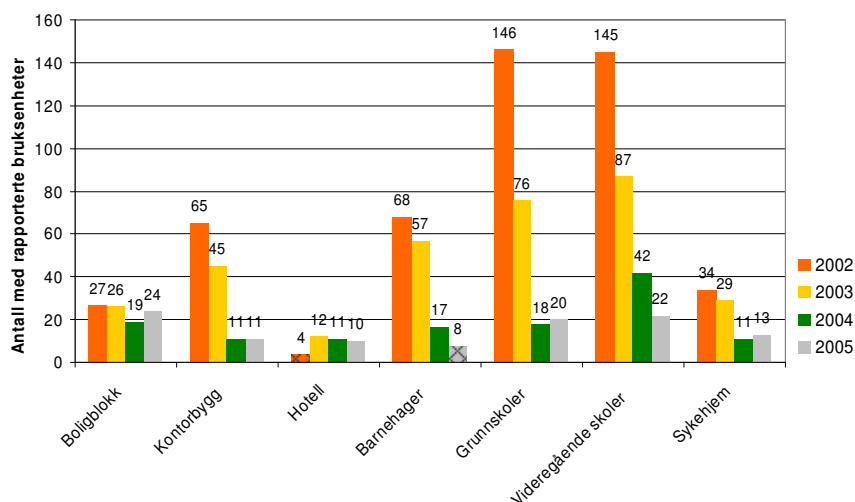
3 NØKKELTALL

I forhold til dagens nøkkeltall hos Enova, har forslaget til innhold i energimerket fra SINTEF/Byggforsk (Wigenstad et al., 2005 og Pettersen et al., 2005) et positivt element i og med at energikvaliteten blir fokusert (miljøeffekt). Forslaget tar ikke hensyn til hvilken funksjon bygningen har og hvilke behov den skal dekke. Det ”skjuler” også det totale forbruket i og med at indikatoren bruker areal som nevner, og det bare delvis motiverer til endring; indikatoren er lett målbar men ikke individorientert.

I Enovas benchmarking av energibruk for bygninger er det i hovedsak energibruk per kvm som benyttes som nøkkeltall, og fanger i liten grad opp funksjonalitet og brukseffektivitet. For å fange opp funksjonell effektivitet i f.eks. universitets/høgskolebygg vil det være riktig å supplere med nøkkeltall som energibruk per bruker eller student. I noen sammenhenger er det også viktig å vise hvor effektivt selve produksjonen eller tjenesteytingen foregår, slik at energibruk per studiepoeng benyttes også (Statsbygg, 2006). Dette gir bedre styringsmulighet for brukerne.

I Bygningsnettverkets energistatistikk har ikke funksjonell energieffektivitet blitt fokusert, men siden ulike bygninger har ulike funksjoner og dekker ulike behov hos brukerne er det skilt mellom ulike bygningstyper. Bygningene sammenlignes kun internt innen hver gruppe. Enova har tilrettelagt for innhenting/kartlegging av data som gjør det mulig å sammenligne energiforbruket innen hver bygningskategori på personnivå. Dette kommer til uttrykk eksempelvis som energiforbruk per person/bruker. Av energistatistikken for 2005 er det kun 194 bygninger av 2.584 som det er oppgitt energiforbruk per person/bruker for. I 2006 er tallet 286 av 2.914 bygninger. I tillegg er det stor usikkerhet vedrørende definisjon av personer. For eksempelvis foretningsbygninger viser det seg at noen har definert antall personer som kunder og andre som ansatte. Dette gjelder nok for andre bygningskategorier også.

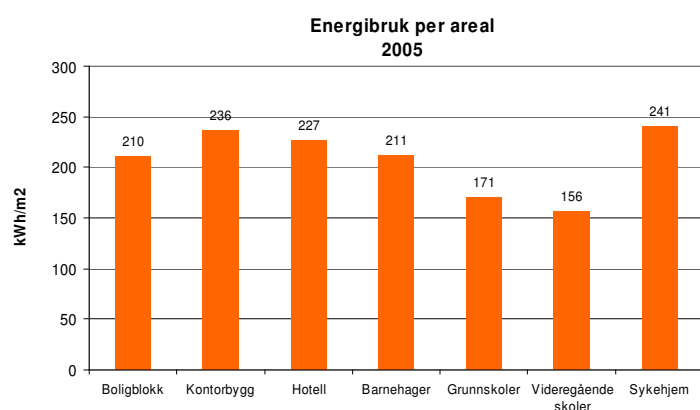
Det har vist seg å være en fallende tendens til at data for bruksenhet oppgis ved innlegging i energistatistikken. Figuren viser utviklingen fra 2002 til 2005.



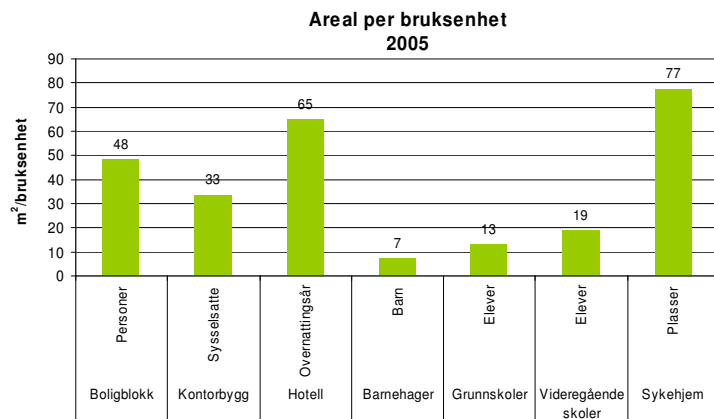
Figur 4 Antall bygninger det er oppgitt antall brukere i perioden 2002 til 2005 for noen utvalgte bygningskategorier.

Antall innrapporterte bruksenheter for de viste bygningskategoriene har sunket fra totalt 489 bygninger i 2002 til 108 bygninger i 2005. Dette betyr at Enova har mulighet til å skaffe slike data, men at dette ikke har vært prioritert de siste årene.

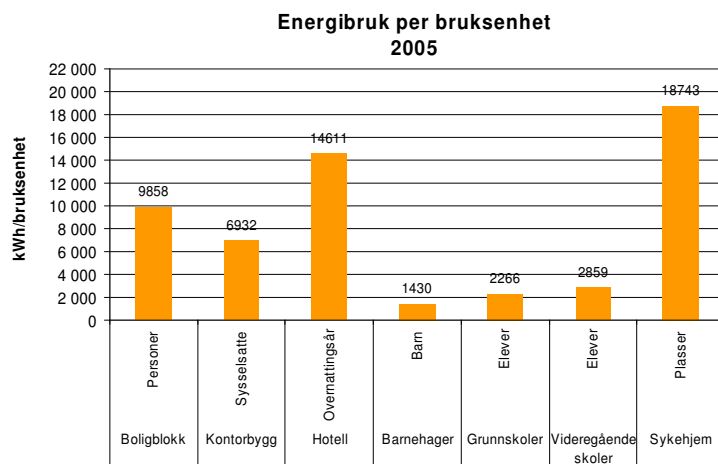
Dagens nøkkeltall fokuseres for det meste på energibruk per areal, samt at det i datagrunnlaget finnes – til en viss grad – data vedrørende antall brukere. For å illustrere hvordan denne informasjonen kan brukes til å beskrive funksjonell effektivitet, og hvilke endringer dette gir, er det foretatt beregninger bl.a. av energibruk per bruker. Figur 5 viser energibruk per kvm for ulike bygningskategorier i 2005. Figur 6 viser arealbruk per bruksenhet for de samme bygningene og Figur 7 viser energibruk per bruksenhet.



Figur 5 Energibruk per kvm for ulike bygningskategorier i 2005.



Figur 6 Arealbruk per bruksenhet for ulike bygningskategorier i 2005.



Figur 7 Energibruk per bruksenhet for ulike bygningskategorier i 2005.

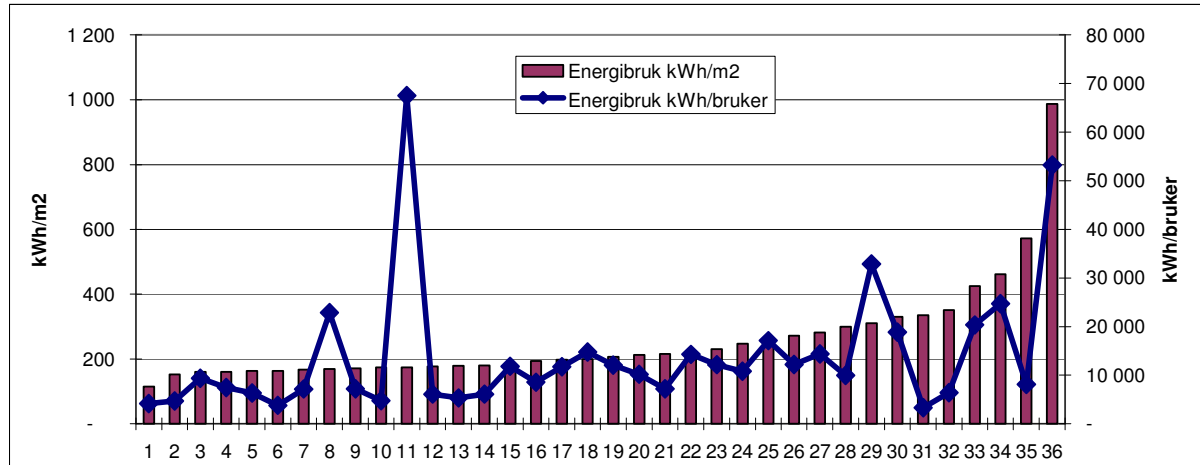
Legg spesielt merke til gruppene kontorbygg og skoler/barnehager. Kontorbygg har nest høyest energibruk av de utvalgte gruppene dersom man bruker dagens indikator (kWh/m²), og ligger ganske likt både boligblokk, hotell og sykehjem. Kontorbygg har derimot ikke så stort areal per bruksenhet som disse gruppene, og ligger derfor mye lavere dersom man bruker indikatoren kWh/bruksenhet. Motsatt ligger kontorbygg heller ikke så langt over barnehager når det gjelder kWh/m², men siden barnehagene har langt mindre areal per bruker, bruker kontorbygg mye mer energi per bruksenhet enn disse.

Når det gjelder skoler og barnehager bruker barnehager mest energi per areal og de videregående skolene minst. Men på grunn av at arealbruk per bruker er forskjellig, blir rekkefølgen når det gjelder energibruk per bruksenhet stikk motsatt (barnehagene bruker minst).

For å synliggjøre hvordan overgang til energibruk per bruksenhet vil endre benchmarking innen en og samme bygningskategori er det foretatt en sammenstilling for de kontorbygninger

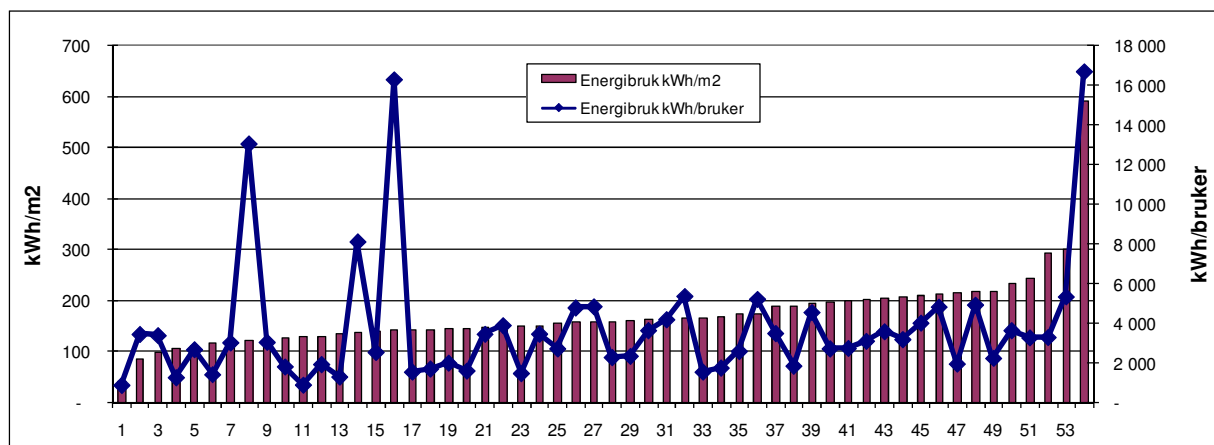
og videregående skoler som har oppgitt antall brukere i 2006. Dette er gitt i hhv Figur 8 og Figur 9.

Figur 8 viser energibruket for kontorbygning i forhold til hhv. oppvarmet areal og bruksenhet (antall ansatte).



Figur 8 Energibruk for 36 kontorbygninger gitt per areal og per bruker.

Figur 8 viser at rangeringen av kontorbygningene er forskjellig for de to ulike indikatorene. Tilsvarende viser Figur 9 energibruket for 54 videregående skoler i forhold til hhv. oppvarmet areal og bruksenhet (antall ansatte).



Figur 9 Energibruk for 54 videregående skoler gitt per areal og per bruker.

Også for videregående skoler endres rangeringen ved overgang til energibruk per bruker.

Det er viktig å presisere at ingen av de to indikatorene presentert i figurene over inkluderer i nevneverdig grad funksjonen til bygningene. Vi vil i neste kapittel diskutere hvordan funksjonell energi-effektivitet kan inkluderes og hvilke nøkkeltall som kan utrykke dette.

4 DISKUSJON NYE NØKKELTALL

I kapittel 2.3 diskuteres begrepet Faktor 10 i lys av bærekraftig utvikling hvor en viser at om 2 generasjoner bør miljø- og ressursbelastningene reduseres til 1/10 per økonomisk enhet. Hva vil så dette bety for bygningssektoren? Faktor-begrepet kan for eksempel konkretiseres slik for en bygning:

$$\begin{aligned} & 2*\text{forbedring i arealeffektiviteten} \\ & 2*\text{forbedring i utnyttelsesgrad (tid)} \\ & \underline{2*\text{forbedring i spesifikt energibruk}} \\ & \underline{\underline{= 8*\text{ganger forbedring totalt}}} \end{aligned}$$

Det betyr for det første å doble utnyttelsen av arealet enten ved reduksjon av absolutt areal eller ved at dobbelt så mange benytter samme areal. For det andre kan en øke tiden bygningen er i bruk, m.a.o. flerfunksjonelle bygninger. Det tredje og siste punktet er mer teknologiorientert. Her snakker man om å redusere energibruken ved bedret eller endret teknologi, teknologistyring, energibærere eller -sammensetning etc. – m.a.o. teknisk energieffektivitet.

Nøkkeltallene som anvendes i dagens statistikk og benchmarking reflekterer i stor grad kun det siste punktet. Disse kommer til uttrykk som forbruk per produksjonseenhet. I Bygningsnettverkets energistatistikk er dette kWh/m².

Når en skal uttrykke funksjonell energieffektivitet bør en også som et minimum inkludere de to første elementene i regnestykket over. Funksjonelle nøkkeltall derimot vil uttrykkes som forbruk per levert nytte i forhold til behov/funksjon som skal dekkes:

$$\frac{\text{Forbruk}}{\text{Levert nytte}}$$

Sett i lys av energistatistikkens ulike kategorier bygninger, blir det viktig å diskutere hva dette innebærer for både teller og nevner i brøken.

Hva er det som ”forbrukes” i forbindelse med drift av bygninger? Ressursmessig er forbruk av energi det viktigste i driftsfasen av et bygg. I tillegg legger et bygg beslag på areal som blir en økende knapphetsfaktor i mange områder. Dermed blir disse faktorene vesentlige parametre i telleren.

STØ har gjort en kartlegging som viser at grunnet mye eksterne møter er kontorene i snitt i bruk 40% for resten av arbeidstiden står kontorene tomme (Modahl). Ved statistisk analyse

av de kontorbygninger (i statistikken for 2002) med svært lavt ($<125 \text{ kWh/m}^2$) og svært høyt ($>314 \text{ kWh/m}^2$) energibruk viser en diskriminantanalyse – hvilke parametere som i størst grad forklarer forskjellene – at forskjell i brukstid er den klart viktigste faktoren. Deretter kommer parametere som byggeår, arealeffektivitet, andel fornybar energi og ombyggingsår.

Når det gjelder alternative nøkkeltall i nevner for nyttefunksjon er dette i stor grad avhengig av type bygning.

En problemstilling som er gjennomløpende er at mange av virksomhetene innen samme bygningskategori ikke er homogene og dermed ikke kan sammenlignes direkte. Dette kan illustreres ved å se på omsetning som indikator for kontorbygninger. Tjenesteyting er ikke en homogen gruppe med hensyn på omsetning per årsverk, og vil følgelig ha et stort sprik i verdier i en nevner, for eksempel meglertjenester vs. forskning. Skal omsetning anvendes må det være innen homogene grupper.

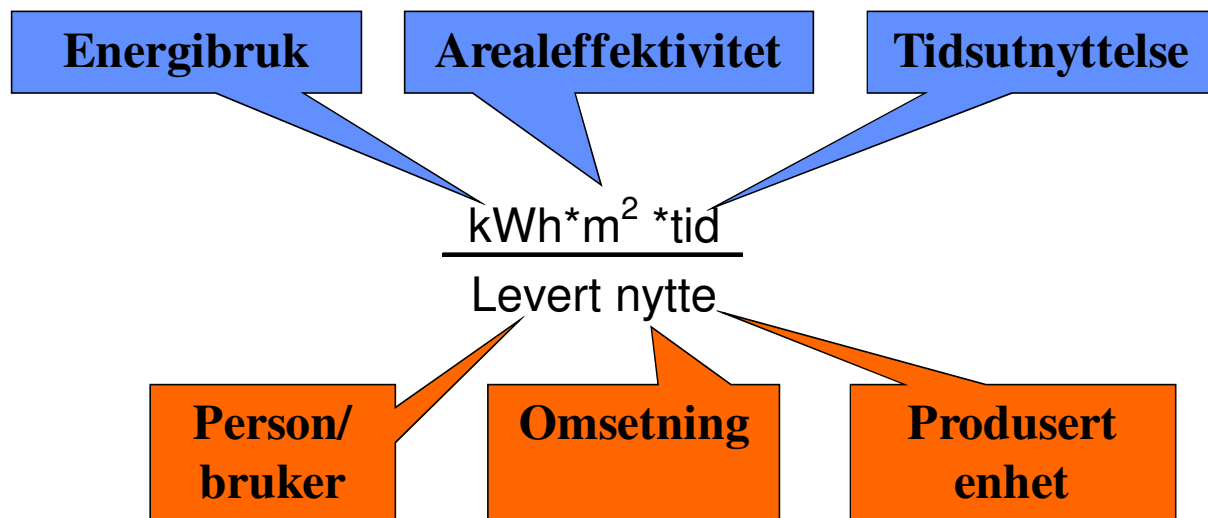
Mange av bygningene i statistikken er flerfunksjonelle, for eksempel brukes til skole på dagtid og andre aktiviteter på kvelden. Hoteller benyttes ikke bare til overnatting, men også av dagsbesøkende i forbindelse med konferanser og restaurantgjester og i noen tilfeller har man også ”badeland” i tilknytning til hotellet.

Hvis man anvender indikatoren ”overnattingsdøgn” bør dette differensieres på ulike typer hoteller i forhold til grad av flerfunksjonalitet, m.a.o. de med og uten konferanseavdeling, restaurant etc. Antall brukere – der man også inkluderer dag-/kveldsgjester – vil ofte kunne være vanskelig å kartlegge eller man klarer ikke å skille energibruken på overnattingsdelen og annen virksomhet.

Sykehjem og spesielt sykehus er også eksempler på bygninger som har flere bruksområder og selvsagt blir det også en diskusjon hvem som er bruker. Er det pasienter alene – innlagte eller også dagpasienter – og skal man inkludere ansatte? Denne problemstillingen bør utdypes mer og eksemplifiseres også fra skoler (lærere, elever, andre brukere, etc).

For industri-/produksjonsrelaterte bygninger er det nærliggende å si at funksjonen til bygningene er å huse produksjon, lager og administrasjon. Det betyr ikke nødvendigvis at det er enkelt å bruke ”produsert enhet” som indikator i nevneren. Eksemplet med bonden som relaterer sine kostnader per f.eks. ku er en god meget relevant for bonden. Men for benchmarking av driftsbygninger som sådan kan det by på problemer når man sammenligner ulike ”produksjoner”. Da kan det være mer relevant å relatere til areal.

Figur 10 viser de ulike elementer/indikatorer som kan inngå i nøkkeltall som beskriver funksjonell energieffektivitet i bygninger. Ser da at Energibruk, Areal effektivitet og Tidsutnyttelse bør for mange bygninger kunne representere forbruket i nyttefunksjonen.



Figur 10 Elementer som kan inngå i nøkkeltall som beskriver funksjonell energieffektivitet i bygninger.

Som figuren viser er det ikke entydig hvilken parameter som bør velges som uttrykk for nevner. Dette er avhengig av type bygning og funksjon denne skal oppfylle, og må tilpasses homogene typer bygg/bruksområder.

I tillegg er helt klart at denne modellen ikke vil være like godt egnet til alle typer bygninger. I noen tilfeller er det kanskje riktigere å fokusere kun på teknisk energieffektivitet. For å kunne avgjøre det blir det viktig å teste modellen for ulike bygninger. Vi har valgt å gjøre en enkel innledende test på kontorbygninger og skoler med basis i eksisterende data, se kapittel 5. Bakgrunn for å velge disse kategoriene var både med bakgrunn i at data var tilgjengelig og at disse kategoriene representerer en stor del av bygningsmassen i Norge.

5 TEST AV FUNKSJONELLE NØKKELTALL

For å teste bruken av funksjonelle nøkkeltall er det valgt å ta utgangspunkt i tilgjengelige data for kontorbygninger og videregående skoler i Bygningsnettverkets energistatistikk for 2006, da disse har et antall bygninger hvor det er oppgitt flere parametere som gjør det mulig å foreta noen simuleringer.

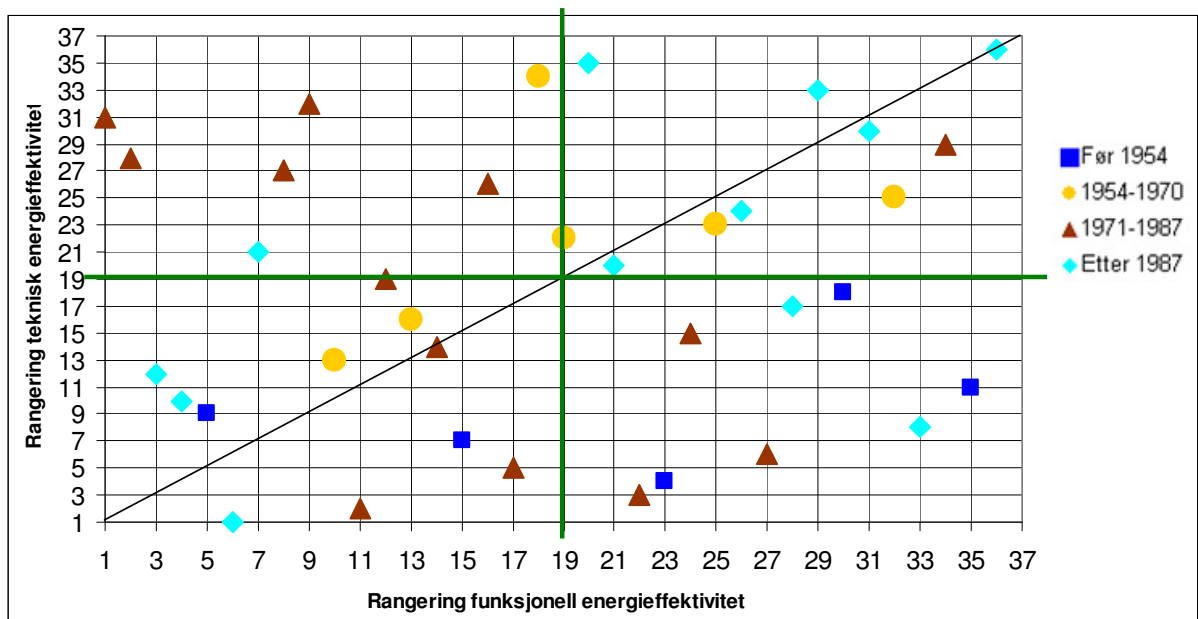
For kontorbygninger er ikke energibruk per person (se Figur 8) en god nok indikator for funksjonell energieffektivitet og dekker ikke alle funksjoner en bygningen kan ha. Da tenker vi spesielt på at forholdet rundt flerbruk ikke fanges opp godt nok. .

Hvordan kan man definere telleren for et funksjonelt nøkkeltall for en kontorbygning? Ønsker man å framstille hvor god en kontorbygning eller videregående skole er funksjonelt, bør en ta hensyn både til energibruk, arealeffektivitet og tiden kontorbygningene er i bruk. Forbruket defineres derfor som forbruk av energi, arealforbruk og hvor stor del av døgnet bygningen er i bruk.

Nevneren – levert nytte – er i forhold til kontorbygninger valgt som antall ansatte. Man kunne for gitte kontorbygninger hvor det drives virksomhet som har besøkende/kunder, ha bruk dette som måltall. Men grunnet forventet sprik i ulike virksomheters aktivitetsnivå har vi valgt å se bort fra det.

Med utgangspunkt i dette er det foretatt beregninger som viser nye nøkkeltall som skal reflektere funksjonell energieffektivitet i kontorbygningene. Figur 11 viser hvordan de 36 kontorbygningene rangeres henholdsvis i forhold til teknisk energieffektivitet (målt som kWh/m²) og funksjonell energieffektivitet (her tas det hensyn til arealbruk og tidsbruk i tillegg til energibruk).

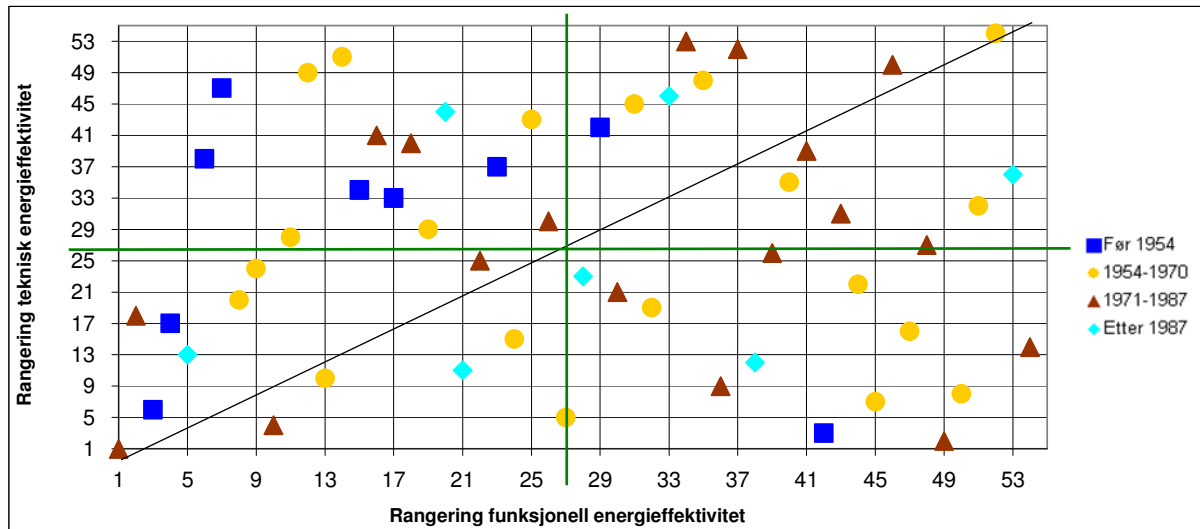
Hypotesen er at det ikke er forskjell i rangering mellom byggene ut fra teknisk energieffektivitet og funksjonell energieffektivitet. Hvis hypotesen er riktig skal alle byggene ligge på den rette diagonale linjen. I Figur 11 ser man at dette ikke stemmer for alle bygningene.



Figur 11 Rangering av teknisk energieffektivitet (kWh/m^2) kontra funksjonell energieffektivitet (spesifikt energibruk*arealutnyttelse*tidsutnyttelse/person) for 36 kontorbygninger.

Figuren viser at det bygget som har lavest spesifikt energiforbruk målt i kWh/m^2 (best teknisk energieffektivitet) ligger som nummer 6 i rangeringen etter funksjonell energieffektivitet. Samtidig ser en at det bygget som scorer høyest på rangeringen over funksjonell energieffektivitet ligger som nr 31 i forhold til teknisk energieffektivitet. Dette fordi bygget er arealeffektivt – 10 m^2 per ansatt – og er mye i bruk utover normal arbeidsuke.

Tilsvarende viser Figur 12 hvordan de 54 videregående skolene rangeres henholdsvis i forhold til teknisk energieffektivitet (målt som kWh/m^2) og funksjonell energieffektivitet (her tas det hensyn til arealbruk og tidsbruk i tillegg til energibruk).



Figur 12 Rangering av teknisk energieffektivitet (kWh/m^2) kontra funksjonell energieffektivitet (spesifikt energibruk*arealutnyttelse*tidsutnyttelse/person) for 54 videregående skoler.

Figuren viser at den skolen som rangeres som nr. 2 for teknisk energieffektivitet har en mye lavere rangering når det gjelder funksjonell energieffektivitet enn forventet – rangert som nr 49. Dette er en skole som kun blir bruk 35 timer i uken og har et noe høyt arealforbruk per bruker.

Begge eksemplene – kontorbygninger og videregående skoler – viser at rangeringen av bygninger endres betydelig ved overgang til funksjonelle nøkkeltall.

Det er også foretatt en differensiering av bygningen med hensyn til alder. Figur 11 viser at av de 10 kontorbygningene som rangeres høyest på funksjonell energieffektivitet er 4 bygninger fra perioden 1971-1987 og 4 bygninger bygget etter 1987. I gruppen bygninger som rangeres dårligst både på teknisk og funksjonell energieffektivitet (øverst til høyre i figuren) finner vi ingen bygninger i den eldste kategorien.

Figur 12 viser at 7 av de 9 eldste videregående skolene rangeres blant de 50 % beste skolene vedrørende funksjonell energieffektivitet. Samtidig rangeres 5 av disse 7 skolene blant de 50 % dårligste vedrørende teknisk energieffektivitet. Det må presiseres at utvalget er for lite til å trekke bastante konklusjoner med basis i Figur 11 og Figur 12.

6 KONKLUSJON

Enovas virkemidler og programmer kan i utgangspunktet primært påvirke den teknisk energieffektivitet. Det er brukeren selv som er ansvarlig for og har virkemidler til å påvirke funksjonell energieffektivitet. Bør Enova da i det hele tatt ha fokus på funksjonell energieffektivitet? Ved å fokusere på funksjonell energieffektivitet vil det i Enovas statistikk gis feilaktig informasjon om effektiviteten i mange bygg. I tillegg kan Enova gjennom å legge til rette systemer og etterspørre data for funksjonell energieffektivitet motivere brukerne til selv å fokusere sterkere på det i egen energi- og ressursstyring.

Resultatene fra uttestingen viser et stort sprik i rangeringen av bygningene når man ser på tekniske energieffektivitet vs. funksjonell energieffektivitet. Vi vil presisere at modellen som ble brukt til uttesting ikke inneholder de endelige valgte indikatorene som mål for funksjonell energieffektivitet, men er i denne sammenheng ment å illustrere viktigheten av å måle utover spesifikt energibruk og gi et først oppslag til hvordan dette kan bli behandlet i framtidige statistikker.

Dagens statistikkgrunnlag er i stor grad for mangelfullt (dvs. mange dataparametere mangler) til å kunne anvendes som grunnlag beregning av funksjonell energieffektivitet. Dette kan skyldes mange forhold, for eksempel:

- Data er ikke tilgjengelig eller vanskelig tilgjengelig for den som legger inn data.
- Energikompetansen er mangelfull på en slik måte at det vanskeliggjør innhenting av data.
- Brukergrensesnittet tar ikke hensyn til kompetansenivå hos den som legger inn.
- Motivasjonen er for lav til å foreta en grundig innsamling og innlegging av data.

Det bør derfor sikres et enhetlig datagrunnlag gjennom godt spesifisert metodikk og enkelt brukergrensesnitt ved registrering

Det anbefales å velge ut ett antall pilotbrukere (f.eks. kontor, skole, forretningsbygning, sykehjem) som er villig til å teste systemet for egen styring og som grunnlag for rapportering til Enova. Pilotene må være egnet til å illustrere muligheter og utfordringer i forhold til funksjonell energieffektivitet. En slik uttesting bør resultere i forslag til enhetlig metodegrunnlag, samt veiledning i innsamling og registrering av data.

7 REFERANSER

- Dansk Byggeri (2006): "Vision 2020. Byggeri med mening",
[http://www.danskbyggeri.dk/C1256C6F0050C67D/5BB25453062C1A47C12570F2005599EF/\\$File/VISION_2020_screen.pdf](http://www.danskbyggeri.dk/C1256C6F0050C67D/5BB25453062C1A47C12570F2005599EF/$File/VISION_2020_screen.pdf).
- European construction technology platform (ECTP) (2005): "Cities and buildings. Vision 2030 & Strategic Research Agenda. Focus Area Cities and buildings", Version 2, www.ectp.org.
- Forsight (2005): Avanserte materialer i Norge 2020. Byggematerialer mot år 2020. Utkast 15.10.05, Norges forskningsråd, Oslo.
- Hanssen, OJ (1997): Sustainable Industrial Product Systems. Dr. techn. Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim. Østfold Research Foundation, Working Paper AR.20.97.
- Hanssen, OJ (1999): Sustainable Product Systems. Experiences based on case projects in Sustainable Product Development. J. Cleaner Prod. 7, 27-41.
- Pettersen, T., Myhre, L., Wigenstad, T. og Dokka, T.H.: 'Energimerking av boliger'. Byggforsk, Norges Byggforskningsinstitutt, rapport O 20461, juni 2005.
- Rønning, A. (2005): Presentasjon Faktor10-kontor-seminar, Sem Gjestegård.
- Rønning, A.; Modahl, I. S. og Nordahl, S. M. (2006): Miljømessige effekter av lokalisering av IR-avdelingen ved HiØ", OR.07.06, Stiftelsen Østfoldforskning, Fredrikstad.
- Statsbygg (2005): Sammenligning av energibruk for 10 høgskolebygninger, 2003-2004, excel-fil, Statsbygg, Oslo.
- Wigenstad, T., Dokka, T.H., Pettersen, T.D. og Myhre, L.: 'Energimerking av næringsbygg'. SINTEF teknologi og samfunn, Arkitektur og byggteknikk, rapport STF50 F05117, juni 2005.
- Ørstavik, F.; Bugge, M; Pedersen, T.E. (2003): "*Bare plankekjøring? Utvikling av en overordnet innovasjonsstrategi i BAE-næringen.*", STEP report 21-2003, Sintef, Oslo.



Stiftelsen Østfoldforskning

Stiftelsen Østfoldforskning
Gamle Beddingsvei 2, 1671 Kråkerøy
Boks 276
1601 Fredrikstad
Telefon 69 35 11 00
Telefax 69 34 24 94
E-post: firmapost@sto.no

Stiftelsen Østfoldforskning er et regionalt senter for forskning, utvikling og kompetanseformidling innenfor forebyggende miljøvern, innovasjon og næringsutvikling.