



ELFORSK projekt: 345-002

Energisyndere i lavenergibyggeri

Delaflevering: Projektspor 1 og 3

Udarbejdet af:

Bo Holst-Mikkelsen, Living Strategy Consulting (projektleder), bhm@livingstrategy.dk
Steffen Petersen, Aarhus Universitet (AU), stp@eng.au.dk.

April, 2015



AARHUS UNIVERSITET



Projektets formål

Projekt 345-002 Energisyndere i lavenergibyggeri fokuserer i første omgang på den kommunale bygningsmasse og er delt op i tre individuelle, men sammenhængende spor:

Spør 1 fokuserer på at udvikle en metode/værktøj, der kan 1) give et realistisk estimat af det faktiske energiforbrug til bygningsdrift i design og projekteringsfasen, og 2) fungere som "converter" der gør det muligt at foretage en fair sammenligning af beregnet energiforbrug (Be10) og faktisk energiforbrug. Metoden fungerer som en "add on" til det eksisterende Be10-beregningsværktøj.

Spør 2 fokuserer på en mere dybdegående fysisk gennemgang af flere byggerier for at identificere fejlkilder i forhold til et for højt energiforbrug. Endvidere foretages en anonym undersøgelse blandt udførende med henblik på at finde frem til relevante problemfelter/energisyndere.

Spør 3 har karakter af en mere generel undersøgelse blandt kommunale ejendomsafdelinger med henblik på at få en forståelse af den kommunale kontekst, som metoden/værktøjet udviklet i spør 1 (bl.a.) skal operere i. Samtidig skal spør 3 give input til, hvordan metoden/værktøjet fra spør 1 kan implementeres. Formålet med spør 3 er endvidere at markedsføre den nye metode/værktøj (spør 1) overfor kommunerne.

Det er aftalt med ELFORSK, at der foretages delaflevering af spør 1 og 3 pr. april 2015. Disse to spør er afrapporteret i to særskilte rapporter med tilhørende bilag. Samlet aflevering foretages forventeligt juni 2015.

Projektet er en fortsættelse af ELFORSK-projekt 344-035 "Energisyndere i entrepriseforløbets faser". Nærværende projekts foreløbige resultater har været så lovende, at ELFORSK har givet støtte til en ny bevilling (Projekt 347-032), der skal have til formål at udvikle en kravspecifikation for udvikling af en softwareapplikation for det udviklede værktøj i spør 1.

Projektets baggrund og relevans

Bygninger står for omkring 40 procent af det samlede danske energiforbrug, men iflg. Uddannelses- og Forskningsministeriet kan det potentielt reduceres med 80 procent. Nybyggeri udgør ca. 1% af den eksisterende bygningsmasse pr. år.

I henhold til de energipolitiske målsætninger skal energieffektiviseringen af den eksisterende bygningsmasse styrkes (og den eksisterende bygningsmasse er et særligt indsatsområde for ELFORSK ordningen i forbindelse med støttetildeling for 2015).

Endvidere er der i Danmark og EU er der klare målsætninger om, at nybyggede huse i 2020 kun må bruge en tredjedel energi i forhold til i dag.

Det kan desuden nævnes, at mange kommuner står overfor en stor renoveringsmæssig opgave overfor store dele af den kommunale bygningsmasse. Tænkes energieffektivitet ind i renoveringsprojekterne, vil der være meget store energibesparelser at hente.

Højere energiforbrug end forventet i nyere byggerier

På grund af bygningers store andel af Danmarks samlede energiforbrug har der inden for byggesektoren i de seneste 10 år været et stort fokus på energieffektivisering af byggeriet. At dømme efter dialogen i branchen og flere analyser fx i forbindelse med Netværk for energirenovering bærer anstrengelserne dog endnu ikke den forventede frugt. Byggeriets aktører, herunder i særlig grad bygherrer, giver udtryk for, at

energiforbruget i nybyggerier er højere end forventet, og de forventede energibesparelser ifm. energirenovering ikke realiseres.

Disse konklusioner hænger godt sammen med konklusionerne fra ELFORSK-projekt 344-035 "Energisyndere i entrepriseforløbets faser", der igennem en mini-analyse sandsynliggjorde, at moderne (lavenergi) byggerier har et højere energiforbrug end forventet.

Hvad skyldes det højere energiforbrug?

ELFORSK-projekt 344-005 gik skridtet videre og drøftede på en workshop, hvor aktører/repræsentanter fra forskellige entreprisefaser var samlet, årsager til at bygninger kan have et højere energiforbrug end forventet (og beregnet i Be10). Workshopen havde fokus på at identificere hvor, hvordan, hvorfor og i hvilke faser disse årsager opstår. Konklusionen var, at årsagerne kan opstå i stort set alle af byggeriets faser. Et væsentligt forhold er, at der fra bygherres side ofte er et meget stort fokus på en lav anlægspris, hvilket presser alle led i entrepriseforløbets faser til at gøre tingene så hurtigt og billigt som muligt – hvilket ofte går ud over bygningens energieffektivitet. Det store tidspres på byggeriprocessen er ligeledes en væsentlig kilde til, at der opstår fejl og mangler. En anden udfordring er, at mange bygninger anvendes på en helt anden måde en planlagt/tilsigtet – og det er ikke altid at driftsfolkene forstår at drifte en given bygning energieffektivt. Hertil kommer, at det er meget svært at dokumentere om en bygning og dens installationer fungerer efter hensigten i henhold til energirammen.

Projektet pegede bl.a. på, at der er et stort behov for at kunne foretage 1) bedre estimater af bygningens forventede energiforbrug i designfasen, og 2) sammenligninger mellem beregninger af det forventede energiforbrug fra designfasen og bygningens *faktiske* energiforbrug fra driftsfasen. Ved at have en metode/værktøj, som kan sammenholde estimatet med en bygningens faktiske energiforbrug har man bedre mulighed for at identificere hvad eventuelle afvigelser skyldes. Skyldes det fejl i beregningerne, fejl i udførelsen eller fejl/afvigelser i relation til drift og brug af bygningen?

Et af hovedproblemerne er i fortsættelse heraf, at i forbindelse med implementeringen af EU's direktiv om bygningers energiforbrug kan det (desværre) konstateres, at der i design/projekteringsfasen ofte fokuseres på at opfylde energirammen (så myndighedsgodkendelse kan opnås) fremfor reelt at reducere bygningers faktiske energiforbrug.

Ofte kommer energirammeberegningen i Be10 til at være omdrejningspunktet for energioptimeringen af et givent byggeri. Men ved blot at anvende standardværdier for driftstider, brug og behov (jf. Be10 energirammeberegningen) er der væsentlig risiko for at fejlestimere kritiske parametre i forhold til energiforbrug.

Eksempel: Anvendes standardparametre i Be10 som fx brugstid på 45 timer og to luftskifter i timen, vil man ift. sygehuse væsentlig undervurdere behov for at effektivisere ventilation og belysning.

Det er i byggebranchen anerkendt, at Be10 kernen regner nogenlunde rigtigt, men at Be10 anvendes forkert.

Be10 er udviklet til at være et værktøj til at opnå myndighedsgodkendelse, men faktum er, at Be10 i praksis anvendes som et projekteringsværktøj og ofte også som et forecast værktøj, som bygherrer m.fl. tror kan estimere en bygningens faktiske energiforbrug.

Det er denne virkelighed vedr. Be10 som projekt 345-002 tager udgangspunkt i.

Resultater

Projekt 345-002 er relevant både i relation til den eksisterende (nyere) bygningsmasse og i relation til nybyggeri.

Projektet har i spor 1 udviklet et værktøj/metode, der giver mulighed for to ting:

A) At udarbejde mere realistiske estimater af en bygnings energiforbrug i projekteringsfasen. Hermed er det mere sandsynligt, at krav til en bygnings *faktiske* energiforbrug kan blive indskrevet i udbuddet/kravspecifikationerne. Et sådant krav vil motivere alle parter til fokusere mere på energieffektivitet (dette er jf. konklusionerne fra 344-035 ikke tilfældet i dag!).

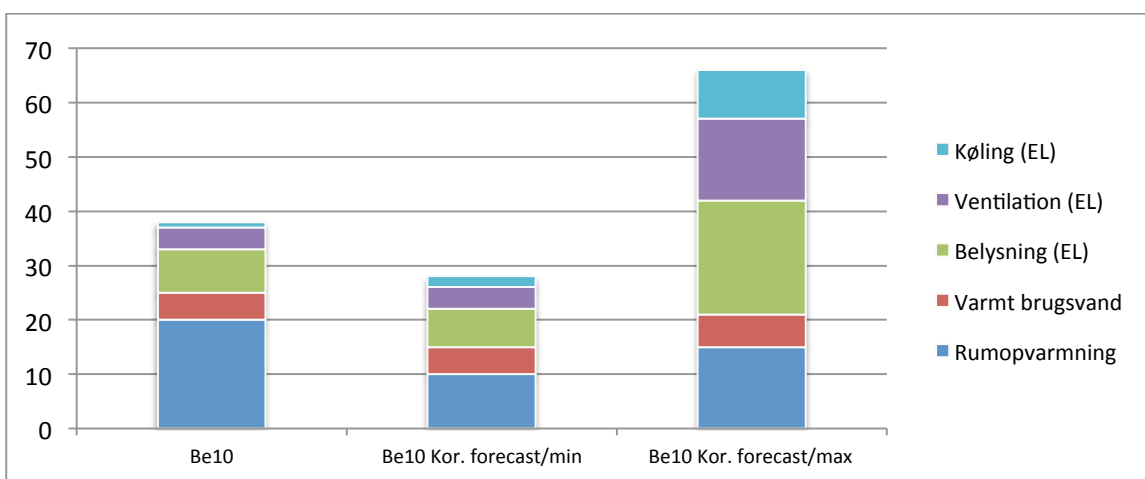
Endvidere kan værktøjet/metoden identificere de forhold/parametre, som er mest i kritiske i forhold til energiforbruget (allerede i projekteringsfasen). Dette kan motivere til stærkere fokus på energioptimering i design- og projekteringsfasen, samt give projekterende, udførende (og driftsfolk) indblik, hvad der er særligt kritisk for at opnå energieffektivitet. (Det er forskellige forhold/parametre, der er kritiske i forskellige bygninger.)

B) At udarbejde en post-analyse, der med udgangspunkt i Be10 (eller Be06) beregningen samt vejrdata fra den pågældende lokation (GPS), CTS data og eksisterende forbrugsdata, kan identificere /forklare afvigelser (potentielle energisyndere) og hermed åbne op at identificere lavt hængende energibesparelser (samt at stille mere konkrete krav i forhold til energiforbrug til projekterende og udførende).

Ved at anvende projektets metode/værktøj sammen med Be10 kan man hermed både sætte fokus på Be10's anvendelsesmæssige begrænsninger og samtidig gøre Be10 anvendeligt som et design- og projekteringsværktøj, et troværdigt forecast-værktøj og et opfølgings-/fejlfindingsværktøj (efter idriftsættelse).

Spør 1: Mere realistiske forecasts

Nedenstående figur viser princippet af et forecast foretaget med metoden/værktøjet udviklet i spor 1.



Korrektioner og usikkerheder tilføjes Be10-beregningen for at give et sandsynligheds-baseret forecast af en given bygnings energiforbrug (max og min). Fx anvendes vejrdata fra de sidste 20 år for den pågældende lokation (GPS) for at identificere det største udsving i energiforbrug grundet vejrliget. Hermed kan et mere reelt forecast af energiforbrug indskrives som en del af udbud/kravspecifikation

Identifikation af betydende parametre i en Be10 beregning

Metoden/værktøjet kan benyttes til at rangordne hvilke inputparametre i den konkrete Be10 beregning, der er mest kritiske i forhold til energiforbrug (parametre varierer fra gang til gang og vil påvirkes af ændringer i andre parametre). Dette kan bruges i forbindelse med:

- Design/projekteringsprocessen – hvor kan man optimere i forhold til energiforbrug ?
- Udførelse – hvor skal man være særligt omhyggelig i forhold til udførelse?

Resultaterne fremkommer ved at automatisere (via software) beregning af hvilke parametre der er mest kritiske (meget omfattende proces at gøre manuelt)

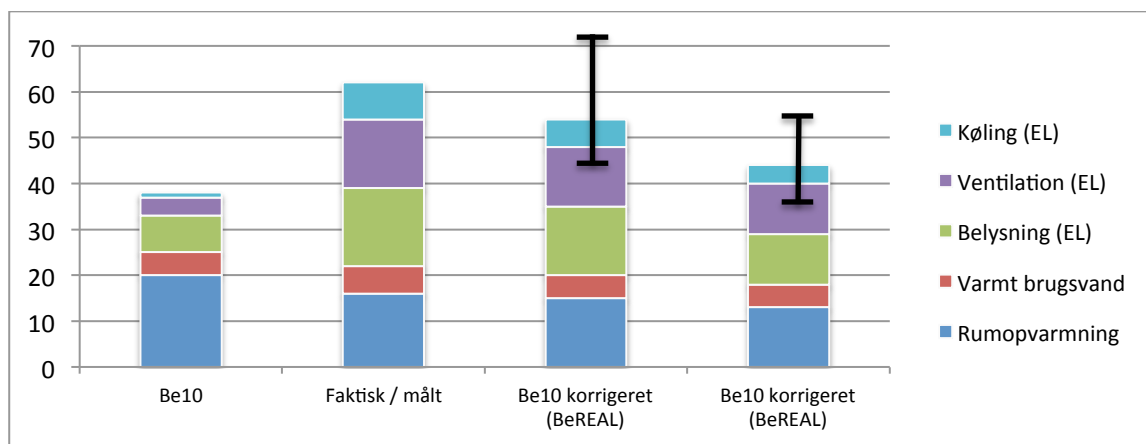
#	Parameter
1	DF, indstilling K, A, M, U
2	Varmtvandsforbrug
3	Opvarmning setpunkt
4	Normal brugstid
5	VG, ventilation
6	Nominal COP (opv), VP
7	Almin inst. belysning, indstilling K, A, M, U
8	Mekanisk ventilation, vinter
9	Varmekapacitet
10	SEL
11	Benyttelsesfaktor F_b belysning, inst. K, A, M, U
12	Nominal COP (bv), VP
13	Opvarmet etageareal
14	Infiltration
15	U-værdi, vinduer
16	Reduktionsfaktor, varmt BV
17	Rel COP ved 50 % last (opv), VP
18	Naturlig ventilation, sommer
19	Arbejdsbelysning, indstilling K, A, M, U
20	U-værdi, ydervæg

Parametre der skal undersøges, Kritiske	n	Parametre man bør undersøge, Væsentlige	n	Parametre man kan undlade Mindre betydende	n
Varmtvandsforbrug	6	Infiltration	5	Udhæng, skygger	0
DF, indstilling K, A, U, M	6	U-værdi, vinduer	5	Horisont, skygger	0
Opvarmning setpunkt	6	Reduktionsfaktor, varmt BV	4	Samlet reduktionsfaktor (A, V, T, K), pumper	0
Normal brugstid	6	U-værdi, ydervæg	4	Virkningsgrad (fuldlast), kedel	0
VG, ventilation	6	Vindueshul, skygger	3	Samlet areal, vinduer	0
Varmekapacitet	6	Ønsket temp, setpunkt	3	Andel til rum, kedel	0
Mekanisk ventilation, vinter	6	Internt varmetilskud, app	3	Samlet Nom. effekt (A, V, T, K), pumper	0
SEL	6	Internt varmetilskud, personer	3	U-værdi, terrændæk u/ gulvvarme	0
Almin inst. belysning, indstilling K, A, U, M	6	Naturlig ventilation, sommer	3	Rotation	0
Opvarmet etageareal	6	Arbejdsbelysning, indstilling K	3	Areal, ydervæg	0
Benyttelsesfaktor F_b belysning, indstilling K, A, U, M	6	Varmetabskoefficient, cirkulation	2	Areal, tag	0
Nominal COP (bv), VP	2	G-værdi, vinduer	2	Areal, terrændæk u/ gulvvarme	0
Nominal COP (opv), VP	2	Naturlig ventilation, vinter	2	Linjetab, fundament u/ gulvvarme	0
Rel COP ved 50 % last (opv), VP	2	Glasandel F_g , vinduer	2	Areal, terrændæk m/ gulvvarme	0
		U-værdi, tag	2	U-værdi, kældervæg under bygningen	0
		U-værdi, terrændæk m/ gulvvarme	2	U-værdi, kældervæg mod det fri	0
		Rør længde, cirkulation	2	Højre, skygger	0
		Varmetabskoefficient, cirkulation	2	Mekanisk ventilation, sommer	0
		Linjetab, kælder	1	Nominal effekt, kedel	0
		Virkningsgrad (dellast), kedel	1	Korrektion (dellast), kedel	0

Parametre der er repræsenteret i top-20 i alle fem bygninger er markeret med rød (kritiske parametre)
 Parametre hvoraf minimum én bygning er repræsenteret i top-20 er markeret med gul (væsentlige parametre),
 Parametre hvor ingen bygning er repræsenteret i top-20 er markeret med grøn (mindre betydende parametre),

Spør 1: Postanalyse – hvad skyldes afvigelserne?

Nedenstående figur viser princippet for en sammenligning af faktisk og beregnet energiforbrug som kan foretages med metoden/værktøjet udviklet i spor 1.



Værktøjet (spor 1) kan med udgangspunkt i konkrete vejrdata fra lokation (GPS), data fra CTS og forbrugsdata korrigere faktiske/målte data og sammenholde forbrug med oprindelig Be10 beregning. Jo bedre opløsningsgrad af drifts-/forbrugsdata, jo bedre og mere specifik konklusion. Analysen kortlægger eventuelle afvigelser i forhold til det beregnede energiforbrug (i Be10). Denne information kan benyttes til at identificere om afvigelser skyldes fejl i projektering, udførelse eller brug/drift.

Ex 1: Be10 korrektion (BeREAL) ligger inkl. usikkerhedsinterval over faktisk/målt. Energiforbruget er dermed acceptabelt.

Ex 2: Be10 korrektion (BeREAL) ligger inkl. usikkerhedsinterval under faktisk/målt. Her er der mulighed for fejlfinding (fx energiforbrug til belysning virker meget højt i forhold til forventet – undersøg).

Spør 3: Kommunernes udfordringer

Resultaterne af projektet er i projektets spor 3 blevet præsenteret for flere kommuner (samt pensionskaber), som vurderer det som uhyre interessant og relevant værktøj. Analysen i spor 3 viser, at der er et stort behov for værktøjet. I kommuner med stor befolkningstilvækst (København, Aarhus, Odense, Aalborg og det østjyske bybånd) opføres især mange nye daginstitutioner og skoler – og kommunerne er ikke tilfredse med bygningernes energimæssige performance. Herudover står mange kommuner overfor en stor vedligeholdelsesmæssig pukkel ift. deres eksisterende bygningsmasse. Her bør energirenovering tænkes rigtigt ind.

Værktøjet/metoden vil kunne ændre kommuners, bygherrer og byggebranchens nuværende store fokus på anlægsprisen i forbindelse med nybyggeri/renovering til også at inkludere et fokus på energiforbrug og byggekvalitet. Det vil være lettere og mere naturligt at indtænke drift og styring af en bygning allerede i udbuds- og design/projekteringsfaserne. Bl.a. har Københavns Kommune (der har et stort fokus på energiforbrug og som arbejder på at få byggeri og drift til at hænge bedre sammen) givet udtryk for en stor mulighed for at integrere værktøjet/metoden i deres byggeproces.

Dette er vigtigt, fordi analysen i spor 3 og erfaringerne fra spor 1 viser, at mange kommuner (og bygherrer generelt) i dag ikke har stort nok fokus på at indtænke drift og på at sikre sig, at bygningens energimæssige performance rent faktisk kan dokumenteres (jo bedre opløsning af forbrugsdata, jo bedre dokumentation).

Det udviklede værktøj/metode i projekt 345-002 foreligger i dag i en "håndholdt" Excel version. Excel versionen er ikke særligt brugervenlig, idet der for, at værktøjet kan fungere sammen med Be10-

beregningskernen, skal der foretages et stort antal interaktioner (beregninger) mellem Be10-beregningskernen og inputvariable hver gang én inputvariabel ændres.

Som nævnt ovenfor, har ELFORSK bl.a. på denne baggrund ydet støtte til et nyt projekt, der i første omgang skal udvikle en kravspecifikation til udvikling af en efterfølgende software applikation, der kan automatisere beregningsprocessen og øge brugervenligheden. Som en del af udvikling af kravspecifikation vil der blive udarbejdet en forretningsplan og –model for softwareapplikationen.

I forbindelse med udvikling af kravspecifikation og forretningsplan involveres en række rådgivere, bygherrer, kommuner og relevante myndigheder. Dette med henblik på at få deres input, men målet er også at skabe interesse for det nye værktøj (såfremt det skulle få støtte til endelig udvikling).

Udover at være uhyre relevant i en dansk kontekst er projektet også relevant i en europæisk/international sammenhæng. Fx har man i England arbejdet meget med "the performance gap". Der er udviklet en "guidance" af CIBSE (TM54). 345-002 projektet tager dette arbejde videre på et højere og mere brugervenligt niveau.

Der må endvidere forventes at der vil udvikle sig et meget stort europæisk marked for nye produkter, som kan realisere målsætningen om næsten-nul-energibygninger.

Potentiale værdi i henhold til nybyggeri:

Siden 2006 er der i gennemsnit opført knap 4 mio. kvadratmeter nybyggeri (bolig og erhverv) pr år i DK. Disse bygninger bruger i gennemsnit jf. en Be10 beregning 282 GWh(primærenergi) årligt. Det estimeres, at hvis metoden/værktøjet fra nærværende projekt anvendes i projektering og postanalyse (1 år efter færdiggørelse) vil en bygning kunne reducere sit energiforbrug med 5 % svarende til 14 GWh/år til en værdi af 8.6 mio. kr./år.

Potentiale værdi i henhold til eksisterende bygninger (bygninger hvor Be06 eller Be10 er blevet anvendt ifm. energirammeberegning). Siden indførelsen af de nye energibestemmelser i 2006 er jf. Danmarks Statistik opført i omegnen af 30 mio. kvadratmeter nye bygninger (erhverv og bolig) i DK. Disse bygninger bruger jf. Be10 2,2 Tera-Watt-timer(primærenergi) årligt. Antages det, at projektets metode/værktøj anvendes til test af det færdige byggeri og finder fejl der reducerer energibehovet med 10 % vil det betyde en årlig energibesparelse på 220 GWh(primærenergi) svarende til en værdi af ca. 135 mio. kr/år.