

# Usikkerheder ved energiberegninger

Introduktion til bygningsejere om beregning af energiforbrug ved renovering

Juni 2014



# Indledning

I forbindelse med energirenoveringer benyttes energiberegninger til at estimere potentialet for energibesparelser. Derfor sættes der i denne introduktion fokus på energiberegninger og usikkerheder knyttet til beregningerne.

For mange bygningsejere (bygherrer) vil investeringer til renovering være fordelt på forskellige økonomiske poster:

- Genopretning
- Fornyelser
- Energiforbedringer.

Energibesparelser kan betale for en del udgifter til renoveringer, men konkrete økonomiske forhold berøres kun ganske kort i denne introduktion.

Hvis en bygningsejer sammen med en energirådgiver bliver enige om rammer og forventninger, bliver energirenoveringen en god oplevelse. Men det kræver en god rådgiver og en bygningsejer, der sammen undersøger, planlægger og gennemfører renoveringen og også sikrer den efterfølgende drift af bygningen.

Denne introduktion er knyttet til *Branchevejledning for energiberegninger*, som er målrettet rådgivere, og er begge udarbejdet i et projekt under InnoBYG. Her har førende praktikere og forskere sammen udviklet en metode, der kan give en realistisk forventning til et kommende energiforbrug efter en renovering med den tilhørende usikkerhed.

Juni 2014

## Energiberegninger

### Nybyggeri

I forbindelse med byggesagsbehandling for nybyggeri gennemføres en energirammeberegning i programmet Be10. Energirammeberegningen har til formål at dokumentere, at en bygning opfylder Bygningsreglementets energibestemmelser. For at sikre, at alle bygningsejere behandles ens, benyttes standardparametre til at beregne bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand. Beregningen egner sig derfor ikke til at sige noget om det faktiske energiforbrug i bygningen.

### Renovering

Hvad enten hele bygningen renoveres eller der udføres vedligeholdelse og udskiftning af store eller små bygningsdele, skal Bygningsreglementets komponentkrav følges og eftervises. Overordnet benyttes samme metode som for nybyggeri, og herudover laves der rentabilitetsberegninger.

### Energimærkning

Energimærkets formål er at synliggøre og sammenligne bygningers teoretiske energiforbrug. Energimærket giver også mulige forslag til energiforbedringer baseret på standardiserede (gennemsnitlige) værdier. Energimærkningen bruger beregningskernen fra Be10 og resultatet er et tal for bygningens årlige energibehov, der benyttes til at give bygningen et energimærke på en skala fra A til G, som det kendes fra mange andre produkter.

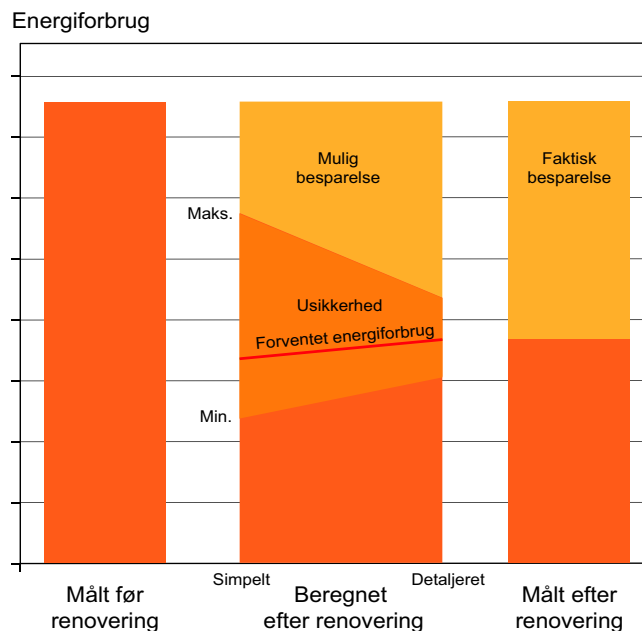
Energimærket viser bygningens energitekniske kvalitet, men ikke hvad det faktiske forbrug i bygningen er. Som med bilers benzinförbrug pr. kilometer er energiforbruget i bygninger stærkt afhængigt af brugernes adfærd og vaner.

# Beregning og målt energiforbrug

For bygningsejeren er det vigtigt at forholde sig til, at uanset hvor præcist en bygnings energiforbrug kan beregnes, så er resultatet af en energiberegning ikke kun et tal, men et spænd og estimat for, hvad det kommende energiforbrug vil være. Spændet eller usikkerheden for det fremtidige energiforbrug kan gøres mindre ved at antage nogle forudsætninger og lave flere undersøgelser.

På denne måde er problemstillingen at sammenligne med et almindeligt økonomisk budget, som også bygger på nogle opstillede forudsætninger.

Usikkerheden mellem det beregnede og det fremtidige målte energiforbrug skyldes mange faktorer, som for eksempel brugeradfærd, bygningens anvendelse, bygningens struktur og varierende vejrforhold i forskellige år. Men usikkerheden i 'energibudgettet' kan nedbringes ved for eksempel flere undersøgelser og computersimuleringer. Flere undersøgelser betyder øgede økonomiske omkostninger i forbindelse med en energirenovering. En bygningsejer må derfor beslutte, hvor meget der er behov for at nedbringe usikkerheden på det fremtidige energiforbrug i forhold til omkostningerne til energirenoveringen. Dette forhold er illustreret i figur 1.



Figur 1. Beregning af et kommende energiforbrug vil være forbundet med en vis usikkerhed i forhold til et kommende energiforbrug målt efter energirenovering.

## Branchevejledning kvalificerer energiberegning

Denne introduktion til bygningsejere og tilknyttede *Branchevejledning for energiberegninger* til rådgivere er udarbejdet for at kunne beregne et realistisk forventet forbrug i en bygning – ikke som et enkelt tal, men som et spænd og estimat over, hvor stort et fremtidigt energiforbrug vil kunne forventes at være.

Branchevejledningen tager udgangspunkt i beregningsprogrammet Be10, som er knyttet til Bygningsreglementet. På den måde udnyttes det arbejde, der allerede er begyndt i forbindelse med energimærkning eller byggesagsbehandling. Fremgangsmåden i metoden er, at standardværdier i beregningerne ændres til det, der er aktuelt for bygningen. For eksempel vil rumtemperaturen typisk skulle hæves fra en standardværdi på

20 °C, og typisk vil der også skulle foretages justeringer i forhold til, hvor mange timer bygningen bruges, og hvordan den bruges. Jo mere bygningen undersøges, og jo mere indsamlet viden, der er om bygningen og dens brug, jo mindre vil spændet for laveste og højeste energiforbrug kunne blive.

I de følgende afsnit gennemgås, hvad en bygningsejer kan forvente, og hvilke overvejelser, som skal gøres.

For store, komplekse byggerier som for eksempel hospitaler og lignende vil det være fornuftigt at kombinere beregninger med mere avancerede beregningsprogrammer, der også ofte inkluderer indeklimasimuleringer.

# Hvorfor er der usikkerhed på beregninger?

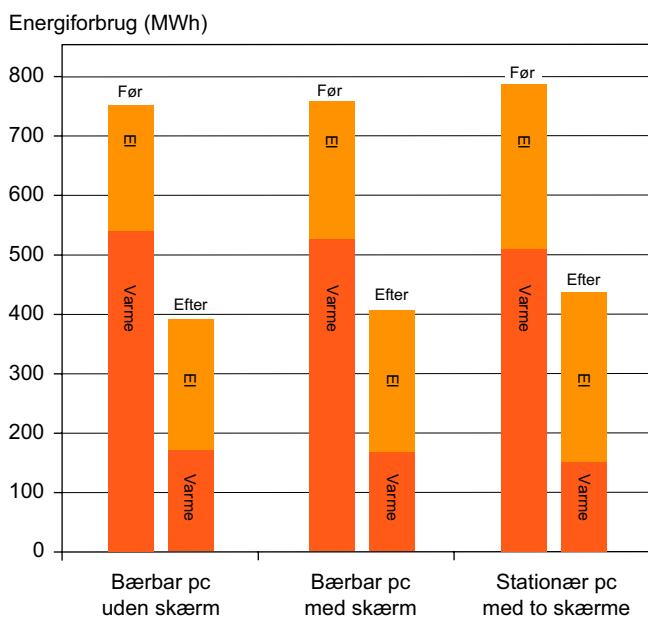
Usikkerhed på energiberegninger skyldes rigtig mange forhold. For eksempel hvis bygningen bruges på en anden måde end forventet, og brugerne skruer lidt mere op for varmen eller glemmer at lukke vinduerne. Tilsvarende kan forudsætninger om hulmursisolering være forkerte. Usikkerheder kan dog ofte reduceres ved supplerende undersøgelser.

## Adfærd

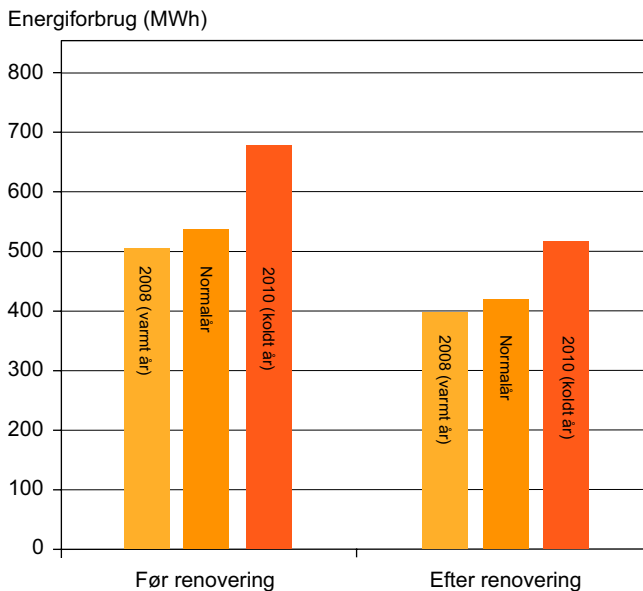
En af de største kilder til usikkerhed på energiforbruget er helt klart brugerne, deres antal og adfærd. For eksempel viser undersøgelser, at beboere, der før en renovering har haft 20 °C i stuen, efter renovering har 22 °C. Brugere af renoverede bygninger vælger at opvarme hele huset, hvor der tidligere måske har været et par kolde rum i huset. Bygninger, der renoveres fra enkeltkontorer til storrums, får også ofte flere arbejdspladser pr. kvadratmeter, hvilket giver større el- og vandforbrug. Bare det, at mange brugere i dag har to pc-skærme, gør en stor forskel, se figur 2. Usikkerhed på adfærd kan nedbringes ved for eksempel at styre de tekniske anlæg aktivt, for eksempel med bevægelsessensorer, og styring af ventilation i forskellige tidsintervaller.

## Usikre forudsætninger

I forbindelse med renoveringer baseres energiberegninger på en række forudsætninger. For eksempel forudsættes ofte, at gulv og vægge er isoleret, som det har været typisk i den periode eller stil, som bygningen er opført i. Ofte vil der også være nogle for-



Figur 2. Tre beregninger af energiforbrug med forskelligt pc-udstyr.



Figur 3. Variationer i vejret år for år vil påvirke energiforbruget. Derfor kan forbruget efter en renovering i et koldt år kan være større end i et varmt år før en renovering.

udsætninger om isoleringens stand. Der vil ofte også være antagelser, om at de tekniske anlæg fungerer, som de skal, med mindre der er grund til at tro noget andet. Usikkerhederne kan forsøges reduceret ved forskellige tiltag for eksempel ved inspektion af isoleringstykkelser m.m.

## Vejret

Kolde vintre giver ekstra behov for opvarmning, mens varme sommerdage kan give behov for køling. I beregninger bruges et fast vejrdataset, som er baseret på 30 års statistik. Alligevel kan der forekomme store variationer. Ved håndberegninger af energibehov til opvarmning benyttes 'graddage'. Jo flere graddage, jo koldere har året været. Som eksempel på vejrets betydning for varmebehovet ses derfor på det statistiske normalår. Normalåret regnes med 3112 graddage, mens for eksempel år 2008 havde 2608 graddage og år 2010 havde 3490 graddage. Altså to år der har været henholdsvis varmere og koldere end normalåret, se figur 3.

## Forskellige tiltag kan påvirke hinanden

For renoveringer gælder også, at mange forskellige tiltag i sammenhæng gør, at de enkelte besparelser ikke blot kan lægges sammen. Et illustrativt eksempel er, at hvis al belysning udskiftes til LED-pærer, der bruger mindre el, men også afgiver mindre varme, så vil der om vinteren skulle bruges mere energi til opvarmning. Dette vil dog forventeligt kunne opvejes af et mindre energiforbrug til køling om sommeren, se figur 4.

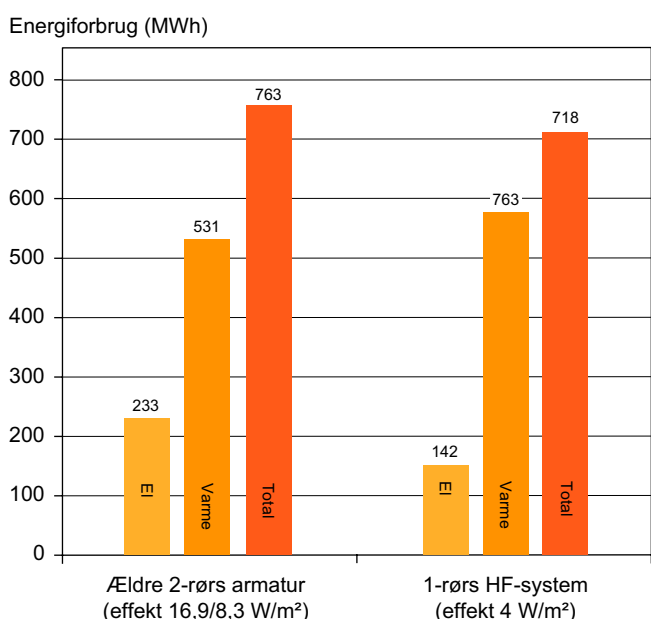
# Hvor nøjagtig skal beregningen være?

Usikkerhed i beregninger kan i de fleste tilfælde nedbringes. Men det kræver, at nogle parametre kan fastlægges mere præcist, hvilket der er flere metoder til. Det anbefales sammen med bruger eller driftspersonale at fastlægge nogle forudsætninger om bygningens fremtidige brug, temperatur m.m.

Bygningens tilstand og faktiske ydeevne kan undersøges nærmere. Ved for eksempel at foretage analyse af eksisterende data fra varmerapporter, opstille supplerende måleudstyr, udføre supplerende bygningssimuleringer m.m. Niveaue af analyser afhænger dog af, hvad analysen skal bruges til:

- Overordnet overslag. For eksempel om det kan betale sig at isolere loftet? Typisk er der brug for en enkel undersøgelse, som formentlig vil kunne tage udgangspunkt i mange standardforudsætninger, men resultatet vil så også være behæftet med en betydelig usikkerhed.
- Tæt på et fremtidigt energiforbrug. For eksempel et så præcist estimat, at bygningsejer kan gå mere konsekvent til værks: undersøge de tekniske anlæg, undersøge bygningens tilstand, undersøge brugere (evt. forudsætte nyt brugsmønster), sætte målere op og eventuelt gennemføre simuleringer.

Energirenoveringer af enkelttiltag som for eksempel efterisolering af loftet behøver heller ikke være så komplekst, mens kombinationer af mange tiltag har indvirkning både på hinanden og på indeklimaet.



Figur 4. Ved udskiftning til lyskilder med lavere energiforbrug stiger behovet for energi til opvarmning, som dog er billigere. I viste eksempel er reduktion i elforbrug ca. 90 MWh og det forøgede varmebehov ca. 45 MWh. Med en elpris på 1,80 kr/kWh og varmepris på 0,60 kr/kWh giver det en besparelse på ca. 135.000 kr om året. Hvis der benyttes køling om sommeren, vil dette behov desuden reduceres og øge besparelsen.

Der er naturligvis også rigtig mange mellemformer. Analyse af kombinationer af tiltag og effekten heraf kræver specialistviden. Drøft dette med en rådgiver.

Det er op til bygningsejeren og dennes risikoprofil at bestemme hvor præcist estimaterne på et fremtidigt energiforbrug skal være. Bygningsejere, der energirenoverer og lader huslejen stige mod et forventet lavere energiforbrug, vil typisk skulle tætttere på det faktiske fremtidige energiforbrug. En sådan bygningsejer vil måske være rimelig konservativ i sine overvejelser. En anden bygningsejer kan tillade sig en større frihed, hvis en bygningsrenovering alligevel er i gang.

## Hvor sikkert skal det beregnede energiforbrug være?

Hvor tæt estimatet skal være på et fremtidigt målt energiforbrug og hvilke energitiltag, der bedst kan betale sig, bør således vurderes i dialog med rådgiveren. Det er urealistisk at forvente, at det beregnede energiforbrug præcist rammer det målte forbrug. Det vil dog ofte være muligt at beregne et 'worst-case' energiforbrug under forudsætning af normal brug, hvormed der kan opnås en slags 'garanti på rentabiliteten'.

På samme måde som i økonomisk budgetlægning bør et 'energibudget' kalkuleres med en risiko, som er proportional med de forundersøgelser, der er foretaget, og den viden, som allerede findes om bygningen, eller som er opnået via undersøgelserne. Denne metode vil hjælpe på forventningsafstemningen mellem dig som bygherre og den rådgiver, som laver beregningerne og estimater. Risikoprofilen i energibudgettet kan så efterfølgende overføres til det økonomiske budget for dermed at opnå en mere sikker investeringsprofil.

## Energipris

Energipriserne må også tænkes ind. Ikke mindst i forhold til om energirenoveringen kan betale sig. Særligt komplekst bliver det, fordi energi også er et politisk instrument. Energipriser for samme 'mængde' er således ikke ens, afhængig af om der bruges gas, fjernvarme eller el. At 'oversætte' energiforbrug fra kWh til pris er en øvelse i sig selv. I forhold til fx fjernvarme skal opmærksomheden henledes på de faste afgifter, som betyder at sparet forbrug kan øge den gennemsnitlige kWh-pris.

# Huskeliste til bygningsejeren

## Overvejelser inden renovering

- Hvad er forventningerne? Overvej, hvad resultatet skal bruges til? Hvad er tidshorisonten i forhold til usikkerhed for beregninger og beslutningsgrundlag for investeringer? Energirenovering betaler sig bedst, hvis det sker samtidigt med andre renoveringer. Ved fravalg af energirenovering nu, kommer chancen måske først igen om 10-30 år.
- Overvejelser omkring bygningens drift? Erfaringer viser, at mange energibesparelser kan findes ved at optimere driften af for eksempel varmeanlæg og ventilationssystemer, udskifte vandarmaturer og uddanne driftspersonale. Disse overvejelser vil under alle omstændigheder skulle indgå i et eventuelt videre forløb.
- Er der samling på data, som skal anvendes både internt og af eventuelle rådgiver? Det kan være alt fra bygningstegninger, opgørelser over varmeforbrug, oplysninger om brugsmønstre m.m. Jo flere informationer, der findes om bygningen fra start, jo bedre bliver forudsætningerne for beregninger og estimater – og dermed beslutningsgrundlaget om at gå videre i processen.
- Vælg rådgiver efter behov. Kombinerede tiltag som fuldstændige renoveringer kræver specialister, mens udskiftning af taget er mere enkelt. Aftal med rådgiver, at resultatet evalueres et år efter afleveringen. Derved skabes der en åbenhed om, at der arbejdes med usikkerheder i beslutningsgrundlaget.

## Det skal med i planlægningen:

- Overvej, om bygningen får anden brug efter renovering – måske en anden sammensætning af brugere? Dette beskrives med brugstider og belægningsgrader i bygningen, som med fordel kan fastlægges med brugerne af bygningen efter renovering.
- Tænk, også på komfort, indeklima og fleksibilitet i valget af løsning. Sørg for, at projektet lever op til Bygningsreglementets krav til energirenoveringer. For eksempel skal det sikres, at krav til energitab er opfyldt samt mulighed for yderligere reduktion af forbrug via bedre komponenter. Det vil en rådgiver typisk kunne hjælpe med.
- Se på helheden i de renoveringer, der gennemføres: på økonomien, levetiden og de enkelte tiltag og samspillet mellem dem.
- Energirenoveringer påvirker bygningens indeklima både i positiv og negativ retning. Sørg for, at bygningen har et godt indeklima i forhold til nuværende og kommende brug.

- Vælg løsninger, der er så fleksible som muligt i forhold til nuværende og fremtidigt brug, for eksempel belysning ved ændret indretning i lokaler. Vær dog opmærksom på, at det er svært at forudsige den fremtidige brug.
- Sørg for, at teknikken er optimeret i forhold til styring, samt enkel drift og vedligehold. Overvej, om eksisterende teknik i de berørte områder bør ændres. Nogle gange er det en fordel selv ved en mindre renoveringsopgave.
- Vedvarende energi-anlæg (VE) kan være attraktivt, så overvej, om det er interessant – eventuelt som supplement eller erstatning for fysiske indgreb i bygningen, som måske ikke kan realiseres eller blive rentable.
- Forventes samme brug i længere tid, bør daglig adfærd indgå i overvejelserne.
- Ved enkle renoveringer/udskiftninger kan leverandører ofte bidrage med erfaringer/muligheder.
- Der er en række muligheder for tilskud og salg af energibesparelser gennem forsyningsselekskabet. Undersøg dette inden opstart. En aftale skal være lavet, før et projekt iværksættes.

## Efter renoveringen er gennemført

- Sørg løbende for, at tekniske anlæg er indstillet korrekt, specielt er det vigtigt at bruge det første års tid på løbende at justere og tilpasse anlægget til årstidernes skiften.
- Gode vaner betyder meget. Sørg for, at brugere og driftspersonale har viden til at bruge systemet effektivt.

Det samlede overblik kan være svært at få, og en rådgiver med erfaring på området vil ofte være en god investering.

## Mere information

Der kan hentes inspiration omkring økonomiske overvejelser i *Beloks Totalmetodik Handbok för genomförande och kvalitetssäkring* ([www.belok.se](http://www.belok.se)).

Procesbeskrivelse og hensigtsmæssig kommunikation mellem de involverede parter i forbindelse med energirenovering er beskrevet i *Når energirenovering skal lykkes* udgivet af Videncenter for energibesparelser i bygninger ([www.byggeriogenergi.dk](http://www.byggeriogenergi.dk)).

Den tilknyttede *Branchevejledning for energiberegninger* målrettet rådgivere kan hentes via [www.innobyg.dk](http://www.innobyg.dk).