

MEMO

TITEL BeReals anvendelse i Nobelparkens udvidelse
DATO 12. september 2018
TIL Bo Holst-Mikkelsen, Living Strategy
KOPI
FRA Alice Andersen, COWI
PROJEKTNR A089707

ADRESSE COWI A/S
Jens Chr. Skous Vej 9
8000 Aarhus C

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

SIDE 1/8

1 BeReal anvendes ifm. energioptimeringen af COWIs udvidelse i Nobelparken i Aarhus

Som bekendt er en bygnings energiforbrug umuligt at beregne præcist, da en bygnings forbrug afhænger af rigtig mange uforudsigelige parametre. I forbindelse med energioptimeringen af COWIs udbygning i Aarhus blev beregningsværktøjet BeReal anvendt til at indikere indflydelsen af flere forskellige parametres betydning for energiforbruget, hvilket gav et mere kvalificeret grundlag for energioptimeringen.

Fra myndighedsfasen blev BeReal anvendt til følsomhedsanalyser, hvor forskellige parametres indflydelse på energiforbruget blev estimeret og gav baggrund for energioptimeringen. I sommeren 2019 skal byggeriet tages i brug, og her vil resultater fra BeReal kunne bruges til at forstå og verificere energiforbruget i praksis, og derved indgå i driftsoptimeringen ift. reducere af energiforbruget.

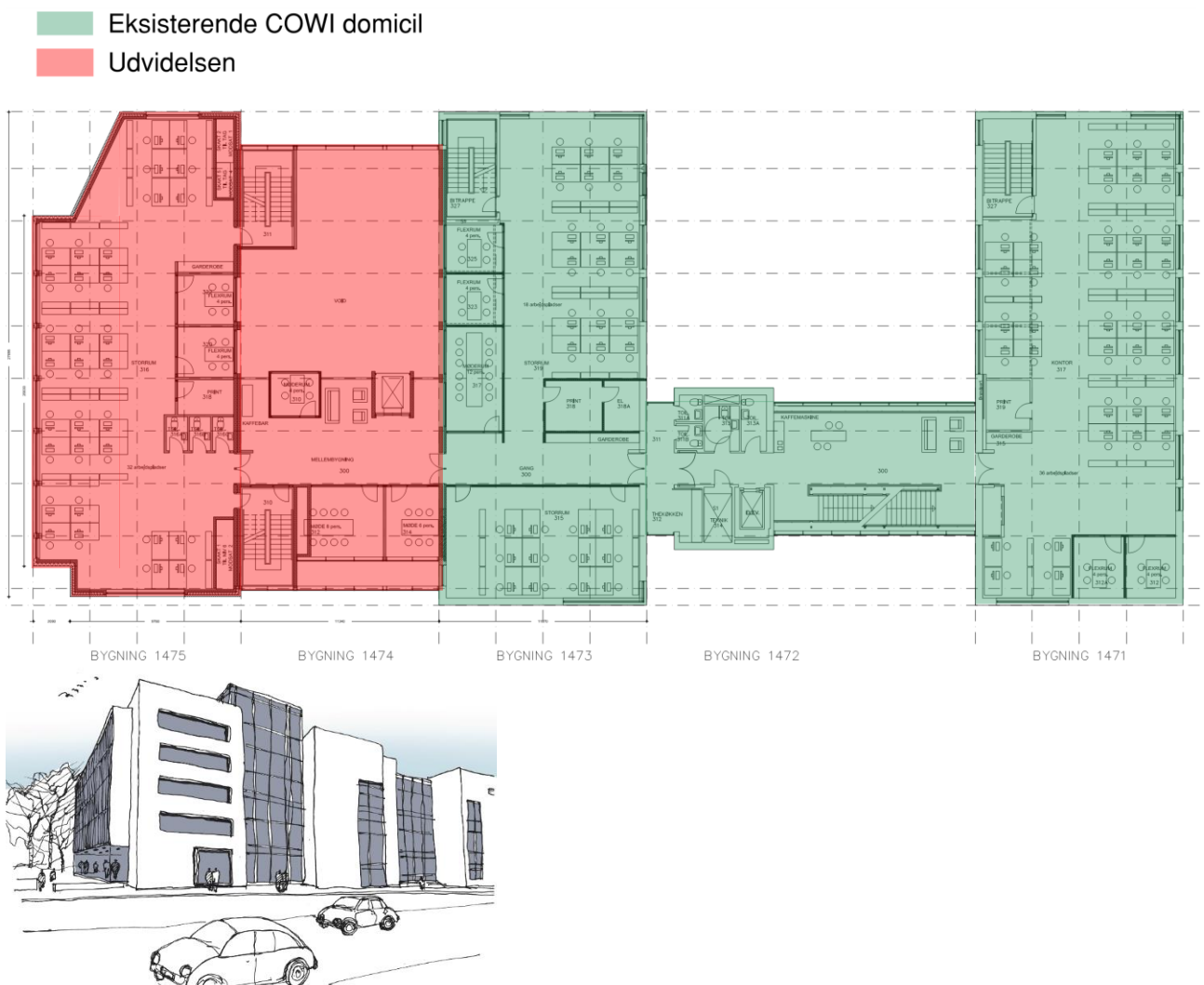
1.1 Udvidelsen

Fra begyndelsen af projektet blev der stillet nogle rammer for byggeriets arkitektur og placering, da udvidelsen skal passe ind i de øvrige byggerier i Nobelparken, som vist i Figur 1. Nobelparken ligger i universitetsparken i Aarhus ved Randersvej. Udvidelsen udgør en ny femetagers bygning – tilsvarende de eksisterende, samt et nyt mellemliggende atrium med integrerede møderum og en skybox på taget med tagterrasse. Indretningen af den nye kontorfløj ligner meget de øvrige blokkes indretning, som illustreret i Figur 2. Efter udvidelsen vil COWIs cirka 400 ansatte i Aarhus samles i Nobelparken.

I designudviklingen var stillet særligt fokus på at opnå optimale indeklimaforhold samtidig med et lavt energiforbrug. Udvidelsen skal opfylde lavenergiklasse 2015, der i dag svarer til energirammen i BR18. Erfaringer fra det eksisterende Nobelparken blev anvendt som en del af grundlaget for udbygningen i forhold til energi og indeklima.



Figur 1 COWIs nuværende domicil i Nobelparken i Aarhus udgør 2 blokke, der skal udvides med 1 blok mere og et atrium. Domicilet ligger tæt på Letbanens stoppested.



Figur 2 Visualisering af COWIs domicil i Nobelparken i Aarhus efter udvidelsen.

1.2 Energoptimeringen

Energirammeberegningen blev udført i Be15, og BeReal blev - som en add-on til Be15 - anvendt til følsomhedsanalyser. Med BeReal blev grundlaget for energioptimeringen herved kvalificeret ved at give et overblik over flere parametres indflydelse på energiforbruget og de usikkerheder det inkluderer for energiforbruget. Det er ikke tilfældet i Be18, da det program alene oplyser forbruget.

Parametre anvendt i BeReal blev anskuet i to overordnede grupper, hvor den ene henvendte sig til det "bygningmæssige forbrug", og den anden gruppe henvendte sig til det "anvendelsesbestemte forbrug". Nedenfor ses de forskellige parametre for udvidelsen af Nobelparken, der var mulighed for at varieres på i energioptimeringen. Nogle af de bygningsafhængige parametre var fastsat, da byggeriet skulle passe ind i det eksisterende byggeri - såsom orientering, bygningsform og konstruktioner. Erfaringer fra det eksisterende byggeri blev anvendt til at definere input vedr. de brugerafhængige parametre i BeReal.



Figur 3 Udvalgte parametre for Nobelparken blev i energioptimeringen i BeReal opdelt i to overordnede grupper.

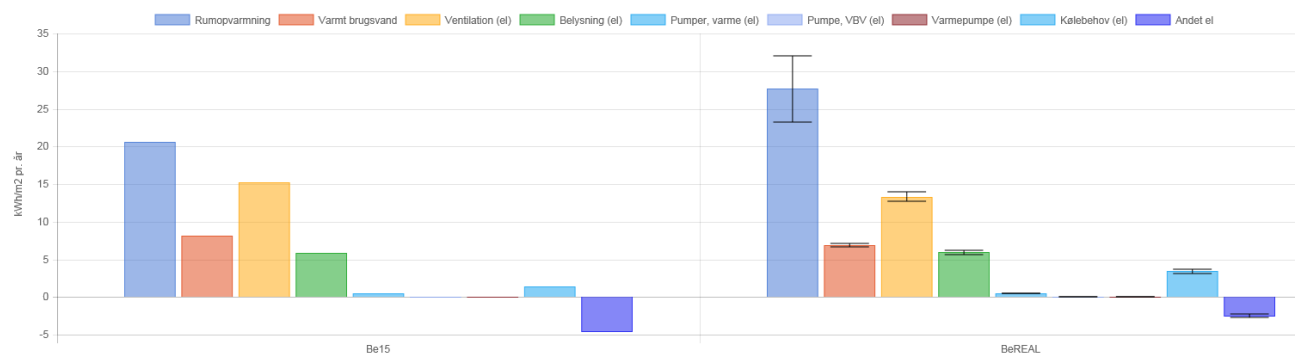
2 Udvidelsen

2.1.1 Test i BeReal i myndighedsprojektet

I myndighedsfasen blev BeReal anvendt til at illustrere de mest følsomme parametre for energiforbruget.

Nedenfor ses forskellene mellem Be15 og BeReal, der inkluderer standardafvigelser. Som det ses må vi erkende, at det realistiske energiforbrug forventes at være større end det beregnede i Be15. Forskellene skyldes bl.a., at der blev indsat mere præcise værdier i forhold til byggeriets fremtidige anvendelse ift. udstyr og setpunktet for opvarmning i vinterhalvåret, hvor standardværdier i Be15 blev tilpasset den forventede anvendelse.

De brugerafhængige input blev kvalificeret på baggrund af observationer i COWI's nuværende blokke i Nobelparken. Gennem en længere periode er der foretaget tællinger af brugerbelastningen dagligt både formiddag og eftermiddag (kl. 10 og kl. 14). Input for energiberegningen byggede på registreringer i det første halvår i år 2018. Benyttelsesfaktoren for arbejdspladser er forholdsvis konstant i løbet af den analyserede periode samt i løbet af hverdagen, hvor benyttelsesfaktoren gennemsnitlig var 4 % højere om formiddagen end om eftermiddagen. Dette betyder, at energiforbruget i løbet af brugstiden er relativt stabilt i praksis.



Figur 4 Resultat fra BeReal af energibalancen af den nye udbygning i Nobelparken.

Nedenfor ses de 10 mest følsomme parametre for hhv. varmebehov og elbehov udviklet i BeReal – såkaldt Top 10 lister. Figureerne er udklip fra BeReal. Mht. varmebehovet har setpunktet for opvarmning en særlig stor betydning, mens det for el-forbruget afhænger meget af anvendelsen ift. brugstid og installationer.

Top 10 mest følsomme parametre - varmebehov

#	Parameter	Variance (Spredning ²)
1	1.2 Opvarmning setpunkt, C - Nopel Parken Cowi A/S	82,22
2	10.1 Gennemsnit for bygningen, liter/år pr. M2-etageareal - Varmt brugsvand	25,13
3	6.2 Mekanisk ventilation (vinter), l/s m2 - Storrums kontor:	25,06
4	4.2 U-værd, W/m2K - Øst	24,15
5	1.7 Normal brugstid, timer/uge - Nopel Parken Cowi A/S	23,74
6	4.2 U-værd, W/m2K - Møderum glasfacade	23,74
7	6.2 Mekanisk ventilation (vinter), l/s m2 - Køkken:	23,71
8	6.5 Infiltration (qi, n), l/s m2 - Storrums kontor:	23,71
9	5.1 Horisont, ° - Standard	23,67
10	6.2 Mekanisk ventilation (vinter), l/s m2 - Møderum:	23,67

Top 10 mest følsomme parametre - elbehov

#	Parameter	Variance (Spredning ²)
1	1.7 Normal brugstid, timer/uge - Nopel Parken Cowi A/S	7,74
2	8.2 Almen inst., W/m2 - Storrums kontor:	5,33
3	7.2 Apparater, W/m2 - Hele bygningen	5,08
4	6.2 Mekanisk ventilation (vinter), l/s m2 - Storrums kontor:	5,05
5	1.9 Slut, kl. - Nopel Parken Cowi A/S	5,03
6	1.11 Mekanisk køling, andel af etageareal, - - Nopel Parken Cowi A/S	4,91
7	8.5 Benyttelsesfaktor (Fo), - - Storrums kontor:	4,90
8	6.6 SEL, kJ/m3 - Storrums kontor:	4,88
9	4.3 Glasandel (Ff), - - Øst	4,88
10	4.3 Glasandel (Ff), - - Møderum glasfacade	4,86

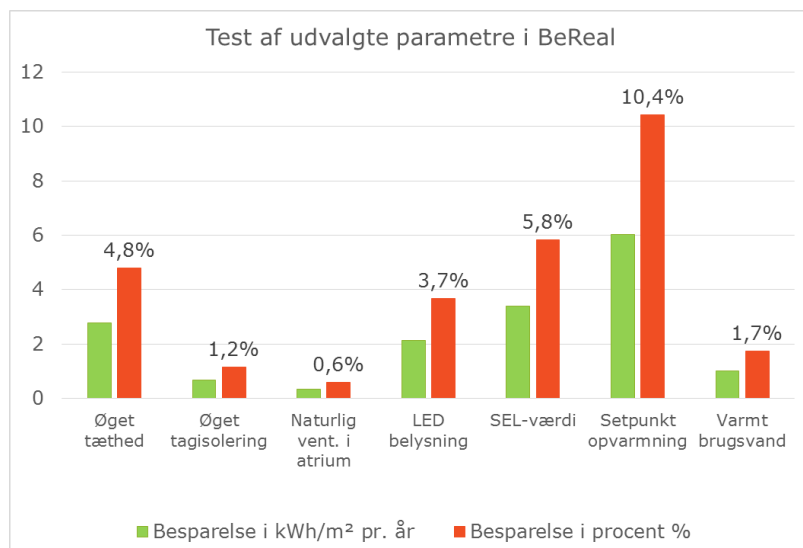
2.1.2 Designoptimering

BeReal's Top 10 lister over de mest følsomme parametre for energiforbruget kvalificerede vores udvalg af energitiltag i BeReal. Målet var at reducere energiforbruget mest muligt samtidig med at opnå et godt og sundt indeklima og fornuftig totaløkonomi. I Figur 5 ses resultatet for 7 udvalgte energitiltag/parametre, som vi testede betydningen af i BeReal.

Som det ses viser disse tests, at setpunktet for opvarmning har størst effekt for at opnå et lavere energiforbrug, hvilket stemmer godt med Top10-listen, hvor dette punkt lå som nr. 1 ift. varmemeforbrug. Ligeså viser undersøgelsen, at energitiltagene vedr. mekaniske ventilation har stor gevinst ift. et lavere energiforbrug. Dette passer ligeså fint med følsomhedsanalysen i Top-10 listen. Effektivisering af den mekaniske ventilation har derfor haft stort fokus i energioptimeringen.

I projektet har der været fokus på at øge tætheden af byggeriet og øge isoleringsevnen af taget på trods af, at følsomheden for disse parametre er mindre iht. Top10-listen. Af dette kan det konkluderes, at selvom parametre er mindre følsomme i BeReals Top10-liste, kan det godt give mening at undersøge

muligheden for energitiltag og optimering indenfor de forskellige parametre i energioptimeringen af byggeriet.



Figur 5 Undersøgelse af udvalgte tiltag / parametre i BeReal med henblik på at reducere energiforbruget. Ændringen er for det samlede forbrug.

2.2 BeReals betydning for projekteringen

Baseret på beregningerne blev det faktisk valgt at fokusere på samtlige parametre testet i myndighedsprojektet. Selvom naturlig ventilation i atrium ikke har en nævneværdig betydning for energiforbruget har den naturlige ventilation en positiv betydning for byggeriets indeklima i form af en bedre luftkvalitet i atriet og brugernes komfort og mulighed for brugerindflydelse. Desuden kræver naturlig ventilation heller ikke plads i byggeriet til kanaler og aggregater.

For at reducere energiforbruget til belysning blev facaderne i udvidelsen mod nord udformet med vinduer fortløbende til loftet samtidig med, at søjlerne mellem vinduerne blev reduceret med 20 cm i forhold til det eksisterende byggeri. Dette betyder en bedre dagslysudnyttelse, og gjorde det muligt at reducere el-forbrug til belysning, der ellers er af LED og kontinuerligt dagslysreguleret.

Effekten af setpunktet for opvarmning og varmt brugsvand viste sig at være særlig følsom i BeReals Top10-liste. I forhold til vandforbrug hensyn hertil ifm. valg af badeværelsesarmaturer, toiletter og valg af køkkenudstyr. I indreguleringen af bygningen vil der være fokus på at undersøge, om der er områder i bygningen, hvor setpunktet for opvarmning godt kan reduceres afhængig af anvendelsen og komforttemperaturen i de forskellige områder i byggeriet.

Benyttelsesfaktoren er relativt konstant iht. vores registrering i det første halvår i år 2018. Viden om benyttelsesfaktoren gjorde det muligt at bestemme en mere præcis SEL-værdi for ventilationsanlægget, der kunne benyttes i energiberegningerne og herved give et mere realistisk energiforbrug.

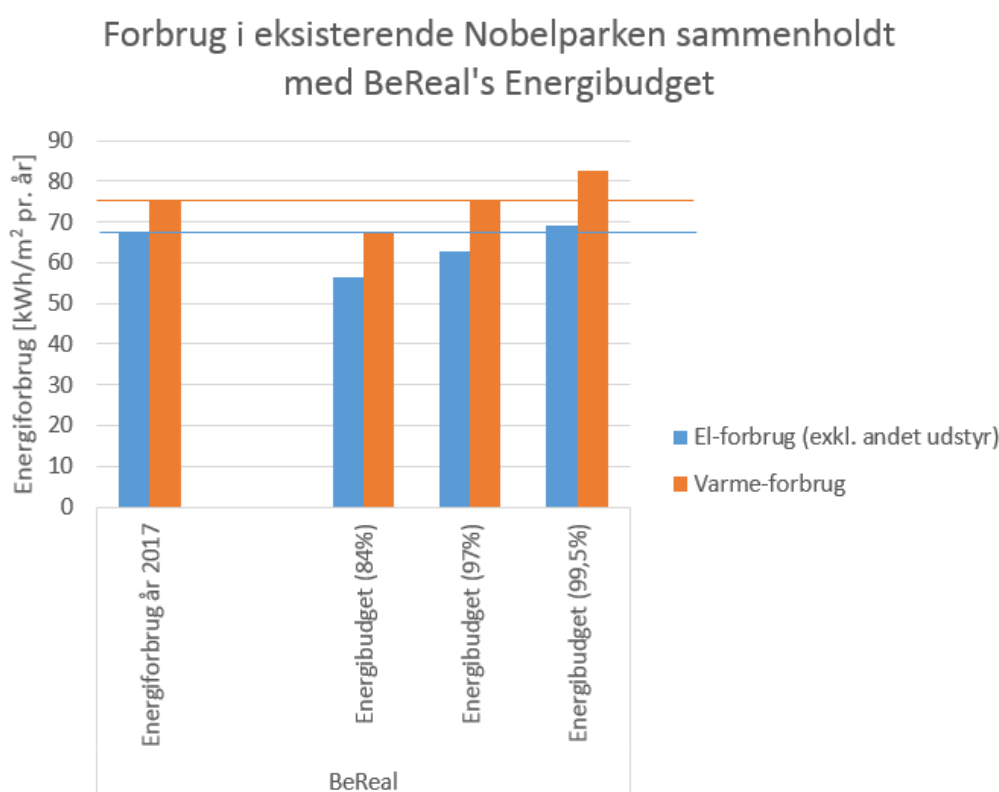
3 Test af BeReals energibudget

En speciel fordel med BeReal er, at den kan indikere, hvor stort et økonomisk budget, der skal afsættes for at imødekomme energiforbruget i praksis. BeReal definerer et såkaldt "Energibudget", der findes ud fra den øvre grænse for det forventede faktiske forbrug i BeReal. For at validere BeReals beregnede Energibudget, testede vi værktøjet ift. den eksisterende bygning.

Værdier for installationers energieffektivitet, infiltration og konstruktioner blev justeret ift. den eksisterende bygning, hvis værdier er en del mindre energieffektive sammenholdt med udvidelsen, da den eksisterende bygning er fra 1997, hvor bygningen blev projekteret efter bygningsreglementet (BR1995), hvor f.eks. energirammen var cirka dobbelt så høj som i dag.

I Figur 6 ses sammenligningen af energiforbruget i den eksisterende Nobelparken i praksis sammenholdt med BeReal's Energibudget. Som det ses ligger det faktiske forbrug i 2017 indenfor Energibudgettet i BeReal, hvilket betyder, at det er fornuftigt at benytte BeReals energibudget.

Det betyder derfor, at forbruget i den eksisterende Nobelparken – både de faktiske og det beregnede i BeReal, er betydeligt større end Energibudgettet for udvidelsen, som ses i Figur 7.



Figur 6 Forbruget i 2017 i den eksisterende Nobelparken sammenholdt med BeReal's Energibudget. Energiforbruget til storkøkken, elevator og andet udstyr er estimeret til at være 25% af det samlede elforbrug.

Nedenfor ses screendump af energibudgettet for udvidelsen. Som det ses kan der kalkuleres med et meget mindre forbrug.

Energibudget (kWh/m² pr. år)			
Sandsynlighed	84%	97%	99,50%
Varmebehov	41,66	48,76	55,87
Elbehov	24,13	27,59	31,04

Figur 7 Energibudget fra BeReal af den nye udvidelse. Som det ses skal der budgetteres med væsentligt flere kWh i praksis for at imødekomme de usikkerheder, der findes i BeReal.

4 Konklusion

BeReal har været anvendt i projektets udvikling, og specielt i de tidlige faser, hvor valg af energimæssige indsatser var aktuelle og kunne implementeres med mindre omkostning – f.eks. øget varmeisolering, ventilationsprincipper, vinduesplaceringer, vinduesopluk mv. Der var i den forbindelse ligeså fokus på merværdier ift. indeklima, materialer og drift.

BeReal har givet os en viden omkring, hvor "usikkert" et grundlag, som vi arbejder med i energirammeberegningerne, og herunder vigtigheden af at evaluere resultater kritisk, hvilket BeReal har overskueliggjort. I den forbindelse har det været muligt at rangere følsomheden indenfor forskellige bygningsafhængige og brugerafhængige parametre ift. varme- og elforbrug.

Vores registreringer af tilstedeværelse og brugerbelastninger i den eksisterende Nobelparken har givet meget mere kvalificerede input i BeReal. Dette vurderer vi, giver et mere realistisk resultat for energiforbruget for beregningerne. Når udvidelsen bliver taget i brug, kan dette testes i forhold til denne.

Tidsmæssigt er BeReal meget nem at anvende og enkelt at gå til. Det gøres via et online-værktøj, der frit kan anvendes. Med en brugerprofil gemmer BeReal selv dine projekter, hvilket er en fordel, da det herved er muligt at gå tilbage i systemet og sammenholde forskellige resultater / forecasts. Top10-listen gør det muligt, at vurdere følsomheden af forskellige parametre og indikerer, hvor der giver mening af gøre energitiltag. Rangeringen af parametre fremstår fornuftige ift. erfaringer fra den eksisterende bygninger og analysen af forskellige energitiltag.

BeReals resultat vedr. Energibudget, er meget interessant, da dette giver brugeren mulighed for at vurdere deres driftsøkonomi bedre i designfasen. Målinger for energiforbruget i det eksisterende Nobelparken indikerer, at Energibudgettet i BeReal troværdigt at anvende. COWI har tidligere verificeret beregningsmodellen med to retsalsbygninger, hvor faktiske energiforbrug blev sammenholdt med BeReals resultater.

I den næste fase bliver det interessant at sammenholde det bedste bud på energiforbruget i BeReal med det målte energiforbrug og se, hvor stor afvigelsen er. Ud over usikkerheder i anvendelsen vil udeklimaforhold også have en stor indflydelse på energiforbruget, hvilket skal tages hensyn til i evalueringen af resultaterne.

En mulig fremgangsmetode i vores fremtidige projekter med BeReal kan være som illustreret nedenfor. Udgangspunktet er Top10-listerne som benyttes til at nuancere de mest følsomme parametre, hvorefter der kan foretages en designoptimering af bygningen på baggrund af dens anvendelse og energimål. I forbindelse med de lovpligtige performancetests af bygningen og dens installationer, kan input i BeReal justeres i henhold til de faktiske forhold. Efter omkring 1 års drift kan der foretages en opfølgning af det målte og beregnede, hvor input i BeReal justeres i forhold til anvendelsen i praksis. Viden derfra kan give et mere kvalificeret grundlag for en driftsoptimering af byggeriet.

