



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Commissioning af installationer

Erfaringsopsamling

Aggerholm, Søren

Publication date:
2015

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Aggerholm, S. (2015). *Commissioning af installationer: Erfaringsopsamling*. SBI forlag. SBI Bind 2015:26

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

COMMISSIONING AF INSTALLATIONER

ERFARINGSOPSAMLING

SBI 2015:26



Commissioning af installationer

Erfaringsopsamling

Søren Aggerholm

Titel	Commissioning af installationer
Undertitel	Erfaringsopsamling
Serietitel	SBi 2015:26
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2015
Forfatter	Søren Aggerholm
Sprog	Dansk
Sidetæl	35
Litteratur- henvisninger	Side 34-35
Emneord	commissioning, energi, krav, bygning, reglement, teknik, installation, styring, automatik, projektering, drift, ledelse, kontrol
ISBN	978-87-563-1741-2
Omslag	Sirid Bonderup
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post sbi@sbi.aau.dk www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

Forord

Analyserne i denne rapport er udført for Energistyrelsen som en opfølgning på initiativet i *Strategi for energirenovering af bygninger* (Energistyrelsen, 2014) om at undersøge muligheden for at indføre krav om anvendelse af commissioning ved visse typer større bygninger med komplicerede installationer.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Energi og miljø
August 2015

Søren Aggerholm
Forskningschef

Indhold

Forord	3
Indhold	4
1 Indledning.....	5
2 Commissioning	6
2.1 DS 3090.....	7
3 Erfaring med commissioning.....	11
3.1 409 ejendomme i USA.....	11
3.2 IEA annex 47	17
3.3 To danske shopping centre	19
3.4 Danske rådgivere.....	20
3.5 Danske bygherrer	20
4 Andre metoder på området.....	22
4.1 Integreret design.....	22
4.2 Indregulering og afprøvning.....	24
4.3 Energimåling	27
4.4 Performancetest	28
4.5 Bygningens energieffektivitet.....	29
4.6 Energistyring og energiledelse	29
5 Diskussion og anbefalinger.....	32
5.1 Anbefalinger.....	32
Litteratur.....	34

1 Indledning

Ifølge *Strategi for energirenovering af bygninger*, som Energistyrelsen udgav i maj 2014, viser erfaringer, at der ofte er komplikationer forbundet med at få komplicerede tekniske installationer i bygninger til at fungere sammen, uden at installationerne modvirker hinanden. Dette gælder specielt i større bygninger og i særlig grad i bygninger, hvor der er installeret anlæg til både opvarmning og køling. Problemerne kan afhjælpes ved at sikre, at anlæggene indstilles korrekt, så de enkelte dele af de komplicerede systemer ikke modarbejder hinanden.

Dansk Standard har med støtte fra Energistyrelsen udgivet standarden DS 3090 om commissioning af installationer, som beskriver hvordan man kan verificere og dokumentere, at en bygnings tekniske installationer er energieffektive.

Som et af initiativerne i *Strategi for energirenovering af bygninger* (Energistyrelsen, 2014) skal det derfor undersøges, om det er hensigtsmæssigt at indføre krav om, at der anvendes commissioning efter standarden ved færdigmelding af større bygninger med køling, hvor styringen af energisystemet ofte er kompliceret. Der er bl.a. i disse bygninger fare for stort energispild, hvis indreguleringen af systemet ikke er foretaget korrekt. Standarden vil derudover kunne benyttes som vejledning for øvrige bygninger.

Initiativet er et af initiativer under en større indsats i strategiens punkt 1.3 rettet mod at opgradere energikravene til installationer i bygninger.

Analyserne i dette projekt er initieret af Energistyrelsen og skal afdække, hvilke gevinster der vil være ved implementering af commissioning i forbindelse med nybyggeri, ligesom det skal afdækkes, hvilke omkostninger nybyggeriet forventes at blive pålagt ved implementering af dette krav.

Desuden skal projektet give anbefalinger til hvad der skal udløse kravet. Projektet er først og fremmest et litteraturstudie, der skal afdække de eksisterende erfaringer med commissioning.

2 Commissioning

Ifølge Værdibygs publikation om Commissioning-processen fra 2013 er commissioning i byggeriet en proaktiv dialog- og kvalitetsstyringsproces, der fokuserer på totaløkonomi og installationernes samspil. Beskrivelsen af commissioning i det følgende stammer hovedsageligt fra Værdibygs publikation. Begrebet commissioning stammer oprindeligt fra skibsindustrien, hvor et skib først sendes ud, når det er grundigt gennemtestet, og personalet er uddannet til at betjene det. Metoden anvendes i dag primært på komplekse anlægsprojekter og industrianlæg, men kan tilpasses det enkelte byggeprojekt og øge fokus på bygherrens tekniske krav til byggeriet.

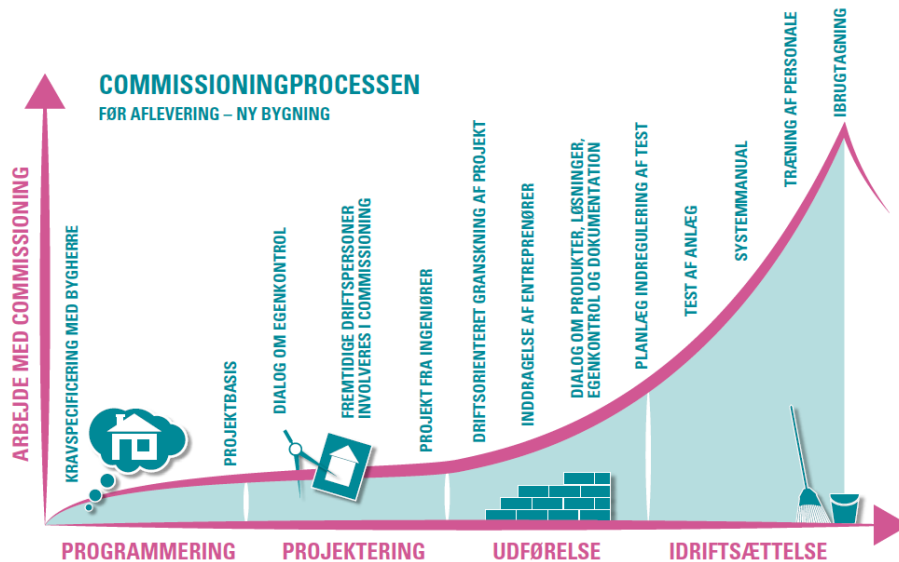
Ofte mister byggeriets aktører fokus på, at byggeriet skal leve op til bygherrens krav om fremtidig drift. Commissioning-processen sikrer, at dette fokus fastholdes gennem alle byggeriets faser. Der er særligt fokus på de tidlige faser, hvor bygherren opstiller kontante og målbare krav. Ved at skærpe formulering af kravene kan commissioning-processen sikre, at intentionerne med byggeriet understøttes. Det skaber tryghed ikke bare hos bygherren, men også hos rådgiver og entreprenør. Gennem en løbende opfølgning på bygherrens krav skaber commissioning værdi i byggeprocessen. Blandt andet ved at forebygge at sluttet af anlæg, installationer og systemer viser graverende fejl lige op til aflevering. Commissioning-processen sikrer det lavest mulige energiforbrug, et godt indeklima og velfungerende rammer for brugernes aktiviteter.

Samtidig fordrer commissioning, at bygherren afsætter ressourcer og er klar til at udfordre byggeprocessen undervejs. Commissioning er stadig nyt i Danmark, men viser en af vejene til at sikre bedre kvalitet i byggeriet og minimering af bygningens energiforbrug.

Metoden er enkel - men omfattende. Bygherren starter med at sætte klare mål for sit byggeri, og via en gennemgående log måles der på, om målene opfyldes gennem alle byggeriets faser. Commissioning-processen kører parallelt med en byggesag og kan fortsætte gennem hele byggeriets levetid. Commissioning er dermed meget mere end »test før aflevering« eller »koordineret idriftsættelse«, som det har været italesat i Danmark. Kvaliteten i en byggesag styres målrettet efter ejerens og brugerens tekniske krav – ikke mindst krav til minimering af energiforbrug, hvilket gør processen særligt velegnet også ved energirenoveringer.

Traditionelt tænkes der i anlæg og entrepriser i byggebranchen, hvor den enkelte leverandør sikrer, at egne anlæg fungerer, som de skal. Imidlertid bliver anlæggene mere og mere specialiserede, og der kræves særlige kompetencer for at sikre, at det samlede system af ventilation, køleanlæg, varmeanlæg og automatik lever op til kravene omkring indeklima, energiforbrug mv.

Commissioning-processen skaber sammenhæng mellem forskellige anlæg og entrepriser ved at involvere driftsorganisation, brugere, rådgivere, entreprenører og leverandører – og udnytter de ressourcer, der i forvejen er i byggeprocessen. Derudover er et væsentligt formål at håndtere grænsefladerne mellem de forskellige leverandører og entrepriser.



Figur fra Værdibyg: Commissioning-processen.

Den Amerikanske forening af VVS-ingeniører (ASHRAE) udgav den første guideline for commissioning i 1989 efter at have arbejdet på den fra 1982. ASHRAE Guideline 0 om commissioning-processen er revideret i 1996, i 2005 og senest i 2013. I 2013 supplerede ASHRAE guidelinen med at udgive ASHRAE standard 202 om commissioning processen for bygninger og systemer, der stiller mere specifikke krav til commissioning-processen. ASHRAE har med disse publikationer dannet skole for commissioning ikke bare i USA, men også i andre dele af verdenen, hvor commissioning i dag er en del af de engelske CIBSE regler og det tyske DGNB-system for bæredygtigt byggeri.

Der har også været gennemført to IEA ECBCS annex'er om commissioning henholdsvis annex 40 om værktøjer til commissioning af vvs-systemer for at forbedre energieffektiviteten og annex 47 om cost effektiv commissioning af eksisterende bygninger og lavenergibygninger.

2.1 DS 3090

DS 3090 om *Commissioning-processen til bygninger – Installationer i ny-byggeri og større ombygninger* (Dansk Standard, 2014) blev udgivet i februar 2014 af Dansk Standard på mandat fra Energistyrelsen i erkendelse af at commissioning-processen er vigtig for at sikre, at bygningers installationer projekteres, opføres, betjenes og vedligeholdes optimalt i forhold til bygherrens krav om funktion, indeklima og minimalt energiforbrug. Behovet for sikring af sammenhængen mellem krav og byggeproces gennem hele forløbet er blevet tydeligere, efterhånden som bygninger dimensioneres med stadig skrappere energikrav og højere teknisk niveau. Standarden er et værktøj til at sikre denne sammenhæng. Standarden trådte i kraft ultimo marts 2014.

2.1.1 Standardens anvendelsesområde

Standarden er beregnet til brug i forbindelse med byggeri og ved større ombygninger herunder energirenoveringer. Større ombygninger omfatter bl.a. ombygninger, der medfører revision af det fremtidige energi- eller driftsbudget, eller som har et omfattende teknisk indhold, som fx

- Varmesystemer
- Ventilationssystemer
- Kølesystemer

- Forsyningsystemer, herunder varmepumper, fjernvarmeforsyning, kedelanlæg
- Elinstallationer
- Belysning, herunder dagslysstyring
- Solafskærmning
- Brandventilation
- Bygningsautomatik.

Commissioning-processen udført i henhold til standarden skal opfylde følgende mål:

- At sikre minimalt energiforbrug i overensstemmelse med såvel myndighedskrav som bygherrens krav
- At sikre overholdelse af relevante krav i bygningsreglementet og anden lovgivning, som ikke håndteres på anden vis
- At sikre overholdelse af indeklimakrav
- At verificere funktion af systemer, der går på tværs af entrepriser, fx ved tværgående test
- At minimere fejl og mangler
- At lette overgang mellem bygge- og driftsfasen
- At verificere, at drifts- og vedligeholdelsesmateriale, totaløkonomi samt dokumentation er i overensstemmelse med bygherrens krav
- At sikre, at driftspersonale uddannes, således at byggeriet kan betjenes i overensstemmelse med bygherrens krav
- At understøtte krav, der stilles ved udførelse af commissioning-aktiviteter i henhold til bæredygtighedscertificeringsprogrammer.

Standarden omfatter ikke commissioning på klimaskærmen. De metoder, der er beskrevet i standarden, er dog universelle og kan anvendes på andre installationer, fx klimaskærm, hvis commissioning-processens observationer bringer forhold frem, der er relateret til disse installationer. Commissioning-processen udført i henhold til standarden kan ikke erstatte de afprøvninger og verificeringer, som skal udføres som følge af lovkrav. Standarden stiller ikke normative krav til de personer, der udfører commissioning-processen, bortset fra at de skal være uafhængige af byggeprojektet.

2.1.2 Organisering af commissioning-processen

I henhold til standarden har bygherren ansvaret for commissioning-processen. Han kan dog lade sig repræsentere af en anden person med tilsvarende beslutningskompetence fx. en bygherrerådgiver. Bygherren er også ansvarlig for, at der nedsættes en commissioning-organisation, og at der udpeges en commissioning-leder. Bygherren fastlægger omfanget af commissioning-aktiviteterne og giver retningslinjer for organisationens beslutningskompetence og aktiviteter. Commissioning-organisationen kan løbende blive ændret og udviklet undervejs i projektet og tilpasses de forskellige projektfaser. Commissioning-organisationen og deltagernes roller og ansvar meldes ud i en commissioning-plan. Commissioning-organisationens prokura til at godkende dokumenter, svar fra byggeorganisationen, testresultater m.m. samt til at kommunikere og lave aftaler med rådgivere, entreprenører og leverandører, skal beskrives. Bygherren har ansvaret for godkendelser af fremdrift og beslutninger, der påvirker de krav, som commissioning-organisationen arbejder efter.

Bygherren er ansvarlig for, at der vælges en kvalificeret leder af commissioning-processen. Denne commissioning-leder skal varetage bygherrens interesser under processen. Commissioning-lederen er ansvarlig for udførelse af processen, herunder udpegnings af de specialister, der skal bistå med de enkelte aktiviteter, samt indkaldelse af rådgivere, entreprenører og leverandører, når deres deltagelse i aktiviteter er påkrævet. Personer i commission-

ing-organisationen, der har leder- eller specialistroller, må ikke være involveret i projektering og udførelse af byggeriet. Leders og specialisters habilitet beskrives i commissioning-planen. Bygherren skal udpege deltagere fra egen organisation til at deltage i commissioning-organisationen.

Bygherren skal udpege de typer installationer, inkl. bygherreleverancer, som commissioning-organisationen skal arbejde med. Bygherren skal bestemme omfanget af de aktiviteter, der skal udføres på de valgte installationer.

2.1.3 Commissioning-processens faser

Commissioning-processen skal starte, samtidig med at der stilles krav til det kommende byggeprojekt. Den komplette commissioning-proces rummer mulighed for at verificere alle faser af byggeriet, fx dispositionsforslag, projektforslag, hovedprojekt, byggefase og driftsfase. Derfor skal commissioning-processen starte så tidligt, at det er muligt at påvirke de projekterendes arbejde. En senere startet commissioning-processen kan dog godt give værdi, selvom det ikke er optimalt. Inden afslutningen af hver fase planlægges de aktiviteter, der skal løses i den kommende fase. Inden den aktuelle fase afsluttes, skal bygherren give sin accept af de aktiviteter, der er foregået i fasen, og sin tilladelse til at fortsætte med næste fase.

2.1.4 Commissioning-processens hoveddokumenter

Commissioning-processen har tre hoveddokumenter:

- Kravspecifikation
- Commissioning-plan
- Commissioning-log

Hoveddokumenterne oprettes i idé- og programfasen og opdateres efterfølgende gennem alle de efterfølgende faser.

Bygherren er ansvarlig for fastlæggelse af kravspecifikationen, der ligger til grund for byggeprocessen, byggeprogram og tilsvarende dokumenter, som beskriver byggeriet. Kravene må kun fraviges undervejs i projektet ved accept fra bygherren. Baggrunden for fravigelsen og de forventede konsekvenser af fravigelsen i de efterfølgende faser skal vurderes og beskrives. Kravene skal omfatte de forhold, som organisationen skal forfølge inden for de områder, der er nævnt. Kravspecifikationen indgår i den samlede dokumentation af processen. Kravspecifikationen skal bl.a. omfatte:

- Beskrivelse af de dokumenter, anlæg, installationer eller systemer, der er omfattet af kravet
- Beskrivelse af kravet primært med brug af målbare størrelser
- Angivelse af, hvem der har opstillet kravet
- Angivelse af, hvorledes kravet forventes verificeret
- Angivelse af, hvorledes verificeringen af kravet forventes dokumenteret
- Supplerende informationer om kravet, herunder fx. sammenhæng med andre krav.

Commissioning-planen skal omhandle aktiviteter og dokumenter, der er nødvendige for gennemførelse af commissioning-processen. Planen skal i sin indledende form omhandle overordnede forventninger til aktiviteter i alle byggeriets faser. Planen skal opdateres løbende, efterhånden som viden om løsninger og deltagere i aktiviteter udvikler sig. Planen skal omfatte følgende:

- Overordnet beskrivelse af byggeprojektets commissioning-proces
- Kommunikationsveje, mødefrekvens, afrapporteringer, dokumentlister, dokumentformater og dokumenthåndtering
- Oplisting af de installationer, som er omfattet af commissioning-processen

- Tidsplan for aktiviteter
- Beskrivelse af organisation og ansvarsområder
- Krav til afrapportering af aktiviteter
- Beskrivelse af granskninger og verificeringer af overholdelsen af bygherrens commissioning-krav i udarbejdede beskrivelser, tegninger og modeller
- Beskrivelse af metoder til afgrænsning af mængden af aktiviteter, herunder brug af stikprøver, risikovurderinger m.m.
- Beskrivelser af verificeringer i udførelsesfasen
- Beskrivelse af testprocedurer
- Beskrivelse af, hvorledes commissioning i driftsfasen forventes planlagt
- Beskrivelse af fortløbende commissioning-aktiviteter

Observationer, som har eller kan have indflydelse på krav eller på andre commissioning-aktiviteter, skal dokumenteres i commissioning-loggen. Distribution af loggen til bygherren og berørte parter skal beskrives i commissioning-planen. Loggen indgår i den samlede dokumentation af commissioning-processen. Loggen skal omfatte følgende informationer for hver logget observation:

- Entydigt nummer, der er knyttet til hver observation
- Dato for oprettelse af observationen
- Beskrivelse af observationen
- Dialogfelter, således at observationen kan følges løbende
- Ansvarlig for næste aktion relateret til observationen
- Dato og ansvarlig for sidste revision af observationen.

Det skal være muligt at overskue historikken og derved også se tidligere loggede observationer, der er afklaret. Loggen skal dateres. Der skal foretages versionsstyring, således at det er synligt, hvem der har foretaget en specifik ændring, og hvornår den er foretaget.

3 Erfaring med commissioning

Det er begrænset hvad der er af dokumenteret objektiv erfaring med commissioning.

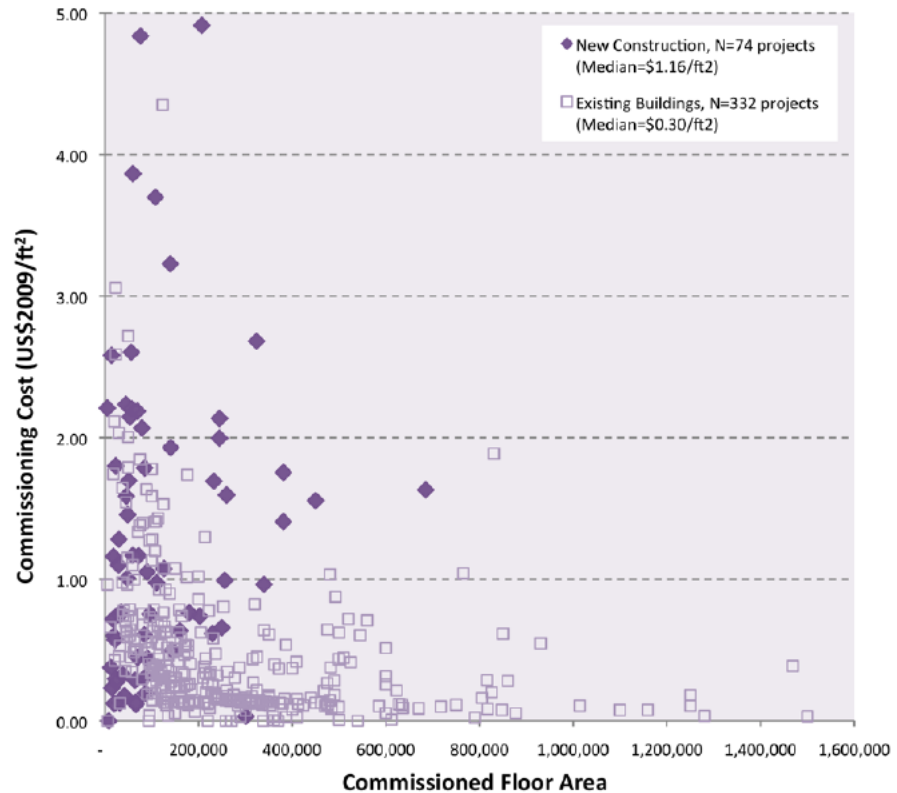
3.1 409 ejendomme i USA

I 2009 publicerede Evan Mills fra Lawrence Berkeley National Laboratory, LBL den til dato mest omfattende analyse af commissioning med hensyn til antal byggeprojekter med oplysninger om energibesparelser, omkostninger og baggrund for at anvende commissioning. Analysen omfattede 409 ejendomme med i alt 643 bygninger. 332 af ejendommene og 561 af bygninger var eksisterende bygninger, mens 77 af ejendommene og 82 af bygningerne var nybyggerier. Ejendommene dækker en række forskellige anvendelser herunder: uddannelse, laboratorier, handel, hoteller, kontorer og offentlig service. Oplysningerne er trukket fra en database, hvor dem der har udført commissioning har leveret data. Ikke alle data er derfor lige komplet eller ensartet angivet. Oplysningerne er fra i alt 37 commissioning-konsulenter. Se opsummeringen i tabellen nedenfor.

Opsummering af bygninger og resultater for studie af commissioning i USA. Uddrag af tabel 4 fra Mills (2009) oversat til dansk. 1,0 m² = 10,76 sq.ft.

	Eksisterende	Nyt byggerie	Samlet
Antal ejendomme	332	77	409
Antal bygninger	561	82	643
Antal stater	21	15	26
Antal commissioning-konsulenter	28	15	37
Gulvareal:			
Totalt, sq.ft.	90.410.884	8.813.925	99.224.809
, m ²	7.688.000	749.483	8.437.484
Pr. bygning (median), sq.ft.	190.907	67.987	-
, m ²	16.234	5.781	-
Ejerskab, pct.			
Offentlig	69	85	71
Privat	31	15	29
Energibesparelse, pct.	16	13	-
Tilbagebetalingstid, år	1,1	4,2	-

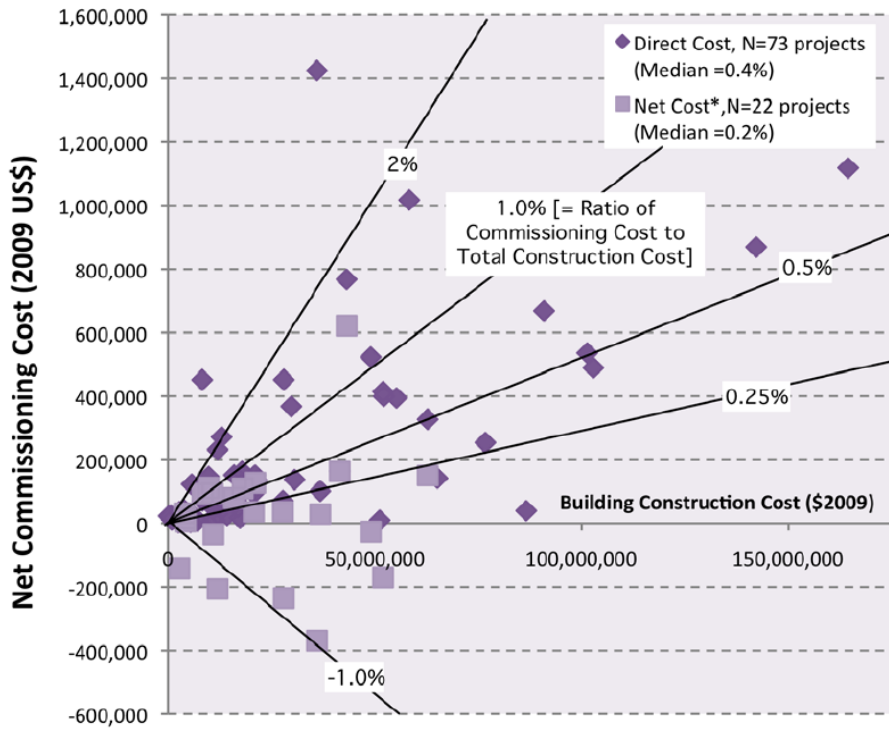
De angivne besparelser og tilbagebetalingstider i tabellen er alene baseret på energibesparelserne og de samlede commissioning-omkostninger. Dertil kommer så eventuelle besparelser i anlægs- og vedligeholdelsesomkostninger ved optimering og kontrol af anlæggene samt bedre indeklimate som følge af mere velfungerende anlæg.



Commissioning-omkostninger som funktion af bygningsstørrelse. Figur 8 fra Mills (2009). Udfyldte romber er nye ejendomme. 100.000 ft² er 8.500 m². Med den daværende USD kurs på 5,3 svarer 1,00 USD/ft² svarer til 62 DKK/m².

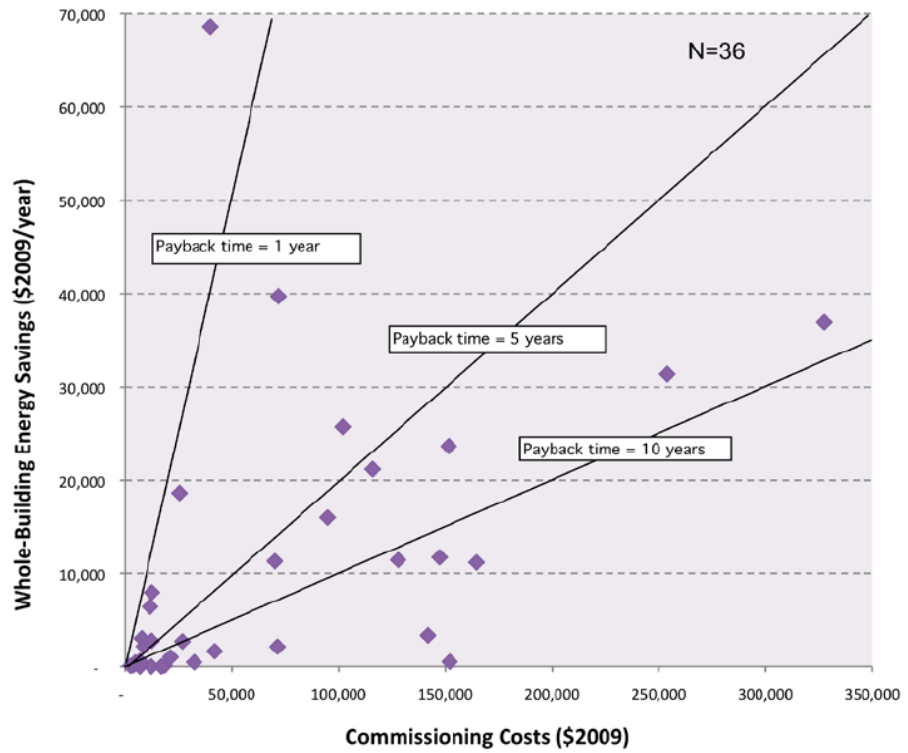
I tabellen ovenfor er vist commissioning-omkostningen i ejendommene i afhængighed af ejendommens størrelse fordelt på henholdsvis nybyggeri og eksisterende byggeri. I nybyggeriet er medianværdien (den værdi som halvdelen af ejendommene ligger over og halvdelen ligger under) for commissioning-omkostningerne 72 DKK/m². Omkostningerne til commissioning i eksisterende bygninger er tilsyneladende lavere, hvilket skyldes, at formålet med commissioning i eksisterende bygninger er væsentligt anderledes end i forbindelse med nybyggeri, og at omfanget af en commissioning i eksisterende bygninger derfor normalt er væsentligt mindre.

For de 44 af nybyggerierne, hvor der i databasen var oplysninger om det, udgjorde honoraret til commissioning-konsulenten i gennemsnit 85 % af de samlede commissioning-omkostninger. Den mindste andel var 56 %.

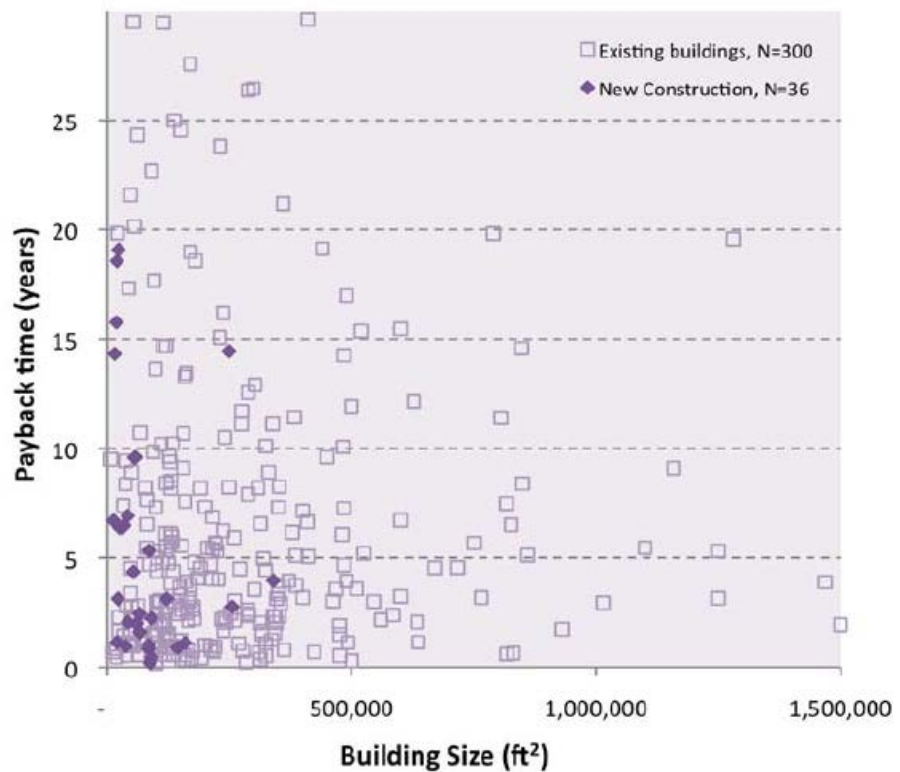


Samlede (direkte) commissioning-omkostninger og netto commissioning-omkostninger som funktion af bygningsstørrelse for nye bygninger. Figur 9 fra Mills (2009). Udfyldte, mørke romber er samlede (direkte) commissioning-omkostninger i nye ejendomme. Udfyldte, lyse kvadrater er netto commissioning-omkostninger i nye ejendomme.

For 22 af de nye ejendomme var der i databasen oplysninger om eventuelle besparelser på anlægsomkostningerne som følge af commissioningen. I figuren ovenfor er eventuelle besparelser i anlægsomkostningerne trukket fra de samlede (direkte) commissioning-omkostninger til en netto commissioning-omkostning. De direkte commissionsomkostninger er oplyst til være på op til ca. 4 % af byggeomkostningerne med en medianværdien på 0,4 % af byggeomkostningerne. Netto commissioning-omkostningerne er mellem ca. -1 % og 1,5 % af byggeomkostningerne med en medianværdien på 0,2 % af byggeomkostningerne.

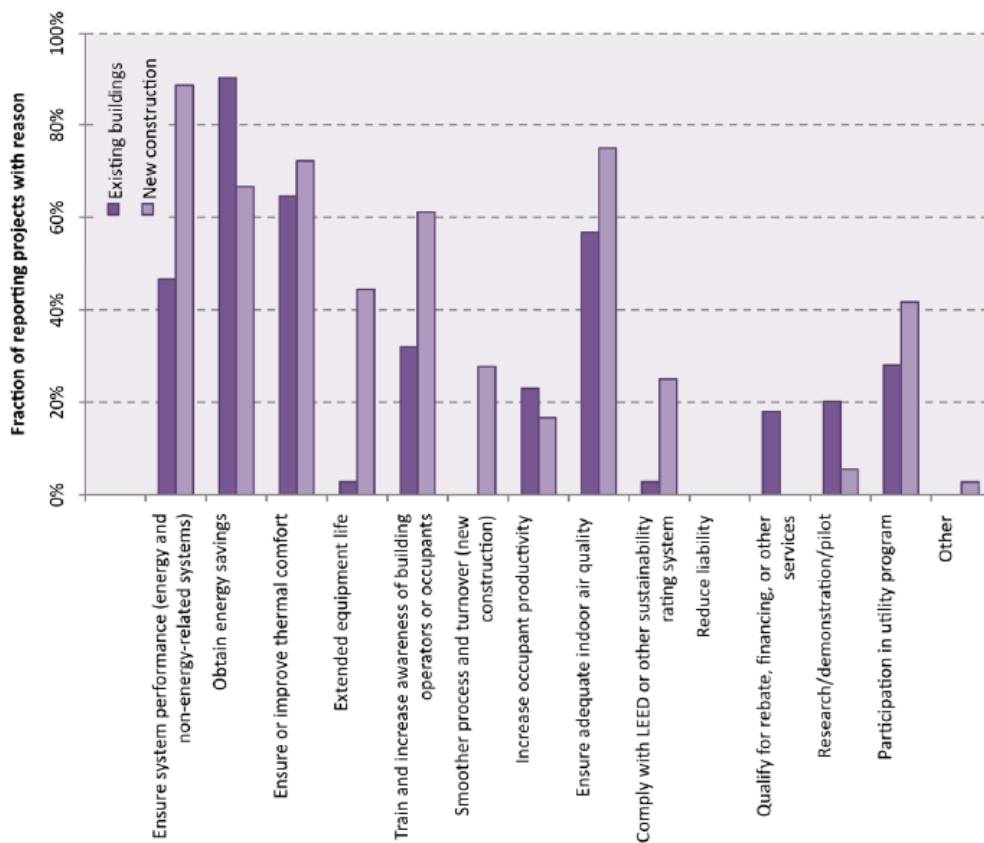


Tilbagebetalingstid for de samlede commissioning-omkostninger i nye bygninger i form af energibesparelser. Figur 12 fra Mills (2009).



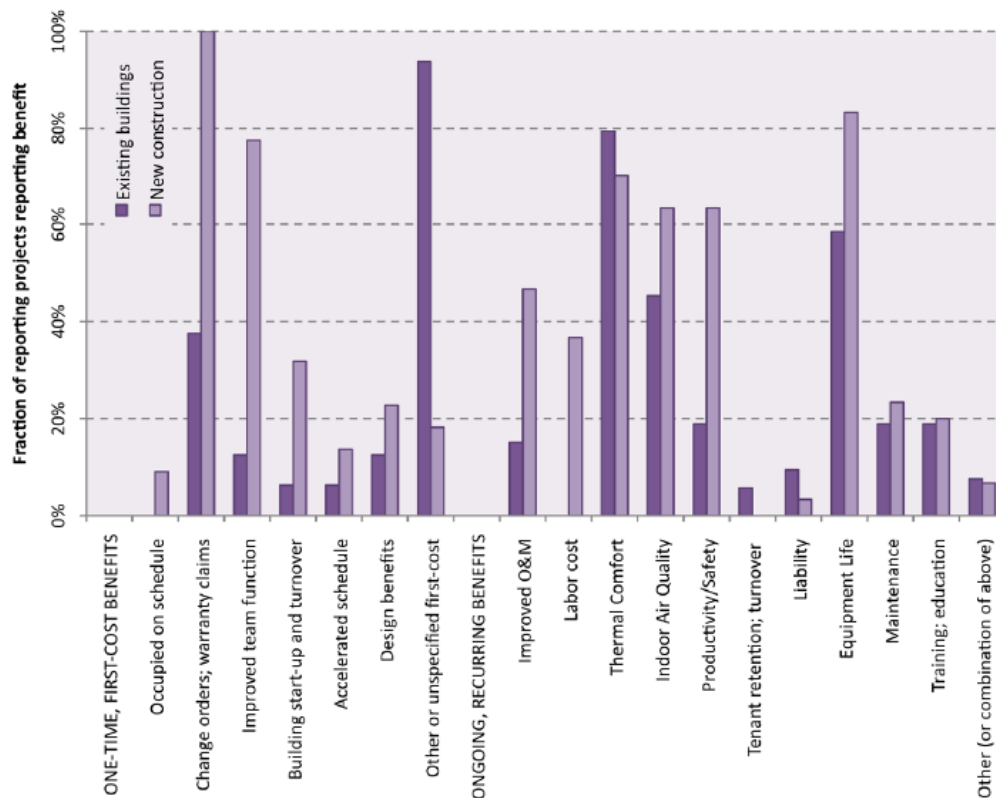
Tilbagebetalingstid for commissioning i bygninger i afhængighed af bygningsstørrelse. Figur 13 fra Mills (2009). Udfyldte romber er nye ejendomme.

Tilbagebetalingstiden for commissioning-omkostningen i nybyggerierne varierer kraftigt og kan være op til 20 år, se figurerne ovenfor. Der er tilsyneladende ikke nogen entydig sammenhæng mellem byggeriets størrelse og tilbagebetalingstiden for commissioning-omkostningen.



Årsag til at gennemføre commissioning. Figur 15 fra Mills (2009). Lyse søjler er nybyggeri.

I figuren ovenfor er vist bygherrens formål med at gennemføre commissioning i forbindelse med nybyggeri. Der er 36 nye ejendomme i databasen, hvor dette er oplyst. De væsentligste årsager har været at sikre anlæggenes funktion og et godt indeklima. Ønsket om at opnå energibesparelser kommer først ind på en 4.-plads. Bygherrerne har haft mulighed for at angive flere årsager til at gennemføre commissioning i forbindelse med nybyggeriet.



Konstaterede tillægsfordele ved at gennemføre commissioning (ud over energibesparelser). Figur 16 fra Mills (2009). Lyse søjler er nybyggeri.

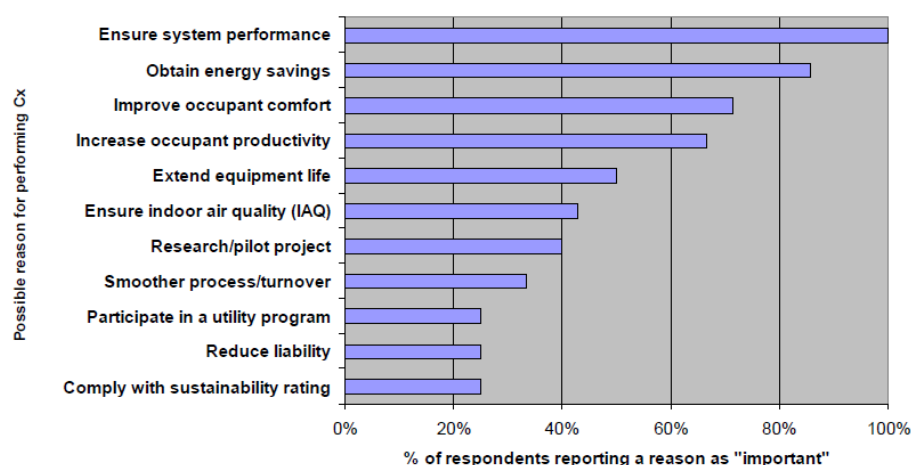
I figuren ovenfor er vist konstaterede fordele ved at gennemføre commissioning i forbindelse med nybyggeri. Der er 44 nye ejendomme i databasen, hvor dette er oplyst. Den suverænt største fordel ved at gennemføre commissioning i forbindelse med nybyggeri er angivet til muligheden for at tilpasse anlæggene til det faktiske behov og muligheden for at håndtere garantiforhold hensigtsmæssigt. Dernæst følger:

- Anlæggenes levetid,
- Forbedret team funktion (i design eller drift ?)
- Termisk komfort
- Luftkvalitet
- Produktivitet og sikkerhed.

Resultaterne for forbedret team funktion indikerer, at det både drejer sig om designteamet, som projekterer bygningen, og driftsteamet, som efterfølgende står for driften af bygningen, da scoren er markant højere for nye bygninger, hvor der også er et designteam.

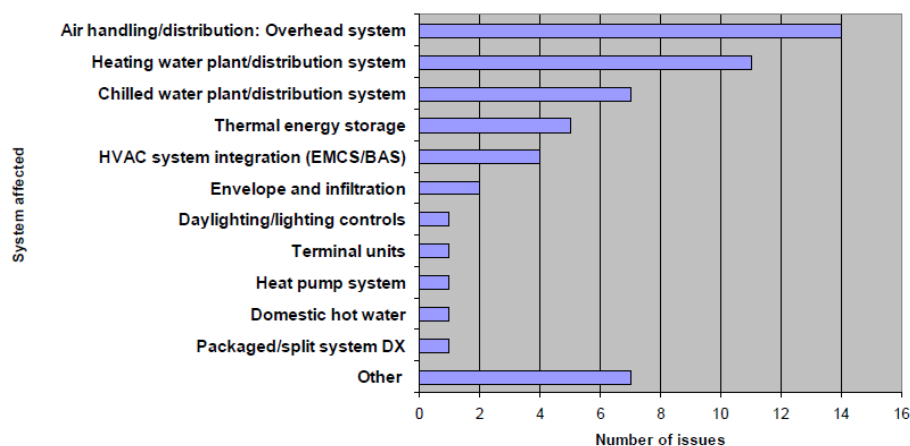
3.2 IEA annex 47

IEA (International Energy Agency) ECBCS (Energy Conservation in Buildings and Community Systems) har som en del af Annex 47 om Cost-Effective Commissioning for Existing and Low Energy Buildings i 2010 udgivet en rapport om *Commissioning Cost-Benefit and Persistence of Savings* (Friedman et al, 2010). Rapporten indeholder en analyse af commissioning i ti nybyggerier fordelt på 6 fra Japan, 2 fra USA og et fra henholdsvis Tyskland og Holland. Byggerierne er i størrelse fra 9.000 sq.ft. til 509.000 sq.ft.



Årsag til at gennemføre commissioning. Figur 5.2 fra IEA (2010).

I figuren ovenfor er vist bygningssejerens årsag til at gennemføre commissioning i forbindelse med nybyggeriet. Opgørelsen omfatter 7 af byggerierne. Også i IEA analysen er der 100 % som angiver at det er et væsentligt formål at sikre anlæggenes funktion. Dernæst kommer energibesparelse, komfort, produktivitet og anlæggenes levetid.

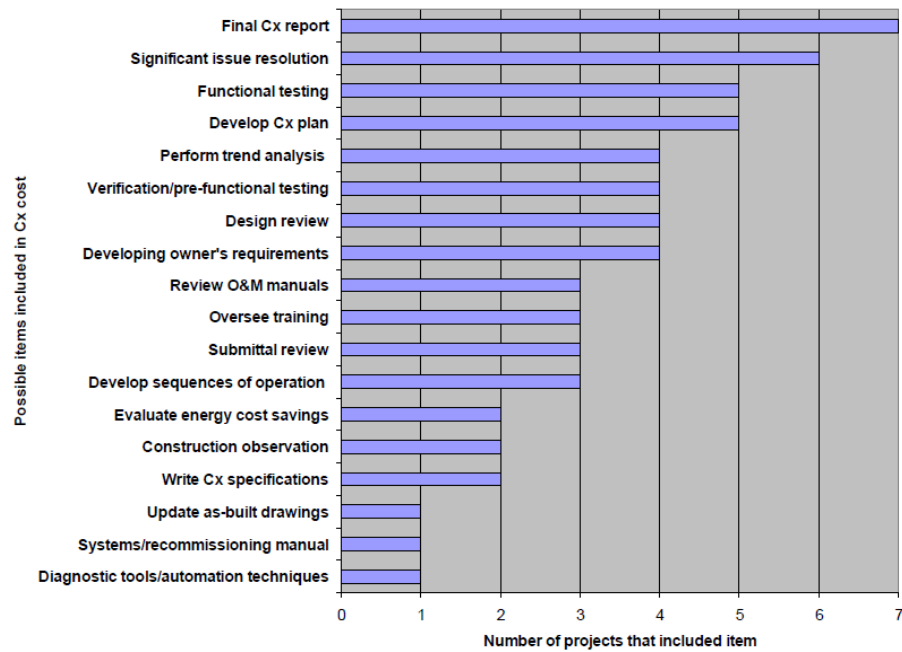


Observationer håndteret i forbindelse med commissioningen. Figur 5.4 fra IEA (2010).

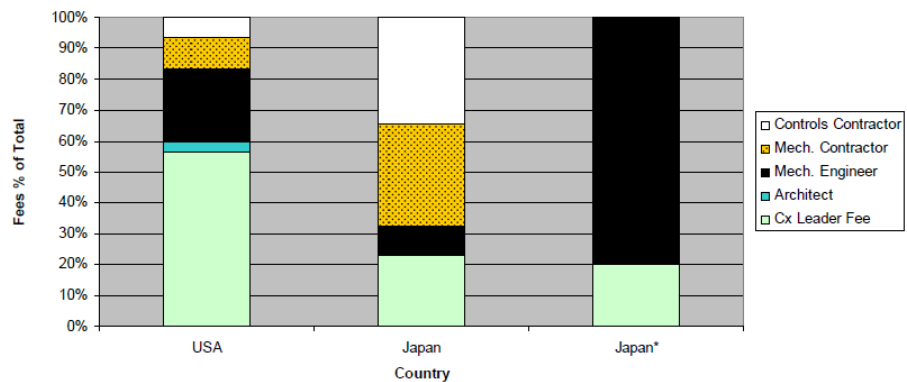
I figuren ovenfor er vist observationer håndteret i forbindelse med commissioningen. Undersøgelsen er gennemført i 6 af bygningerne. Observationerne er ligeligt fordelt på:

- Design
- Konstruktion og installation
- Drift, styring og vedligehold

Mange af observationerne knytter sig til de centrale installationer.



Elementer, som indgår i commissioning-omkostningerne. Figur 5.3 fra IEA (2010).



Fordeling af commissioning-omkostninger på faggruppe. Figur 5.7 fra IEA (2010).

I IEA analysen varierer commissioning-omkostningerne mellem 0,06 USD/sq.ft. og 2,57 USD/sq.ft. svarende til mellem 4 DKK/m² og 159 DKK/m².

Årsagen til den store variation i commissioning-omkostningerne kan være, at det er meget forskelligt, hvad der indgår i commissioningen, se figuren øverst på siden. Figuren er baseret på 7 af bygningerne. Det er også meget forskelligt, hvilke faggrupper, der indgår i selve commissioningen, se figur midt på siden.

I IEA projektet har man ikke forsøgt at bestemme energibesparelsen ved commissioningen.

3.3 To danske shopping centre

Den eneste danske undersøgelse af commissioning er rapporteret i et masterprojekt fra DTU Management i 2010 med titlen *Building Commissioning. Advantages and disadvantages of the process and how it has been applied in Denmark.*

Projektet indeholder oplysninger om to danske shopping centre opført henholdsvis uden og med commissioning. De to centre er henholdsvis Bruuns Galleri i Aarhus og Bryggen i Vejle. De er begge opført i henhold til BR 95 og af den samme entreprenør til den samme ejer. Hoveddata for centrene fremgår af tabellen nedenfor.

Opsummering af bygningerne.

	Bruuns Galleri	Bryggen
Beliggenhed	Aarhus	Vejle
Størrelse, m ²	85.022	56.363
Antal butikker	85	80
Antal cafeer og restauranter	5	2
Antal biografale	8	0
Åbnet	2003	2008

Elektricitetsforbrug i bygningerne i kWh/m².

	2008*	2009	2010**
Bruuns Galleri	45,91	39,07	9,11
Bryggen	27,73	23,31	4,19
Forskel	-40 %	-40 %	-54 %

Varmeforbrug i bygningerne i kWh/m².

	2008*	2009	2010**
Bruuns Galleri	10,39	30,20	20,20
Bryggen	11,88	19,78	11,74
Forskel	+14 %	-35 %	-42 %

* maj – december 2008.

** januar – april 2010.

I tabellerne ovenfor er vist henholdsvis elektricitetsforbruget og varmekonsumet i de to shopping centre. Belysningen i butikkerne er udenfor bygningsejers regi og er muligvis ikke medtaget i opgørelsen af elektricitetsforbruget. Registreringerne er gennemført månedsvist og parallelt i de to centre, således at de første registreringer er fra maj 2008, hvor Bryggen er taget i brug, og de sidste registreringer er fra April 2010, lige inden masterprojektet skulle afleveres. Selvom Bruuns Galleri, som ligger højest i forbrug af de to centre, ligger lavt i energiforbrug i forhold til andre danske shopping centre.

Commissioningen på Bryggen har haft fokus på:

- Kølesystem
- Regulering
- Hydraulisk balance
- Lyszoner og styring i fællesområder
- Totaløkonomi for ventilation og køling
- Inddragelse af driftspersonalet.

Til sammenligning har Bruuns Galleri haft problemer med:

- Entreprenøren på driften
- Stor udskiftning af driftspersonalet
- Lille fokus på dataanalyse for at se efter fejl
- Ingen specifik fokus på drift af de tekniske installationer
- Tekniske installationer under normal standard

Der er desværre ingen oplysninger om commissioning-omkostningerne.

3.4 Danske rådgivere

Foreningen af Rådgivende Ingeniører og Danske Arkitektvirksomheder har sammen med Bygherreforeningen i 2013 udgivet: *Ydelsesbeskrivelser for Bygherrerådgivning*. Commissioning indgår i ydelsesbeskrivelsen under Aflevering og drift. Ydelserne omfatter bistand i forbindelse med planlægning og ledelse af en commissioning-proces, herunder bistand i forbindelse med:

- Etablering af commissioning-organisation i samarbejde med bygherren
- Udarbejdelse af tekniske kravspecifikationer og commissioning-plan
- Løbende afrapportering og ajourføring af dokumentation/log
- Opstilling af testparadigmer
- Planlægning af undervisningsforløb
- Opfølgning på overholdelse af krav
- Koordineret idriftsættelse.

Det fremgår også af ydelsesbeskrivelsen at commissioning gennemføres sammen med klientens udpegede driftsorganisation og at commissioning skal sikre:

- At brugerkrav er målbare, kontrollerbare og fyldestgørende
- At brugerkrav ikke tabes under projektets udvikling
- At afprøvning, undervisning og overdragelse af byggeriet planlægges
- At afprøvning og vurdering af leverandørernes prøveresultater gennemføres.

De fleste større rådgivere kan i dag yde commissioning af bygninger og installationer og har personer med særlig indsigt i commissioning-processen.

3.5 Danske bygherrer

Bygherreforeningen gennemfører kursus i commissioning-processen for bygherrer. Kurset gennemføres i seminarform. Seminaret er for personer, der overvejer at benytte commissioning eller skal tilrettelægge en commissioning-proces på bygge-, renoverings- og driftsopgaver i bygherrevirksomheder. Derudover henvender seminaret sig til bygherrerådgivere og andre rådgivere, som skal varetage bygherrens interesser. På seminaret gives en introduktion til commissioning-processen.

- Hvornår kan det betale sig at gennemføre en commissioning-proces?
- Hvordan skal det udbydes?
- Hvilke forudsætninger skal være til stede i bygherreorganisationen?

Seminaret byder på faglig debat om bygherrens strategiske overvejelser, kontrakter, kravstillelse, opgaver in-house og særlige udfordringer.

En eller flere af de større pensionskasser og ejendomsbesiddere er på vej til at bruge commissioning. En af dem udtrykker det på følgende måde: "Formålet med commissioning er at sikre, at bygningen performer fra dag 1 samt

driftes, som investor og brugere forventer og ønsker". For denne investor er målet:

- At de tekniske anlæg fungerer korrekt og som planlagt ved ibrugtagning
- At driftsfunktionaliteten er så optimal som muligt indenfor projektets rammer
- At der er etableret et fyldestgørende og lettilgængeligt driftsgrundlag i form af anvisninger, vejledninger og driftstegninger.
- At der sker en koordineret og projektspecifik uddannelse og instruktion af driftspersonalet.

Samme investor har ifølge eget udsagn endnu til gode, at kunne dokumentere værdien af commissioning på projekterne. Men det er deres opfattelse, at et fokus på commissioning gennem hele projektforløbet, vil lette overgangen til driftsfasen samt minimere behovet for tilpasninger efter bygningens ibrugtagning.

En række bygherrer og investorer har ved forskellige lejligheder stillet spørgsmål ved hvorfor aflevering af fungerende installationer skal være en specifik ekstra ydelse, som de skal betale for, og hvorfor det ikke er en selvfølge, som indgår i den almindelige leverance.

4 Andre metoder på området

Nogle af elementerne i commissioning indgår også i andre metodikker til sikring af anlæggenes funktion.

4.1 Integreret design

Integreret Design er et begreb for en proces, hvor man i forbindelse med et projekt sikrer både sammenhæng i opfyldelse af de forskellige krav og ønsker til slutproduktet og i processen mellem de personer, som medvirker. For et byggeri kunne det fx være mellem form, funktion, arkitektur, indeklima og energiforbrug samt mellem arkitekt, ingeniør, bygherre og brugere samt måske også entreprenør og leverandører. Målet kunne fx være at opnå et vedvarende miljø- og energiorienteret byggeri, hvor processen så skal sikre en høj kvalitet og samtidig bevare den arkitektoniske frihed til at udvikle de æstetiske værdier omkring bygningens form, funktion og arkitektur. Beskrivelsen af Integreret Design og argumenterne i dette afsnit for at anvende Integreret Energi Design forkortet til IED stammer fra publikationen *Integreret Energidesign - IED Design og Metodebeskrivelse* udarbejdet af Esbensen Rådgivende Ingeniører A/S og Henning Larsen Architects med støtte fra Nordisk InnovationsCenter i 2009.

Fordelen ved anvendelse af IED er, at man på et tidligt stade i processen får et overblik over hvilke fokusområder, der er i projektet, og får dem kortlagt, således man i den videre bearbejdning tilgodeser energistrategien og får den integreret i bygningen. Integreret Energi Design relaterer til arbejdsprocessen, bygningsdesignet, arkitekturen og de tekniske installationer, som er nødvendige for at opnå den fastsatte målsætning for gennemførelsen af et vedvarende miljø- og energiorienteret byggeri eller lokalplan.

IED processen er en arbejdsmetode, der anvendes til at gennemføre hele bygningens projektforsløb fra programmering til aflevering af en bygning eller lokalplan, hvor emnet energi behandles på niveau med funktionalitet, arkitektur, økonomi mm. således at man optimalt integrerer miljø og energi i bygningens form, funktion og arkitektur, hvorved bygningens egenskaber med placering, orientering, form, funktion, design, tager hensyn til bygningens eller områdets dynamiske egenskaber.

Den overordnede IED proces styres af en central person i projektgruppen, som er procesleder eller projektleder for udførelsen af energistrategien i projektet. Afhængig af projektets størrelse kan denne person være en del af projekteringsledelsen, eller i mindre sager kan denne rolle fx blive varetaget af VVS ingeniøren. I IED processen arbejder de involverede parter med en fælles målsætning, hvor alle har et ejerskab til processen, der er en energimæssig strategi, som også kombinerer de funktionelle og æstetiske krav/ønsker. Denne energimæssige strategi skal designes, afprøves, simuleres og optimeres af alle rådgiverne i teamet for, at opnå en integreret proces.

Forudsætningen for IED er, at alle parter i projektforsløbet involverer sig tidligt i processen, hvilket betyder at energi- og miljøstrategien skal lægges inden den første strek bliver tegnet. Når bygherren henvender sig til arkitekten på

programmering, idé- og skitseniveau, skal der laves en energistrategi for bygningen, som en del af den indledende arbejdsproces.

Såfremt IED skal kunne fungere optimalt i praksis gælder det, at alle parter er enige i den fælles miljø- og energimæssige målsætning således, at der er ens forventninger til forløbet. IED fremmer forståelsen for hinandens prioriteringer mellem de involverede parter og bidrager til et mere positivt projektføreløb. I IED processen arbejder de involverede parter med en fælles målsætning, hvor alle har et ejerskab til processen, der er en energimæssig strategi, som også kombinerer de funktionelle og æstetiske krav og ønsker.

Argumenterne for at lave IED er mange. I virkeligheden burde man ifølge publikationen spørge sig selv, hvorfor man ikke skulle gøre det? Mange ville nok svare, at "miljø og energi koster", og at der i de enkelte projekter ikke er økonomi til det. Selv projekter med de bedste hensigter og som indeholder miljørigtig projektering ender ofte med, at miljøhensyn i sidste øjeblik bliver "sparet væk". Miljørigtig projektering er et hyppigt brugt tema i dag, men effekten er ofte forholdsvis begrænset. Hvis man betragter det som et "til-lægsmodul", som kan vælges til/fra under projekteringsprocessen.

Fordelene ved at benytte IED i projekteringen er ifølge publikationen:

- Væsentlige lavere energiforbrug
- Færre fejl i detailfasen
- Lavere totale omkostninger
- Integreret design af energiløsninger
- Bedre indeklima

Ved anvendelse af IED i en byggeproces får bygherre mulighed for en energi- og miljøoptimeret bygning til lavere totaløkonomisk omkostninger. Da de energibesparende foranstaltninger ofte medfører lavere driftsomkostninger, er bygherren også bedre sikret mod stigende energipriser. Langtidsholdbare løsninger med miljøbevidste materialevalg bevirker en bygning af højere kvalitet i forhold til standard.

IED har fokus på bygningsdesignet, byggemetoden, indeklimaet og driften på et meget tidligt stade således, at man har mulighed for at forme bygningsteknisk og arkitektonisk efter de krav bygherrers fokusområder stiller til bygningen. Derved sikrer man, at bygningens arkitektoniske og tekniske krav kan overholdes uden uheldige eller mindre optimale løsninger, der ofte betyder en øget økonomi på energiområdet.

I den traditionelle proces oplever arkitekten ofte begrænsninger i samarbejdet med de tekniske rådgivere og at de tekniske installationer ødelægger det æstetiske udtryk. Ved IED udnyttes bygningens passive egenskaber for, at få så meget gratis energi som muligt. Det vil sige, at arkitekten og ingeniøren i fællesskab designer, formgiver og orienterer bygningen hensigtsmæssigt i forhold til naturens kræfter. Hermed kan antallet af tekniske installationer ofte reduceres, og ingeniøren kan tidlig inddrage arkitekten til at placere og integrere de nødvendige installationer på en æstetisk måde i byggeriet.

Ved IED forstår og respekterer arkitekten og ingeniøren hinandens prioriteringer, og det fælles designforløb er udgangspunktet for et frugtbart, positivt og gunstigt samarbejde - og ikke en stribe af hårde forhandlinger som følge af utakten i det traditionelle projekteringsforløb. Hidtil har der været utallige eksempler på byggerier, hvor miljørigtig projektering er kommet for sent på dagsordenen i projekteringsforløbet. Byggerier som hverken arkitektonisk, økonomisk eller teknisk kan leve op til en kvalitetsbevidste bygherrers forventninger.

I IED arbejder arkitekten og ingeniøren ikke længere i serie, men mere parallelt, hvilket resulterer i færre ændringer i projekteringsfasen. Kernen til IED ligger i den tidlige inddragelse og burde være en naturlig del af alle traditionelle projekteringsforløb.

Integreret design er en del af mange af arkitekt-, bygningsingeniør- og konstruktøruddannelserne. Der er også en række efteruddannelseskurser i IED og DANVAK har en separat faggruppe om IED.

Mange større rådgivere kan i dag deltage i integreret design af bygninger og installationer og har personer med særlig indsigt i integreret energi design.

4.2 Indregulering og afprøvning

Bygningsreglementet stiller krav om at (referencer er til BR10):

- Installationer skal udføres, så de medfører sundhedsmæssigt tilfredsstillende forhold. (8.1 stk. 6)
- Installationer skal udføres, så unødvendigt energiforbrug undgås. (8.1 stk. 8)
- Varmeanlæg skal udføres forsvarligt ud fra sikkerhedsmæssige, energimæssige og indeklimateæssige hensyn. (8.2 stk. 1)
- Varmeanlæg skal dimensioneres og udføres, så energioekonomisk drift opnås. Komponenternes type, størrelse og funktion skal passe sammen og skal tilpasses bygningens dimensionerende varmetab og forbrugets variation over året. Det skal endvidere sikres, at der ikke sker samtidig køling og opvarmning i samme rum. (8.2 stk. 5)
- Ventilationssystemer skal udføres forsvarligt ud fra sikkerhedsmæssige, energimæssige og indeklimateæssige hensyn. (8.3 stk. 1)
- De indeklimaterelaterede ventilationsbestemmelser fremgår af kap. 6. (Vejledning til 8.3 stk. 1)
- Bygninger skal opføres, så der under den tilsigtede brug af bygningerne i de rum, hvor personer opholder sig i længere tid, kan opretholdes et sundheds- og sikkerhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima. (6.1 stk. 1)
- Bygninger skal opføres, så der under den tilsigtede brug af bygningerne i de rum, hvor personer opholder sig i længere tid, kan opretholdes sundhedsmæssigt tilfredsstillende temperaturer under hensyn til den menneskelige aktivitet i rummene. (6.2 stk. 1)
- Bygninger skal ventileres. Ventilationssystemer skal projekteres, udføres, drives og vedligeholdes, så de i benyttelsestiden mindst yder de tilsigtede ydelser. (6.3.1.1 stk. 1)

Bygningsreglementet stiller således en række overordnede krav for at opnå velfungerende anlæg. Dette burde logisk medføre, at der foretages indregulering og afprøvning af anlæggene.

Bygningsreglementet stiller desuden specifikt krav om at ventilationsanlæg skal projekteres, udføres, indreguleres og afleveres som anvist i DS 447 *Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer* (Dansk Standard, 2013b). Af vejledningsteksten i bygningsreglementet fremgår at kravet også gælder ved etablering af ventilationsanlæg i eksisterende bygninger og ved renovering af anlæg, samt at kravene til ventilationsanlæg også gælder i enfamiliehuse.

I DS 447: 2013 er der i afsnit 6.3 Tæthedsprøvning, indregulering og aflevering følgende krav om indregulering og aflevering af mekaniske ventilations-systemer:

Indregulering

- Ventilationsanlægget skal indreguleres, så anlægget yder de nominelle luftstrømme inden for de specificerede tolerancer.
- Indreguleringen skal udføres, således at tryktabet i anlægget bliver mindst muligt.
- I forbindelse med indreguleringen udfærdiges en indreguleringsrapport med angivelse af målepunkter.

Aflevering

- I forbindelse med afleveringen skal det eftervises, at anlægget er udført og fungerer i overensstemmelse med de krav, der er gældende på afleveringstidspunktet, herunder anlæggets energieffektivitet.
- Målinger af luftstrømme skal ske ved en referencetilstand.
- I forbindelse med afprøvningen udfærdiges en afprøvningsrapport, som skal indeholde de målte værdier med angivelse af målemetoder, måleinstrumenter og den sandsynlige målefejl. Alle setpunkter skal være anført i afprøvningsrapporten.
- Anlæggets virkemåde skal være beskrevet på dansk i et sprog rettet mod driftspersonalet.
- Drifts- og vedligeholdelsesinstruktionen er en del af afleveringen og instruktionen skal foreligge ved afleveringen.
- Der skal foreligge verificerede testresultater, der specifikt dokumenterer de leverede varmegenvindere's temperaturvirkningsgrad.

I afsnit 7.3 Indregulering og aflevering står der specifikt om naturlige ventilationssystemer:

Indregulering

- Det naturlige ventilationssystem skal indreguleres så systemet yder det foreskrevne indeklima for de beskrevne driftsstrategier.

Aflevering

- I forbindelse med afleveringen skal det eftervises og dokumenteres, at systemet er udført og fungerer i overensstemmelse med de krav, der er gældende på afleveringstidspunktet.
- Dokumentationen skal som minimum omfatte funktionstest ved aflevering af bygningen. For automatiske systemer skal der desuden afleveres dokumentation for indregulering af alle de væsentligste driftstilstande.
- Der skal foreligge en fyldestgørende drifts- og vedligeholdelsesinstruktion på dansk samt en detaljeret systembeskrivelse af ventilationssystemet. Der skal desuden foreligge en letforståelig vejledning til brugerne, om hvordan ventilationsanlægget fungerer, samt forslag til hvad de kan gøre for at få opfyldt deres indeklimabehov.

Bygningsreglementet stiller også krav om at varme- og køleanlæg skal dimensioneres, udformes, styres, udføres og driftes som anvist i DS 469 *Varme- og køleanlæg i bygninger (Dansk Standard, 2013a)*.

I DS 469: 2013 er der i kapitel 14 Udførelse krav om at varme- og køleanlæg udføres på en sådan måde, at de fastlagte ydeevner, egenskaber og udformninger er til stede. Det omfatter blandt andet i afsnit 14.7 krav om indregulering af anlæggene:

- Varme- og køleanlæg indreguleres, så de forudsatte værdier og tolerancer for vandstrømme, luftstrømme, tryk og temperaturer er til stede.

- Indreguleringen skal omfatte: indregulering af vandstrømme herunder indstilling af forindstillingsventiler, indregulering af luftstrømme, indregulering af automatiske reguleringsystemer samt indstilling af tidsstyring, temperaturstyring og lignende
- Vandstrømme fra hovedanlæg og blandearrangementer samt gennem ventilationsflader indreguleres til en tolerance på 15 %. Vandstrømme i delsystemer fx. fordelingsledninger og stigstrengene indreguleres til en tolerance på 25 %.
- Automatiske reguleringsystemer indreguleres så reguleringsystemet er stabilt og alle størrelser holder sig inden for det ønskede område. Ved indreguleringen skal der tages hensyn til forventelige variationer i belastning og forsyning.
- Indreguleringen og resultatet af indreguleringen skal dokumenteres skriftligt inklusive angivelse af alle indstillingsværdier.

Desuden er der i DS 469 kapitel 15 også krav om vejledninger:

- For varme- og køleanlæg skal der foreligge en vejledning for brug, drift og vedligehold på dansk. Vejledningen skal foreligge ved ibrugtagning af det færdige anlæg. Vejledningerne udformes, så de er tilstrækkelige uden supplerende information. Vejledninger skal være i overensstemmelse med leverandørernes forskrifter vedrørende komponenternes drift og vedligehold.
- Brugervejledningen skal indeholde anvisninger om indstilling af styring og regulering, af anlægget og det termiske indeklima i bygningen og de enkelte rum, samt anvisninger om energiøkonomisk drift.
- Driftsvejledningen skal indeholde en udførlig beskrivelse af anlæggets funktion og af de driftsparametre, der er forudsat for normal drift. Vejledningen skal desuden indeholde: driftskontrolrutiner (fx kontrol af energiforbrug, temperaturer og tryk), beskrivelse af udluftningsprocedure og lignende, justering af styrings- og reguleringsanlæg samt beskrivelse af proceduren ved driftstop, uheld og reparationer. I tilknytning til driftsvejledningen skal der foreligge et komplet sæt ajourførte tegninger over anlægget.
- Vedligeholdelsesvejledning skal bl.a. indeholde: vedligeholdelsesrutiner, fejlfindingsvejledning, reparations- og udskiftningsvejledning samt komponentspecifikationer.

Der er også i DS 469 kapitel 16 Kontrol og afprøvning krav om:

- Kontrol skal ske i et sådant omfang og på en sådan måde, at der er en tilstrækkelig sikkerhed for, at standardens krav er opfyldt. Kontrol foretages på et sådant tidspunkt, at fejl og mangler kan udbedres uden væsentlige ulemper.
- Resultatet af den gennemførte kontrol skal dokumenteres skriftligt over for bygherren eller bygherrens repræsentant. Hvis kontrollen påviser fejl og mangler, skal kontrol gentages, efter at de konstaterede fejl og mangler er udbedret.
- Indreguleringen af vand- og luftstrømme samt automatik skal kontrolleres. Kontrollen kan være af dokumentationen for indregulering udført i henhold til afsnit 14.7.
- Som supplement til kontrol af dokumentation for indreguleringen kan der udføres stikprøvekontrol på anlægget. Hvis dokumentationen for indreguleringen er mangelfuld, skal der altid udføres stikprøvekontrol.
- Stikprøvekontrollen omfatter måling og registrering af udvalgte værdier fx.: vandstrømme, luftstrømme, reguleringsstabilitet, temperaturindstillinger samt tidsindstillinger.
- Rumtermostaters sammenhæng med rummene kontrolleres.
- Anordninger til sikring mod ulykker og skader skal kontrolleres.

4.3 Energimåling

I *Bekendtgørelse om individuel måling af el, gas, vand, varme og køling* (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014) er det angivet, hvilke krav der er til afregningsmålere. Bekendtgørelsen kræver bl.a. at:

- I nybyggeri og i bestående bebyggelse skal der installeres målere til måling af forbruget af el i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed.
- I nybyggeri og ved nyinstallation af gasinstallation i bestående bebyggelse skal der installeres målere til måling af forbruget af gas i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed.
- I nybyggeri skal der installeres målere til måling af forbruget af koldt vand fra almen vandforsyning på ejendomsniveau. I nybyggeri skal vandinstallationen endvidere forberedes til installation af målere til måling af forbruget af koldt vand i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed.
- I bestående bebyggelse skal der ved nyinstallation af vandinstallationen i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed forberedes installation af målere til måling af forbruget af koldt vand fra vandleverandøren i enheden.
- I nybyggeri og ved nyinstallation af vandinstallationen i bestående bebyggelse skal der installeres målere til måling af forbruget af varmt vand i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed.
- I bestående bebyggelse skal der inden den 31. december 2016 installeres målere til måling af forbruget af varmt vand i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed, hvis det er teknisk gennemførligt og omkostningseffektivt.
- I ejendomme med flere bolig- eller erhvervsenheder skal der installeres målere til måling af forbruget af varmt vand for varmtvandsinstallationen som helhed.
- I nybyggeri og ved nyinstallation af varme anlæg i bestående bebyggelse skal der installeres varmeenergimålere til måling af forbruget af varme i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed.
- I bestående bebyggelse skal der installeres varmeenergimålere eller varmfordelingsmålere til måling af forbruget af varme i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed.
- I bestående bebyggelse skal der ved udskiftning af målere eller målersystem installeres varmeenergimålere fremfor varmfordelingsmålere, hvis det er teknisk gennemførligt og omkostningseffektivt.
- I nybyggeri og ved nyinstallation af køleanlæg i bestående bebyggelse skal der installeres målere til måling af forbruget af køling i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed.
- I bestående bebyggelse skal der inden den 31. december 2016 installeres målere til måling af forbruget af køling i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed, hvis det er teknisk gennemførligt og omkostningseffektivt.
- I ejendomme med flere bolig- eller erhvervsenheder kølet med fjernkøling og i kølecentraler, der betjener flere bygninger, skal der installeres målere til afregningsmåling af forbruget af køling på leveringsstedet.

Målerbekendtgørelsen sikre således, at den enkelte ejer eller lejer kommer til at betale for sit eget individuelle energiforbrug.

Bygningsreglementet indeholder desuden nogle bestemmelser, som skal sikre, at større energiforbrug i en bygning kan fordeles på forbrugstype og anvendelsessted. Bygningsreglementet stiller bl.a. krav om at:

- Ventilationsanlæg, hvor elforbruget til ventilatorer overstiger 3.000 kWh pr. år, skal forsynes med målere til måling af elforbruget. Bestemmelsen gælder ved nybyggeri og ved nyinstallation i bestående byggeri. (8.3 stk. 14)

- I ventilationsanlæg, hvor varmekonsumet til varmeoverflader overstiger 10.000 kWh pr. år, skal varmekonsumet måles. Elforbruget i elvarmeoverflader, hvor det samlede forbrug overstiger 3.000 kWh pr. år, skal måles. Bestemmelserne gælder ved nybyggeri og ved nyinstallation i bestående byggeri. (8.3 stk. 15)
- Elforbruget i varmepumper og køleanlæg, der har et årligt elforbrug på mere end 3.000 kWh, skal måles. Eventuel elpatron forsynes med time-tæller eller elmåler. Bestemmelsen gælder for nybyggeri og ved nyinstallation i eksisterende byggeri. (8.6.4 stk. 9)
- Det samlede forbrug af varme til opvarmning og cirkulation af varmt vand skal måles, hvis varmekonsumet til opvarmning og cirkulation af varmt vand overstiger 10.000 kWh pr. år. Bestemmelsen gælder ved nybyggeri og ved nyinstallation i bestående byggeri. (8.4.2.2 stk. 5)
- Indrettes serverrum i en bygning, skal elforbruget til servere måles. Tilsvarende skal elforbrug eller køleledning til køling af serverrummet måles. Bestemmelserne gælder ved nybyggeri. (8.1 stk. 13)

4.4 Performancetest

Bygningsstyrelsen har ultimo 2014 udarbejdet en metodik til Performance tests før AB-aflevering af Styring og regulering. Baggrunden for udviklingen af performancetesten er, at både nybyggerier og renoveringer alt for ofte bliver afleveret med et energiforbrug, der er langt fra den energiramme eller de besparelser, der blev beregnet.

Denne problematik vil Bygningsstyrelsen bidrage til at løse med den nyudviklede performancetest, der tester energiforbruget. Bygningsstyrelsen har afprøvet performancetest konceptet i en række udbud af nybyggerier samt i ex-post undersøgelser af nogle allerede afleverede byggerier i energiramme 2015. Bygningsstyrelsen vurderer, at performancetest konceptet er så robust, at det kan anvendes bredt.

En af performancetestens klare styrker er, at den adskiller det bygningsmæssige og det adfærdsbestemte/brugerafhængige energiforbrug ved at fokusere på energieffektivitet. Performancetesten definerer også, hvornår et byggeri bliver opfattet som færdigt og afleveret, nemlig når testen er bestået. Brug af testen stiller ikke nye krav, men præciserer, hvordan kravene overholdes. Kravene fra bygherre bliver derved klarere formuleret og mere gennemsigtige.

Performancetesten skal i nogen udstrækning tilpasses det konkrete byggeri. I beskrivelsen af performancetesten er det nærmere beskrevet, hvordan tilpasningen skal udføres. Af beskrivelsen fremgår det bl.a. at:

- Den projektspecifikke tilretning af performance tests opstartes i byggeprogramfasen og afsluttes i hovedprojektet.
- Der skal sikres en sammenhæng mellem Bips beskrivelsesværktøj B. X.400, arbejdsbeskrivelser for installationsfagene og performancetesten, herunder at der skal tages stilling til hvilken entreprenør, der har ansvaret for systemintegration og samordnet slutkontrol.
- I hovedprojektet skal der fremlægges en plan for fagtilsyn, som bl.a. omfatter aktiviteter relateret til godkendelse af entreprenørers egenkontrol og indregulering samt aktiviteter relateret til deltagelse i performance tests.
- Byggeriets tekniske driftsorganisation skal inddrages i dialogen om omfanget og indholdet af de enkelte performance tests.

- Performance tests ikke kræver supplerende ydelser fra rådgiver, men angiver metoder for, at bygningen på tidspunktet for AB-aflevering lever op til de stillede krav.
- Værdi af ikke-bestået test fastlægges som procentsatser af installationsentreprisen og af bygningsautomatikentreprisen.
- Performance tests hverken helt eller delvist erstatter nogle af de tests, der er beskrevet i Bips beskrivelsesværktøjer.

Bygningsstyrelsen har i forbindelse med afleveringen af et byggeri i 2014 benyttet principperne i Performancetesten til at kontrollere bygningens energieffektivitet i forhold til data angivet i energirammeberegningen for bygningen. Resultaterne fra dette ser lovende ud i forhold til muligheden for en bygherre til at kontrollere den faktiske energieffektivitet for den bygning han modtager.

4.5 Bygningens energieffektivitet

Bygningsreglementet stiller krav til bygningens energieffektivitet og ikke til det faktiske energiforbrug. Det er også det en bygherre kan stille krav til hos sine leverandører. Der kan derfor være behov for at kunne skille bygningens energieffektivitet fra brugen og brugernes indflydelse på det faktiske energiforbrug i bygningen.

I InnoBYG regi er der i 2014 udgivet *Branchevejledning for energiberegninger*, som sigter på at kunne håndtere både bygningen og brugernes indflydelse på det faktiske energiforbrug i bygningen. Vejledningen er rettet mod renovering af eksisterende bygninger, men princippet kan også anvendes på nybyggeri. I forbindelse med nybyggeri vil der i relation til kontrol af bygningens energieffektivitet primært være behov for at neutralisere betydningen af brugens og brugernes indflydelse på energiforbruget.. I den forbindelse vil det være en fordel med flest mulige delmålinger fx af rumopvarmning, varmt brugsvand, ventilation, belysning mv.

4.6 Energistyring og energiledelse

Energistyring senere kaldt energiledelse er en systematisk metode, som ved kontrol og overvågning sikrer en effektiv drift af energiforbrugende anlæg. Princippet i energistyring blev udviklet tilbage i 1980'erne, se fx SBI-rapport 117: *Et system for energioekonomisk drift i større bygninger* (Statens Byggeforskningsinstitut, 1982). Energistyring og energiledelse er nærmere beskrevet fx i *Energihåndbogen* fra Foreningen for Energi og Miljø i 2002 og i en pjeces fra Energistyrelsen i 2013 om energiledelse i stat og kommuner. Ifølge pjecen fra Energistyrelsen viser erfaringer, at de fleste virksomheder kan reducere deres energiforbrug med 15-30 % ved at indføre energiledelse.

Energistyring skal bl.a. klarlægge:

- Hvor meget energi bruges?
- Hvad bliver energien brugt til?
- Hvor effektivt udnyttes energien?
- Hvor meget kan energiforbruget reduceres?

Energistyring er:

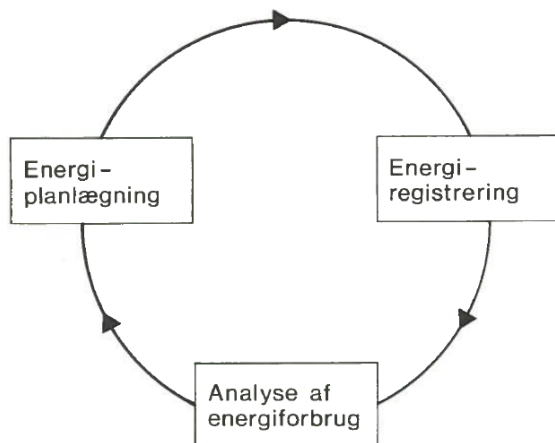
- Et middel til opnåelse af lavest mulig energiforbrug og tilhørende driftsomkostninger
- Et middel til at fastholde opnåede energibesparelser
- Energibesparende i kraft af øget opmærksomhed

- Et middel til at afdække nye muligheder for at effektivisere energiforbruget

Energistyring består af følgende faser:

- Registrering af energiforbrug og parametre/faktorer som har betydning for energiforbruget. ("Ser", hvor energien bruges).
- Beregning og sammenligning af registreret forbrug samt nøgletalsdannelse. (Tænke).
- Analyse og vurdering af registrerede data og af nøgletal og sammenligning med allerede kendte nøgle- og referencetal. (Beslutte energieffektivisering).
- Fejlretning og energieffektivisering.
- Status og budgetlægning af energiforbrug for det kommende år. (Handle og gennemføre).

Et vigtigt element for at kunne arbejde med energistyring er, at der gennemføres en kortlægning af energiforbrugende anlæg og udstyr. Herved fås et godt overblik over, hvor energien anvendes og hvor meget. Kortlægningen skal danne baggrund for valg af målepunkter og nøgletal, som anvendes i energistyringen.



Figur med energistyringscirklen i SBI-rapport 117 fra 1982.

Energistyringsprocessen udføres i reglen med et fast tidsinterval eller efter faste definerede procescykler. Især har energistyringscirklen tre faser, der er evigt tilbagevendende:

- Registrering
- Analyse
- Budget.

Normalt kommer man cirklen rundt på et år med en årlig statusopgørelse.

Data registreres og analyseres i faste tidsintervaller på en dag, en uge, en måned eller lign. afhængigt af de tekniske muligheder for registrering og det ønskede detaljeringniveau. Den daglige energistyring består i, at det under registreringsfasen jævnlige tjekkes, at de registrerede data og beregnede nøgletal stemmer overens med budgetterne.

Ved status – efter hvert gennemløb – skal det være muligt at forklare energiforbruget ud fra sammenhængen med registrerede forhold. For større afvigelser bør der kunne findes en sandsynlig forklaring.

I SBI 2008-15 *Miljøstyret bygningsdrift i danske boligejendomme under forskellige ejerformer* (Statens Byggeforskningsinstitut, 2008) konstateres det at miljøhensyn i bygningsdriften kan blive meget bedre. I alt for mange tilfælde bliver hensynet til miljøet ikke tænkt ind i bygningsdriften. Metoderne ligger ellers lige til højrebænet, og de har hurtigt tjent sig ind. Alligevel bruger man i alt for mange tilfælde ikke de oplagte løsninger og fremgangsmåder for at bringe ressourceforbruget ned i den daglige drift og vedligeholdelse af landets boligejendomme.

Undersøgelsen viste en betragtelig overvægt af boligforeninger og -ejendomme, der ikke har tænkt miljøet ind i ejendomsdriften. Ret overraskende var en af årsagerne, at man ikke ved hvordan man gør, man kender ikke til styringsmidlerne og de tekniske løsninger.

Eksempelvis mener lidt over 40 pct. af de almene administratorer, at energistyring bruges i flertallet af deres ejendomme, mens kun 10 pct. af de private administratorer mener, at energistyring blev brugt i flertallet af deres ejendomme. Og al erfaring viser, at hvis energiforbruget ikke overvåges, stiger det støt og roligt. Hvis man i driften f.eks. benytter individuel forbrugsmåling sammen med energistyring og grønne regnskaber, kan man ofte opnå store besparelser på vand- eller energiforbruget. Et eksempel er Vejleåparken i Ishøj, der med energistyring og individuel måling over en længere periode har reduceret varmekonsumet med 28 pct. Der er også boligselskaber som KAB, der med en flerstrengt og langsigtet indsats har reduceret varmekonsumet med i gennemsnit 15 pct. i samtlige af selskabets boliger.

5 Diskussion og anbefalinger

Det er ikke umiddelbart indlysende og dokumenteret med den eksisterende viden, at det vil være rimeligt i Bygningsreglementet eller anden lovgivning direkte at stille krav om commissioning i forbindelse med nybyggeri eller fx større ombygninger.

Dels er der for lille evidens i de eksisterende undersøgelser, og dels er der problemer med en god og sikker reference for sammenligningen af bygninger med og uden commissioning. Hvis man skal indføre krav om commissioning i fx de større og mere komplicerede bygninger, vil det være nødvendigt at vide, hvad man får ud af det både i forhold til andre mulige tiltag og i forhold til at gøre ingenting, herunder blot at sikre at allerede eksisterende krav i byggeslovgivningen bliver fulgt.

Der er allerede en række elementer i bygningsreglementet, som kan medvirke til at opnå noget af det samme, som der kan opnås med commissioning. Det drejer sig fx om krav om indregulering og afprøvning, krav om målere samt krav om drifts- og vedligeholdelsesvejledninger. Det er ikke umiddelbart klart i hvilken udstrækning disse krav bliver fulgt i byggeriet. Meget kunne måske opnås alene ved at sikre det. Det vil også i høj grad kunne være i bygherrens interesse og kunne udføres uden ekstraomkostninger for dem.

Bygningsreglementet kan ikke stille krav til projekteringsmetoden eller til den efterfølgende drift af bygningen. Tilsyneladende breder principperne i integreret design sig også af sig selv i branchen alene for at kunne opfylde energikravene i bygningsreglementet på en hensigtsmæssig måde. Eventuelle nye krav eller fokusområder i bygningsreglementet vil formodentlig blive optaget som en del af denne proces.

Selv om Bygningsreglementet ikke kan stille krav til den efterfølgende drift, kan det godt give mening at stille krav om tilstedeværelsen af planerne for den efterfølgende drift og vedligeholdelse af anlæggene, når bygningen tages i brug. Sådanne planer kan medvirke til at implementere en hensigtsmæssig energiledelse og udnyttelse af de krævede målere.

5.1 Anbefalinger

Baseret på overvejelserne i det foregående anbefales det, at der i bygningsreglementet indføres et specifikt krav om dokumentation for funktionsafprøvningen af installationerne ved ibrugtagning af en bygning. For så vidt vil det ikke være et nyt krav, men blot en tydeliggørelse af de krav der allerede findes fragmenteret rundt i bygningsreglementet og de tilknyttede standarder. Det specifikke krav om dokumentation for funktionsafprøvningen kan eventuelt være begrænset til byggeri 2020, for at få en blidere introduktion af det og mulighed for at opsamle erfaringer inden det bliver et krav for alt byggeri. Der er ikke umiddelbart nogen grund til at begrænse dette krav til større eller komplicerede bygninger, da omfanget af det vil skalere sig med bygningernes størrelse og kompleksiteten af installationerne.

Af vejledningen til kravet kan det fremgå, at det kan fx opfyldes med en performancetest eller ved commissioning.

Desuden anbefales det, at der stilles krav om udarbejdelse af en plan for vedligeholdelse og driftskontrol af installationerne, som er baseret på de målere, der faktisk skal installeres i bygningen. Både vedligeholdelsen og driftskontrollen skal være specifik i forhold til det konkrete byggeri. Gennemførelse af en systematisk plan for vedligeholdelse og driftskontrol vil kunne give betydelig energibesparelser og forbedret indeklima i bygningerne, svarende til det der opnås med energiledelse. Bygningsreglementet vil ikke kunne kræve, at planen skal følges, men det vil være økonomisk og funktionsmæssigt attraktivt for bygningsejeren at gøre det. Meromkostningen til at udarbejde en vedligeholdelses og driftsplan, som også inkluderer driftskontrol med anvendelse af de installerede målere vil være minimal i forhold til de opnåede energibesparelser.

Det bør også overvejes om kravene til indregulering og afprøvning samt til målere kan gøres mere præsent ved at samle dem et sted i bygningsreglementet.

For at opnå fuld effekt af nye krav vil det nok være nødvendigt med en separat vejledning på området. Vejledningen bør indeholde eksempler på indregulering, afprøvning og plan for driftskontrol i både mindre bygninger som parcelhuse og i større, mere komplicerede bygninger.

Litteratur

- Ágústsson, R.Ö. (2010). *Building Commissioning. Advantages and disadvantages of the process and how it has been applied in Denmark*. Master thesis in Civil Engineering. Lyngby: DTU-Management.
- Ágústsson, R.Ö., Jensen, P.A. (2011). *Commissioning: En metode til drifts-optimering af bygninger*. FM Update, nr. 10, side 12-15.
- ASHRAE (2013a). *Commissioning Process for Buildings and Systems (Standard 202-2013)*. Atlanta.
- ASHRAE (2013b). *The Commissioning Process (Guideline 0-2013)*. Atlanta.
- Bygherreforeningen. (2015). *Commissioning-processen for bygherre (kursus)*. København.
- Bygningsstyrelsen. (2014). *Performance tests før AB-aflevering. Styring og regulering*. København.
- CIBSE (2003). *Commissioning Code M: Commissioning Management*. London.
- Dansk Standard. (2013a). *Varme- og køleanlæg i bygninger (DS 469:2013)*. Charlottenlund.
- Dansk Standard. (2013b). *Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer (DS 447:2013)*. Charlottenlund.
- Dansk Standard. (2014). *Commissioning-processen til bygninger – Installationer i nybyggeri og større ombygninger (DS 3090:2014)*. Charlottenlund.
- Energistyrelsen. (2013). *Kom let i gang med Energiledelse. Stat og kommuner*. København.
- Energistyrelsen. (2014). *Strategi for energirenovering af bygninger. Vejen til energieffektive bygninger i fremtidens Danmark*. København.
- Energistyrelsen. (2015). *Bygningsreglement 2015. Høringsudkast*. København.
- Erhvervs- og byggestyrelsen. (2010). *Bekendtgørelse om offentliggørelse af bygningsreglementet 2010 (BR10) (BEK nr. 810 af 28/6/2010) med ændringer*. København.
- Foreningen af Rådgivende Ingeniører, Danske Arkitektvirksomheder, Bygherreforeningen (2013). *Ydelsesbeskrivelser for Bygherrerådgivning 2013. Revisionsnotat*.
- Foreningen for Energi og Miljø. (2002). *Energihåndbogen – med råd og vejledning*. Virum.

Friedman, H., Claridge, D., Choinière, D., Ferretti, N.M. (ed). (2010). Commissioning Cost-Benefit and Persistence of Savings. ANNEX 47, Report 3. Energy Conservation in Buildings and Community Systems.

Gaardsted, M., Kamper, S., Høibjerg, J. (2009). *Integreret Energidesign – IED. Design og Metodebeskrivelse*. Esbensen Rådgivende Ingeniører A/S og Henning Larsen Architects. Nordisk InnovationsCenter.

Green Building Council Denmark. (2014). *DGNB System Denmark. Dansk Bæredygtighedscertificering. Kategori: Kontorbygninger. Version 2014 1.1*. Frederiksberg.

InnoBYG. (2014). *Branchevejledning for energiberegninger*. Taastrup

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet. (2014). *Bekendtgørelse om individuel måling af el, gas, vand, varme og køling*. BEK nr. 563 af 02/06/2014. København,

Mills, E. (2009). *Building Commissioning. A Golden Opportunity for Reducing Energy Costs and Greenhouse Gas Emissions*. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Statens Byggeforskningsinstitut. (1982). *Et system for energiøkonomisk drift i større bygninger* (SBI-rapport 117). Hørsholm.

Statens Byggeforskningsinstitut. (2008). *Miljøstyret bygningsdrift i danske boligejendomme – under forskellige ejerformer* (SBI 2008:15). Hørsholm.

Visier, J.C. (ed). (2004). *Commissioning tools for improved energy performance. Results of IEA ECBCS ANNEX 40*. Energy Conservation in Buildings and Community Systems.

Værdibyg (2013). *Commissioning-processen*. København.

Der er risiko for et stort energispild, hvis de tekniske installationer i en bygning ikke er indstillet korrekt, og derfor ikke arbejder sammen.

Som led i Energistyrelsen Strategi for energireno-
vering af bygninger, undersøger denne rapport, om
det er hensigtsmæssigt at indføre krav om anven-
delse af commissioning efter standarden DS 3090,
som beskriver hvordan det dokumenteres, at en
bygning tekniske installationer er energieffektive.

Rapporten beskriver erfaringer med commissio-
ning og hvilke andre metoder, der er på området.
Den afdækker gevinster ved commissioning i for-
bindelse med nybyggeri, og hvilke omkostninger
der forventes at blive pålagt ved implementering af
et krav. Desuden kommer rapporten med anbefa-
linger til, hvilke krav der kan stilles til afprøvning,
vedligeholdelse og driftskontrol af installationer før
en ny bygning tages i brug.

1. udgave, 2015
ISBN 978-87-563-1741-2