

## 4. COMMISSIONING

---

*Esben Rosleff Bækmark, Maskinmester*

*Sweco FM - Cx.*

[Esben.bakmark@sweco.dk](mailto:Esben.bakmark@sweco.dk)

[erbaekmark@gmail.com](mailto:erbaekmark@gmail.com)

*Afsnittet "Commissioning" giver en beskrivelse og introduktion til Commissioning, herunder i forhold til processen og aktiviteter i byggeprocessen, normgrundlag og danske erfaringer på området.*

## 4.1. Indhold

4. COMISSIONING .....	1
4.1. Indhold .....	2
4.2. Nomenklatur.....	3
4.3. Commissioning i dansk byggeri.....	4
Normativ commissioning efter DS 3090 .....	5
Hvorfor udføre commissioning?.....	7
4.4. Byggeriets parter, faser og kvalitetssikring.....	12
Byggeprocessen .....	14
Kvalitetssikring i byggeriet .....	16
4.5. Maskinmesterens arbejde med Cx.....	17
4.6. Commissioningprocessens effekt.....	19
4.7. Lovgivning & vejledninger .....	21
4.8. Litteraturfortegnelse .....	25
4.9. Bilag 1 .....	27
4.10. Bilag 2.....	28
4.11. Bilag 3.....	29
4.12. Bilag 4.....	30
Udpluk fra Revision af BR15, per 1. juli 2017.....	30
4.13. Bilag 5.....	31
Udpluk af BR18, per 1. jan. 2018.....	31

## 4.2. Nomenklatur

AT	Arbejdstilsynet
BH	Bygherre
BHR	Bygherrerådgiver
BIPS	Foreningen <i>Byggeri - informationsteknologi - produktivitet - samarbejde</i>
BL	Byggeledelse / Byggeleder
BR15	Bygningsreglementet 2015
BYGST	Bygningsstyrelsen
Cx	Commissioning
DBI	Dansk Brandteknisk Institut
DH	Driftsherre
D&V	Drift og Vedligehold
F.R.I.	Foreningens af Rådgivende Ingeniører
FT	Fagtilsyn
HE	Hovedentreprenør
KLS	Kvalitets Ledelses System
KS	Kvalitetssikring
SBI	Statens Byggeforsknings Institut
TBB-styrelsen	En forkortelse af Trafik-, bolig- og byggestyrelsen
TR	Totalrådgiver
TE	Totalentreprenør
UR	Underrådgiver

### 4.3. Commissioning i dansk byggeri

#### Commissioning er:

**IAE<sup>1</sup>:** ” *A quality-oriented process for achieving, verifying and documenting whether the performance of a building’s systems and assemblies meet defined objectives and criteria.* ”

Commissioning-processen til bygninger er en kvalitetsstyringsproces, der udføres for at opnå, verificere og dokumentere, at en bygnings anlæg, installationer og systemer er planlagt, projekteret, installeret og testet, samt at de bliver betjent og vedligeholdt, så de lever op til krav om totaløkonomi, krav i bygningsreglementet og anden lovgivning samt bygherrens klart definerede krav. Dermed vil commissioning-processen fortsætte i hele byggeriets levetid, således at driftspersonalet løbende følger op på opfyldelse af commissioning-krav. Dette skitseres i en plan for fortløbende commissioning.

*Figur 4-1 s. 7 DS 3090:2014 Citat fra Indledningen*

Af ovenstående ses det at Cx er en kvalitetsstyringsproces med fokus på helhedstækning i byggeprocessen, opfyldelse af krav fra bygherren og lovgivningen, samt bygningens totaløkonomi. Commissioningprocessens formål er at sikre optimal drift af bygningen fra dag ét, efter AB92 afleveringen. Cx skal sikre at bygherrens funktionskrav til bygningen overholdes, og at bygningen drifter som projekteret. Jf. BR15, er bygherren ansvarlig for lovgivning og krav til byggeriet, hvorfor Cx-processen er bygherrens valg og redskab. Da det er bygherren der betaler for Cx arbejdet, bestemmer denne også omfanget af Cx-processen. Derfor kan en Cx-proces variere kraftigt fra byggeri til byggeri.

Der er tre varianter af Cx:

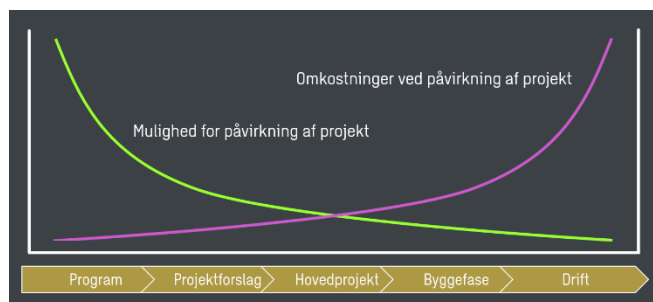
- Commissioning af nybyggeri
- Retro-commissioning af eksisterende byggeri, der ikke tidligere har gennemgået en Commissioningproces
- Re-commissioning af et eksisterende byggeri, der tidligere har været gennem en Commissioningproces

Commissioningprocessen til bygninger er defineret af det Internationale Energi Agentur, IEA, og beskrevet i Dansk Standard DS 3090. Standarden er en processtandard, der stiller krav til aktiviteter og dokumenter, mens omfanget defineres af BH.

Commissioningprocessen er obligatorisk og/eller pointgivende i forbindelse med bæredygtighedscertificering af bygninger, fx BREEAM, DGNB eller LEED.

---

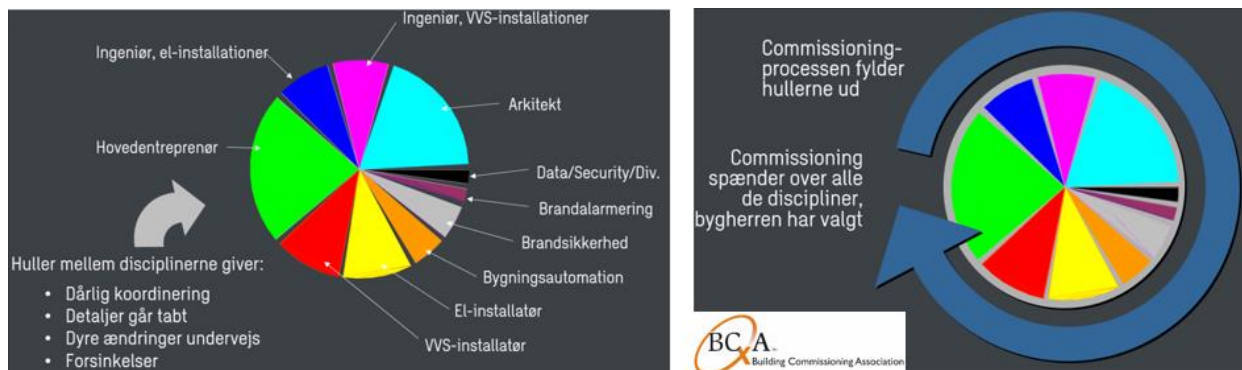
<sup>1</sup> International Energy Agency: IEA Annex 47: *Cost-effective commissioning for existing and low energy buildings.*



Figur 4-2 Effektkurve over tid. Sweco FM - Cx.

Cx. starter før projekteringen, fortsætter gennem projekteringsfaserne og ind i driftsfasen. Ved at være med fra start, forbedres mulighederne for at tænke mål og samspil af installationer ind i byggeriet.

Cx-organisationen skal være uafhængig af projektering og udførelse. Den skal ikke advisere løsninger, men søge gennem dialog med de involverede parter, driftsorienteret granskninger og tværfaglige test, at sikre samspil mellem installationerne. Cx-processen overtager ingen funktioner fra rådgivere eller entreprenører, men kører sideløbende med byggeriets faser. Cx hjælper BH med at stille målbare krav og forfølger dem gennem alle faser. Cx-org. er bygherrens vagthund og BH udstikker Cx-arbejdets omfang. Da FRIs ydelsesbeskrivelse, ABR89 og AB92 ikke stiller konkrete krav til verificering af funktion og samspil på tværs af grænseflader, er dette et vigtigt indsatsområde for Cx.



Figur 4-3 Sweco FM Cx. & Building Commissioning Association

## Normativ commissioning efter DS 3090

Bilag 1 viser Anneks A fra DS 3090, en oversigt over aktiviteterne i den 'klassiske' Cx, opdelt i fem faser af byggeprojektet. Hver fase afsluttes med bygherrens accept. Endvidere viser bilag 2 Anneks B, en oversigt over de væsentligste dokumenter i Cx-processen. Af bilagene fremgår det, at DS 3090 er et værktøj, der adviserer en korrekt Cx-proces. Dette er fx modsat ISO 9001, som stiller krav til indsatsområder, uden at specificere metoden.

### Idé- og programfasen

Optimalt opstartes Cx aktiviteterne før entreprenører og andre aktører er involveret og har underskrevet aftalte leverancer.

I denne fase udpeges en Cx leder, Cx organisationen opbygges og Cx aktiviteterne defineres og afgrænses. Bygherrens krav til byggeriet opstilles og specificeres i forhold til Cx processen. Metoden her kan være workshops. Det vigtige er, at jo bedre stillede krav, jo mere præcise aftaler kan indgås med entreprenører. Og 'SMART'e krav kan verificeres.

Af de elleve hoveddokumenter oplistet i Bilag 2, er de fire første allerede udformet her. Både krav, plan og log bliver løbende opdateret. Det er en dynamisk proces, der løbende skal tilpasses ændrede vilkår og muligheder. Cx-loggen er logning af observationer, gjort ved granskninger, tilsyn, test m.m. Her beskrives alle relevante observationer, med ansvarlig person for næste aktion i relation til observationen. Loggen følges og refereres til gennem hele byggeriet.

### *Dispositions- og projektforslagsfase*

Her oprettes projektbasis, som er de projekterendes dokumentation af, og stillingstagning til, hvorledes cx krav opfyldes. De projekterende har ansvaret for udarbejdelse og vedligeholdelse af projektbasis. Projektbasis indgår så i Cx-organisationen og bygherrens granskninger af om alle krav og specifikationer opfyldes i forhold til det projekterede, sammen med observationer fra loggen. Granskningerne afrapporteres i en rapport.

Fasen afsluttes med opdatering af alle relevante dokumenter og accept fra bygherren.

### *Hovedprojektfasen*

I hovedprojektfasen færdiggøres byggeprojektet af de projekterende og Cx-organisation. Gransker det samlede og færdige projekt inden byggefasen. Det planlægges hvorledes entreprenører og leverandører involveres i projektet og der opstilles krav til udførelse, kvalitetssikring og test af installationer, samt krav til drift af det færdige byggeri.

Nu oprettes systemmanualen i forbindelse med specificeringer af formater på KS, D&V og dokumentation. Systemmanualen skal indeholde al nødvendig information til D&V af bygningens anlæg, systemer & installationer. Heri også dokumentation fra byggeriet, nødplaner og Cx-processen.

### *Byggefase*

I byggefasen bliver anlæg og systemer installeret, idriftsat, testet og verificeret iht. Cx krav. Bygherrens driftsorganisation deltager i undervisning. KS, D&V og anden materiale granskes af Cx-org. Erfaringsmæssigt er leverandørers entreprenørers KS og egenkontrol i udførelsen af meget svingende kvalitet. Derfor er KS et vigtigt granskningsområde.

Cx-org. opretter i denne fase undervisningsplaner, testparadigmer, testrapporter m.m. Systemmanualen afsluttes og en Cx-rapport udfærdiges for at afrapportere Cx processen fra start til og med byggefasen.

Byggefasen kan være hurtigt beskrevet, men flere af de fejl der er opstået under projektering og planlægning viser sig i denne proces. Forhåbentligt.

### *Driftsfase*

Bygningen testes nu under drift, bla. sæsonbetingede og belastningsbetingede tests hører under her. Derudover hører Cx-org.'s 10-måneders gennemgang, som optakt til 1-årgennemgangen med entreprenører også ind under denne fase. Det giver god mening for bygherren at der laves

en grundig gennemgang af anlæg, systemer og installationer inden entreprenørernes 1-års garanti udløber. Alle dokumenter opdateres, og loggen slutes og afleveres. Ideelt bør bygherre og driftsorganisation også acceptere fortløbende Cx. Hvis en bygning løbende trimmes og granskes i sin performance øges sikkerheden for at '50-års byggeriet' opnås, og at brugerne også har et tilfredsstillende arbejdsmiljø efter 10, 15 og 20 år.

## Hvorfor udføre commissioning?

I 2012 blev et byggeri<sup>2</sup> af et 6000 kvm domicil afleveret. Ifølge [www.byggeplads.dk](http://www.byggeplads.dk) var byggeprocessen god og resultatet var alle parter tilfredse med. Det rådgivende ingeniørfirma var specielt tilfredse med de tekniske løsninger, ”*alt var nøje gennemprøvet inden huset blev taget i brug*”. Huset fik en arkitektonisk pris.

Knap fire år efter blev en Cx-gruppe inviteret til at gennemgå indeklimaet. Konklusion:

Usund luft, dårlig opblanding, vekslende lufthastigheder i opholdszonen, lav udskiftning og alt for høje temperaturer ved direkte sol. Hele ventilationssystemet var CAV, selvom alle mødelokaler på 2. sal var lavet som VAV, hvilket gav vekslende trykforhold i hovedkanalerne. Systemets indregulering pendlede og mere. Udsugningen var opbygget uden kanaler over loft på etagerne, med bare en enkelt hovedåbning per fløj. Det gav træk gennem det åbne kontorlandskab.

Desuden skabte vinduernes opbygning en varmeeffekt. Udstående vindueskasser, beklædt med metal, skabte temperaturer indeni, målt op til 72°C. Den indvendige placering af solafskærmning i kassen, hjalp ikke mod strålingsvarmen. Den kom bare ind som konvektionsvarme i stedet for.

Projekteringsgrundlaget, indeklimate kat. A iht. DS 1752, var ikke opfyldt, og AT-regler blev overtrådt. Den driftsansvarliges bud lød på 50% tilfredse blandt de ansatte.

Anlægssummen var på 85 millioner. I dag er der budgetsat 25 millioner til udbedring og renovering af installationer, samt 8 millioner til nyt køleanlæg, i alt mere end 38% af den oprindelige sum!

August 2015, på et møde i bygherreforeningen, viste projektleder Thomas Rysgaard, bygningsstyrelsen, opgørelsen til højre.

AB92 afleveringens gennemgang opgjorde fejl og mangler til knapt en halv million. BYGSTs egne performance test viste til gengæld fejl og mangler til 14,7 mil.


BYGST påpeger her en vigtig mangel ved de nuværende aftaleformer. AB92 baserer sig på visuel aflevering, hvori funktionaliteten at tekniske installationer ikke indgår.

---

<sup>2</sup> Byggesagen er anonymiseret, da sagen sandsynligvis ender i voldgiftsretten.

**Et eksempel fra et afleveret byggeri**

- AB92 aflevering juni 2015
- Totalrådgiver:  
Kapitalisering af mangler i installationer: 434.500 kr.  
Alene visuelle registreringer.
- BYGST via performance test:  
Kapitalisering af mangler i installationsfag: 14.715.000 kr.  
CTS entreprise på ca. 65% fremdrift, væsentlige mangler, aflevering nægtet og dagbod iværksat.
- Entreprenørerne accepterede BYGST opgørelse over mangler og den afledte kapitalisering.


Bygherreforeningen 26. august 2015.

*Figur 4-4 Figur 4 Thomas Rysgaard, Bygningsstyrelsen*

De ovenstående eksempler er ikke enestående afvigelser i dansk byggeri. Alt for ofte afleveres byggerier, hvor de tekniske installationer ikke lever op til bygningsreglementets og bygherrens krav til indeklima og energiforbrug. På trods af skærpet lovgivning og krav, af grundige standarder, anvisninger og vejledninger er det ikke nødvendigvis normen at en bygning drifter optimalt fra dag ét.

Det er vurderet i 2014 af forskere fra Texas A&M University, Energy Systems Laboratory<sup>3</sup>, at op til 20% af energiforbruget i et gennemsnitligt kommercielt byggeri, er spild som følge af mangelfuld projektering, idriftsættelse eller vedligehold. Et driftsteam, der overtager en bygnings tekniske installationer, der er forkert projekteret eller mangelfuldt udført og indreguleret forkert, står overfor en svær opgave. Forudsætningen for at kunne drifte og vedligeholde de tekniske installationer på en driftsøkonomisk, sikker og miljømæssig måde skal findes i den forudgående byggeproces.

Cx-gruppen i den fornævnte byggesag, udførte en retro-commissioning af et byggeri, der ikke tidligere havde været igennem en Cx-proces. Kompetenceforudsætningen var anlægsforståelse og driftserfaringer og metoderne var bla. målinger af luftkvalitet og lufthastigheder i opholdszonen, trykmålinger i hovedkanaler og ved kølebafler, udlægning af temperatur- og CO2-loggere, termografering af vindueskasser og nøje iagttagelse og logning af BMS systemets trendkurver, setpunkter og indregulering. Luftens opblanding og transport blev filmet og dokumenteret vha. røg. Dertil kom granskning af anlægstegninger, projekteret såvel som 'as-build'. På den baggrund kunne bygningens drift og indeklima over en periode, dokumenteres. Denne viden blev holdt op imod det oprindelige projekteringsgrundlag, samt gældende lovkrav fra BR10 og AT. Konklusionerne blev afleveret i en rapport, og efterfølgende fremlagt og

<sup>3</sup> <http://www.neuralenergy.info/2009/06/continuous-commissioning.html>



gennemgået ved møder og fremvisning i lokalerne. Efter forhandlinger mellem bygherre, driftsherre og totalentreprenør, blev rapporten accepteret og i dag er en ombygning sat i gang.

I det her beskrevne, er der ikke noget, en maskinmester ikke allerede er bekendt med, måske bortset fra udtrykket 'granskning'.

Definition på granskning i byggeriet<sup>4</sup>:

- Granskning er en særlig kontrol af et projektmateriale, kendetegnet ved (BPS, 1988):  
'(...) en **dokumenteret, sammenhængende og systematisk gennemgang af et projekt for at vurdere projektets evne til at opfylde specificerede og underforståede krav, samt for at identificere problemer.**'

Dvs. gennem granskning af projektmateriale verificeres de projekterendes og udførendes valg og løsninger ift. bygherrens krav. Cx granskning er driftsorienteret, hvorimod en projekterende rådgiver eller en entreprenør udfører granskning ift. bygbarhed. En faglig relevant granskning kan udpege hvor projektets løsninger ikke giver de ønskede resultater, kan afsløre fejl og mangler i parternes egenkontrol eller påvise huller og grænseflade problematikker mellem forskellige virksomheder og løsninger. Fx at AIA og BMS ikke kan kommunikere sammen, eller at valget af materialer ikke er holdbart ift. de miljømæssige påvirkninger ventilationsanlægget udsættes for grundet placeringen på taget.

Resultatet af en Cx granskning er anbefalinger til afklaring, ikke løsninger. Den granskende parts opgave, er ikke at overtage andres arbejde, men at tilbyde et fagligt blik udefra, efter devisen:

*"De ventilationsanlæg der er placeret udendørs, er de egnet til denne placering? Kabinet isoleringen er kun 48 mm., hvilket er meget lidt i forhold hvordan man almindeligvis isolere kabinetter. Vil de konkrete ventilationskabinetter give den fornødne isoleringsgrad til at hindre unødigt varmetab og kondensdannelse ved dimensionerende udetemperatur, samt lever aggregaterne op til danske normer og lovgivning?"*

Her beskrives et muligt problem, men bolden gives videre til de projekterende.

SBI og FRI anbefaler ekstern granskning og kvalitetssikring<sup>5</sup> grundet bla. stadigt større tidspres, priskonkurrence og flere aktører i dagens byggeri, øger risikoen for fejl. I 2004 udgav Foreningen af Rådgivende Ingeniører (FRI) et arbejdspapir, der beskrev problemer og mangler i de rådgivende og projekterendes arbejde. Arbejdspapiret er anbefalelsesværdig læsning, og kan findes ved at følge linket nedenfor.

---

<sup>4</sup> <http://www.bsf.dk/media/1496/ekstern-granskning-af-byggeprojekter-1.pdf>

<sup>5</sup> <http://www.bsf.dk/media/1496/ekstern-granskning-af-byggeprojekter-1.pdf> & <http://www.frinet.dk/byggeri/fri-mener/fris-holdninger/forbedring-af-sikkerhed-og-kvalitet-i-byggeriet,-2004>

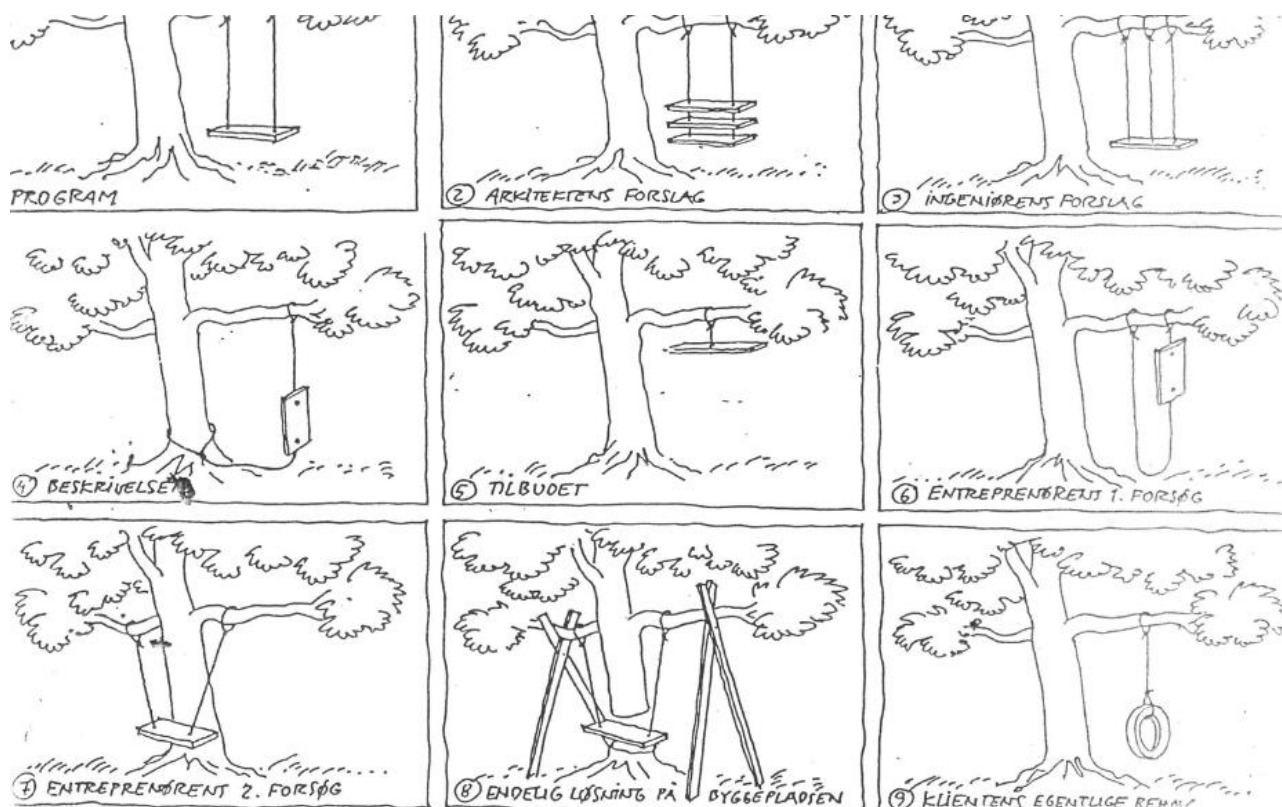
I det følgende er identificeret fokusområder, hvor byggeprocessen kan gå galt<sup>6</sup>:

- Bygherre søger, ikke at påtage sig ansvaret for projektets produkt. BH overlader det til TR/TE, uden tilsyneladende at afsætte tid og penge til en veludført proces eller stille krav til KS eller aflevering.
- Rådgivende og projekterende er presset på tid og penge. Ufærdige projekter sendes i udbud. Copy-paste arbejde er almindeligt. Ansvar og detaljer er upræcise, og forventes løst løbende uden at ansvaret er præciseret.
- Kontrolplaner og tilsyn er mangelfulde eller fraværende. Meget overlades til tilfældigheder og tillid.
- Grænseflader mellem parter og arbejde er ikke beskrevet fra start. Tværfaglig og uvildig granskning af KS-arbejdet er ikke en norm.
- De rådgivende mangler praktisk viden og følger ikke op på udførelsen kontra det projekterede. Dvs. der opstår ikke synergi mellem teori og praksis på pladsen.
- De udførende sjusker med arbejdet og egenkontrollen. Det sker at entreprenører byder ind og får opgaver de ikke kan løfte.
- Kulturen og byggetakten på pladserne understøtter ikke tekniske installationer.
- Visuel Aflevering iht. AB92 / ABT93 er ikke velegnet til at eftervise tekniske installationers driftsmæssige tilstand.
- Der er tilsyneladende ingen kontrol med at BR15 bliver opfyldt.

Bla. uafklarede grænseflader mellem de forskellige rådgivere gør, at arbejde ikke bliver gjort, eller at ansvar lander mellem to stole. Dvs. hvem følger kommunikationen mellem BH og entreprenør? Hvem KS'er det samlede projekterede eller udbudte materialer? Hvem laver tilsyn og i hvilket opfang? Hvem sikrer entreprenørernes egenkontrol?

---

<sup>6</sup> Dette er underbygget af rapporter fra Rambøll, FRI, DTU og forfatterens eget arbejde, bla. ifm. bachelorrapporten.



Figur 4-5 Ukendt ophavsperson

For at kunne bidrage til en Cx- eller granskningsproces, er visse kompetencer påkrævet. Påkrævet er især bred erfaring med:

- byggeregler, herunder bygningsreglement, normer, standarder, anvisninger og teknisk fælleseje
- byggeteknik, herunder at sammenholde grænseflader
- anlæg og tekniske installationer, herunder vedligeholdelse i driften, levetider, nye produkter mv.
- byggeledelse, kendskab til processer og arbejdet på en byggeplads
- byggeriets jura, herunder udbudsregler, ABR 89 (1989), AB 92 (1992) mv.
- Fejlfinding og 'troubleshooting'.
- risikovurdering

Det følgende er tænkt som en kort intro til byggeriets parter, faser og kvalitetssikring.

## 4.4. Byggeriets parter, faser og kvalitetssikring.

Et byggeri er et unikt projekt, støttet af lovgivning, vejledninger, standarder, tradition og rutiner. Meget er gentagelser af tidligere udførte processer i en ny kontekst med nye samarbejdspartener. Den følgende gennemgang er en kort præsentation af bygherre og rådgivere, og deres indbyrdes samarbejde.

Bygherren er den der bestiller og betaler byggeriet. Til at designe, planlægge og projektere byggeriet bruger BH rådgivere, det vil typisk sige arkitekter og ingeniører. Aftaler mellem BH og de nævnte aktører følger som oftest AB-systemet:

AB-systemet består i dag af tre sæt frivillige standardaftalevilkår ABR 89, AB 92 og ABT 93:

- ABR 89("Almindelige bestemmelser for teknisk rådgivning og bistand") anvendes ved aftaler mellem en bygherre og dennes rådgivere – typisk en arkitekt eller ingeniør - eller en entreprenør og dennes rådgivere.
- AB 92("Almindelige betingelser for arbejder og leverancer i bygge- og anlægsvirksomhed") anvendes ved aftaler mellem en bygherre og dennes entreprenør om udførelse af bygge- og anlægsarbejder, eller en entreprenør og dennes underentreprenører.
- ABT 93("Almindelige betingelser for totalentreprise") anvendes ved aftaler mellem en bygherre og dennes entreprenør om projektering og udførelse af en totalentreprise.

Figur 4-6 Citatklip fra TBB-styrelsens hjemmeside<sup>7</sup>.

Rådgiverrollen inddeles i fire typer rådgivning<sup>8</sup>:

1. **Bygherrerådgivning.** At varetage BHs interesser såvel overfor de projekterende som over for de udførende. Rådgivningen kan pågå under idéoplæg og programmering, og/eller under planlægning og udførelse. Den samme bygherrerådgiver er altså ikke nødvendigvis med under hele projektet.
2. **Totalrådgivning.** TR er ansvarlig for hele projektforsløbet, og BH laver således kun én ABR89, og lader TR tage sig af resten af forløbet. TR står for alle underaftaler, og udpeger projekteringsleder.
3. **Delt rådgivning.** Hver rådgiver har en særskilt aftale med BH. Rådgiverne har pligt til at samarbejde, men er ikke kontraktligt forpligtet indbyrdes. BH har ansvaret for styring og koordinering, men dog udpeges en projekteringsleder til dette.

<sup>7</sup> <http://www.trafikstyrelsen.dk/DA/Byggeri/Revision-af-byggeriets-aftalevilkar.aspx>

<sup>8</sup> *Ydelsesbeskrivelser for byggeri og planlægning* FRI & Danske ARK. 2012. s. 5.

4. **Underrådgivning.** UR har kun en aftale med sin klient, oftest TR. Kontakt til projekteringsleder eller BH går gennem TR.

Under udførelsesfasen optræder to specifikke typer rådgivning:

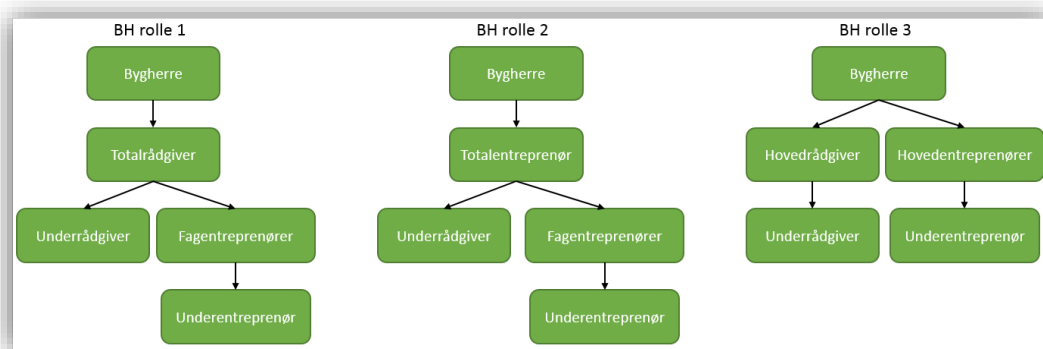
- 1) **Byggeledelse.** Byggelederen styrer byggeriets samlede tid, økonomi og kvalitet, og den medfølgende dokumentation. BL har koordineringen af aktiviteter, inkl. koordineringen af fagtilsyn. BL har også ansvar for indsamling af D&V materiale, samt at tilrettelægge 1-års eftersynet.
- 2) **Fagtilsyn.** FT har ansvaret for udførelse og overvågning af kvaliteten i processen, i form af stikprøvevis tilsyn.

De forskellige rådgiverrolle kan varetages af flere rådgivende virksomheder.

Til at udførelse af byggeriet bruges entreprenører. De tre mest almindelige entrepriseformer er er beskrevet i bilag 3.

Andre parter i processen er investorer, driftsherre, den fremtidige driftsorganisation og de fremtidige brugere af bygningen. Alle disse tages med på råd i den idé og programplanlægningen, driften uddannes ideelt op til afleveringen, og brugerne inddrages i ibrugtagningsprocessen.

Bygherren har ansvaret for byggeriet og for opfyldelsen af bygningsreglementet, iht. byggeloven. BH søger dog oftest at købe sig fra ansvaret og styringen gennem en TR eller TE. Bygherren har jo oftest ikke byggeri som kernekompetence. Her skitseres tre scenarier i et byggeri:



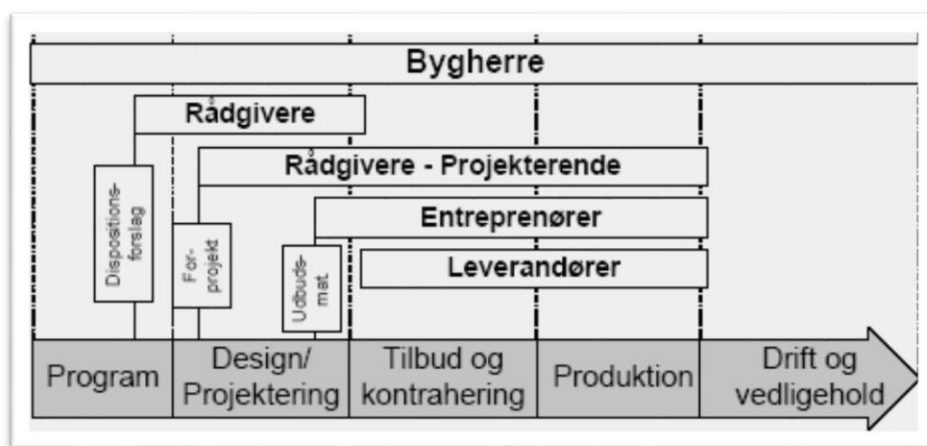
Figur 4-7 Bygherrens rolle

Rolle 1 & 2 er den de fleste bygherrer er mest komfortable med. Ikke altid har BH evnen eller midlerne til at være ansvarshavende eller styrende i en byggeproces. I sit mest ekstreme udtryk, kan BH rolle 1 & 2 være ren sagsbehandling og fakturaskrivning.

I rolle 3 har bygherre aktivt taget ledelsen af byggeprocessen. Rolle 3 kræver mere viden og ageren fra BHs side. En styrende bygherreorganisation kræver at man har den faglige indsigt. Deri ligger en stor vanskelighed, men også en mulighed, da Cx, granskning og performancetest mm. trækker i en retning af mere professionelle BH organisationer. Det kan være svært at forstå

for BH, at man skal påtage sig denne rolle, da man måske føler at den aktive rolle er uddelegeret gennem ABR89 eller ABT93.

## Byggeprocessen



Figur 4-8 Byggeriets faser. Fra Miljøstyrelsens hjemmeside.

I de indledende faser modtager BH rådgivning fra bygherrerådgiveren. Gennem brugerinddragelse, workshops m.m. skitseres byggeprogrammet. Byggeprogrammet skal forstås som idégrundlaget for byggeriets udformning. Typisk indeholder byggeprogrammet ikke specielt målbare krav, hvorfor det er nødvendigt at supplere med Cx kravspecifikationer.

Dispositionsforslaget er første beskrivelse af hvorledes byggeprogrammet realiseres. Forprojektet danner ramme for myndighedsgodkendelser, samt de projekterendes arbejde. Forprojektet bliver til et færdigt hovedprojekt, hvorefter udbudsmaterialet skrives og entrepriserne går i udbud.

Et vigtigt punkt i udbudsmaterialet er byggesagsbeskrivelsen, indeholdt bla. kvalitetssikringskravene. Er et krav og eller et emne ikke uddybende behandlet her, kommer det ikke med senere, med mindre BH betaler ekstra.

Kvalitetssikring i byggesagsbeskrivelsen, er udbudskvalitetsplanen. Den skal indeholde krav til bla. komponentliste og modtagekontrol. Det skal være en overordnet hensigtserklæring, med alle de elementer som skal være tilstede i processen. Komponentlisten må fx ikke nævne specifikke produkter i offentligt udbud. Evt. kan specifikke krav til samspil med eksisterende installationer, oplistes under tildelingskriterierne oppe i udbudsbrevet. yderligere KS-krav er mere detaljerede og specificeret i de enkelte faglige arbejdsbeskrivelser. Man kan sige at entreprenører og leverandører læser udbudsmaterialet med et kritisk blik. Der gives tilbud efter udbudsmaterialet, og oftest er det billigste der vinder. Altså vil fejl og smuthuller i udbuddet, kunne danne grundlag for ekstraregninger, og dermed kan et alt for billigt tilbud ende med at være en god forretning for en entreprenør. Krav til samspil med forskellige tekniske løsninger, afklaringer mht. grænseflader ml. tekniske entrepriser, krav til kommunikation, drift og vedligeholdelsesmateriale og krav til uddannelse af det fremtidige driftspersonale. Alt dette SKAL bare være på plads i udbuddet.

Under tilbudsfasen gennemgås de indgående oplæg fra entreprenørerne, helt ned i detaljen. Her er der kvalitetsstyring fra rådgivers side, men altså stadig teoretisk. Men der gives tilbud på

tilbudslisten, så hvis der er mangler eller uoverensstemmelser mellem denne og de oprindelige intentioner, ”er det bare ærgerligt”. Derfor er høj detaljegrad i udbuddet godt. Dog i store sager bliver udbudslisten simplificeret, så skal formalia falde efter kontrakten er igået. Det kan åbne for uafklarede udfordringer og fordringer, hvilket igen kan betyde forsinkelser, grænsefladeproblematikker og / eller ekstraregninger. På en nuværende forsinket byggesag, er der stadig områder der ikke er projekteret færdigt, selv om byggeriet skulle have været afleveret for over et år side. Totalrådgiver og entreprenør er uenige om, hvem der skal detailprojektere.

Efter tilbudsfasen starter samtalen mellem entreprenør og rådgiver. Man laver en projektgennemgang. Hvordan vil du løse dette? Har du nogle forbedringer? Hvordan kan det gøres billigere? Entreprenøren udformer kontrolplanen, med rådgiver som godkender.

#### **Udførelsens 5 vigtige punkter:**

1. Projektet **SKAL** være gennemarbejdet – entreprenørerne bør ikke være i tvivl, når de byder eller udfører arbejdet.
2. Før grundigt tilsyn, så evt. fejl hurtigt opdages.
3. Undgå projektændringer – det gør kun byggeriet dyrere.
4. Betal kun regninger for faktisk udført arbejde og aldrig forud.
5. Sæt **ALDRIG** et ekstraarbejde i gang inden skriftlig godkendelse af pris og omfang på det specifikke arbejde.

*Figur 4-9 Udførelsens 5 vigtige punkter*

Produktion eller udførelsesfasen, er byggeperioden. I udførelsesfasen skal byggeledelsen holde øje med fem ting: kvalitet, omfang, tid, økonomi, samt sikkerhed.

Det er her at projekteringen og planlægningen står sin prøve, og hvad der kan gå galt, vil nok også gå galt. Et byggeri er dels både et unikt projekt, dels for det meste i sin enkeltdele en velafprøvet arbejdsgang. Det unikke er samspillet og kommunikationen mellem nye aktører. Figur 4-9 er en udmærket huskeliste til en bygherre, men da den gode rådgiver har kendskab til både drifts- bygherre- og entreprenørrollen er det taget med her.

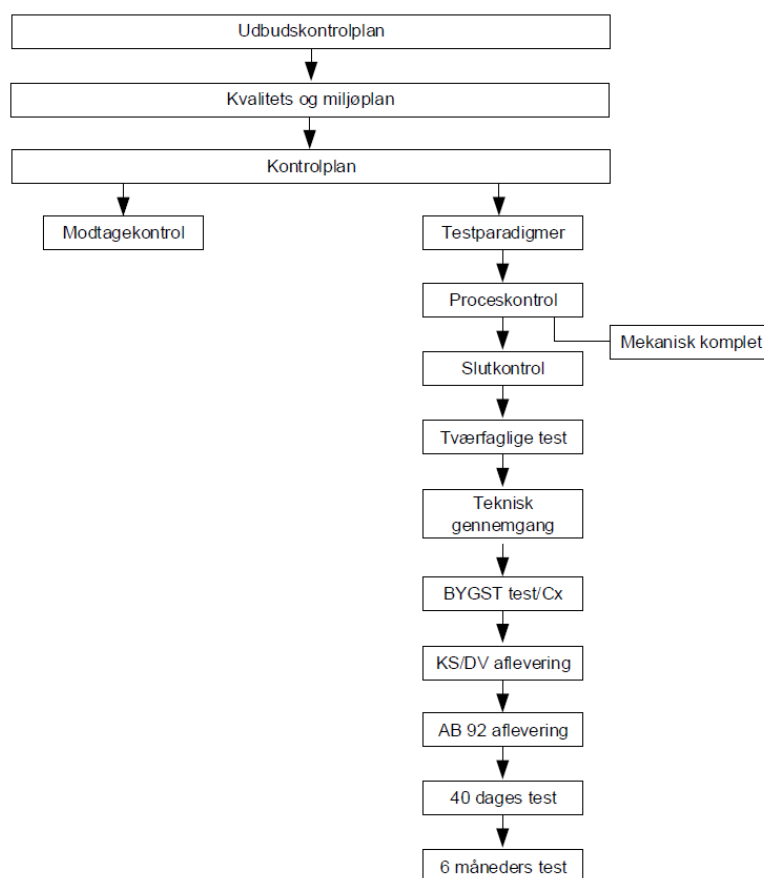
Udførelsesfasen stopper ved afleveringen. Iflg. AB92 §28 & §29 melder entreprenøren klar, hvorefter BH har 10 arbejdsdage til at indkalde til afleveringsforretningen. Dermed menes en gennemgang for synlige fejl og mangler. Mindre fejl betyder at der sættes en frist for udbedring af disse, væsentlige fejl

, fx påvist ved en performancetest, kan betyde at en bygherre kan nægte at modtage afleveringen. Definitionen på væsentlige mangler skal være beskrevet allerede i udbudsmaterialet. Tvister mellem entreprenør og bygherre afgøres i yderste tilfælde ved en voldgiftsdomstol. Da det er bygherrens opgave i Danmark at påvise fejl og mangler, vistnok som det eneste land i EU, stiller det høje krav til bygherrens kendskab. Her er Cx eller anden professionel rådgivning til stor nytte for BH, da denne sjældent har byggeri som spidskompetence.



## Kvalitetssikring i byggeriet

Nedenstående processkema er en oversigt over kvalitetssikringselementer for tekniske installationer i et byggeri. Det viste er fra et specifikt byggeri, og en kontrolplan skal altid tilpasset den konkrete sag.



Figur 4-10 Proces flow over kvalitetssikring, Karsten Jacobsen V2C

Kontrolplanen beskriver KS på pladsen. Den indeholder:

- Hvad man skal lave KS på.
- Hvornår man skal lave det.
- Hvor tit man skal lave det.
- Omfanget.

Fx røntgenfotografering af rustfri rør: Det skal gøres løbende. Byggeledelsen udpeger 10% til stikprøver. Der skal opstilles klare acceptkriterier. Kontrolplanen og følgende kontrolskema er lavet på baggrund af udbudskontrolplanen. Dvs. jo bedre og mere specifikt rådgiver beskriver opgaven i udbudsmaterialet, jo større krav kan du stille i din KS. For alt hvad der ikke står i udbudsmaterialet og tilbudsliste er ikke med i entreprisen.

Modtagekontrol består af to ting. Modtagekontrol er at kontrollere at det du modtager er det du har bestilt.

Materialekontrol er en sammenstilling med den godkendte komponentliste og din følgeseddel.

Komponentlisten udfærdiges af entreprenøren og godkendes af rådgiveren. Fx nogle materialer mister deres ønskede egenskaber hvis de samles med forkerte komponenter.



Hvis disse tre elementer (komponentliste, modtage- og materialekontrol) er i orden hele vejen igennem, er det kun sjusk som kan kasserer ting. Sjusk forebygges med proceskontrol, kontrol af det løbende arbejde, der foregår på pladsen. Proceskontrol er den ene del af de udførendes KS, den anden er funktionsafprøvning / performancetest og indregulering. Proceskontrol kaldes også udførelseskontrol.

Tværfaglige test er tests der afprøver funktionaliteten af et anlæg på tværs af entreprisegrænser. Tre entreprenører kan have udført deres arbejder korrekt og i overensstemmelse med funktionsbeskrivelserne, uden at det samlede anlæg virker som det var oprindeligt tiltænkt. Det kan være ventilationsanlæg eller brandtekniske installationer, der typisk udføres af flere entrepriser. Ved at indskrive tværfaglige test i udbudsmaterialet, er entreprenørerne tilskyndet til at kommunikere og udarbejde løsninger, der virker i samspil.

## 4.5. Maskinmesterens arbejde med Cx

Commissioning arbejdet er, som nævnt, BHs eksterne verificering af kvaliteten af projekteringen og udførelse af fortrinsvis de tekniske installationer, deres indbyrdes sammenspil og driftsmæssige egenskaber. Metoden er granskning, registrering, spørgsmål, dialog og verificering.

At granske projekteringsmateriale, KS-dokumentation, tilsynsrapporter m.m. kræver tegnings- og anlægsforståelse, kendskab til byggeriets processer, andres arbejdsroller og - gange, samt adgang til relevant materiale. For jo mere indsigt og overblik, jo mere kan man byde ind med. Maskinmesteren, som generalist, kan her byde ind med en bred vifte. Og husk at man ikke er alene. Synes man at varmecentralen eller generatoranlægget er opbygget mærkeligt, kan man spørge specialisterne i andre afdelinger.

Registrering af observationer samt videre kommunikation af disse samt spørgsmål, kan være svært. Tænk på at alle i processen, udover deres normale opgaver, modtager tonsvis af mail og informationer hele tiden. For at sikre Cx-processen, er det vigtigt at, med bygherrens accept og vægt, der opbygges fora til dialog omkring cx-arbejdet. Cx-loggen er her et vigtigt redskab til registrering af og efterfølgende aktion på observationer, spørgsmål og dokumenterede mangler.

Cx-processen er dialogbaseret. Det kræver gelinde og fingerspidsfornemmelse. *Hvem er de fjolser, der står og kigger mig over skulderen?* Spørg, kritisér ikke. Alle i hele byggeprocessen knokler efter bedste evne, med deres eget afgrænsede emne. Alle producerer mængder af tegninger, notater og dokumentation, som ganske få læser. Med den rigtige indfaldsvinkel fra granskningens side, er responsen ofte positiv. *Tænk sig, her er der faktisk én, der nærlæser hvad jeg skriver, og sætter sig ind i det.* Det handler om samarbejde og empati. Er der først opstået fjendtlighed, er processen med at sikre installationers driftspotentiale besværliggjort.

At verificere en løsning før aflevering, er klassisk maskinmesterarbejde. Er der tvivl om en skitseret løsnings funktionsduelighed, kan man tidligt i byggeprocessen opbygge et mock-up område. Dvs. lave et afgrænset område, hvori den tekniske løsning testes. Det kan være et rum i et byggeri, et stinkskab i et laboratorium eller en generator på producentens faciliteter. Op til AB92-afleveringen af byggeriet laves der performancetest. En performancetest består af dels et testparadigme, hvori formål, ansvar, forudsætninger, indhold, tidspunkt, metode, acceptkriterie

og konsekvens for testens gennemførelse beskrives<sup>9</sup>. Til selve testen er udformet et testskema, hvori iagttagelser og forhold registreres. Udover at verificere anlæggets validitet og samspil med andre installationer, skal performancetesten også verificere at entreprenørens egenkontrol, lovgivningen og bygherrens krav er tilgodeset og opfyldt. Når testen er bestået er installationen klar til aflevering. Behovet for denne test, er dels bevist af det ovenstående eksempel fra Thomas Rysgaard, BYGST, og dels af, at nu er funktionsafprøvning blevet en del af bygningsreglementet.

Det er dog vigtigt at understrege at funktionsafprøvning i BR15 forstand ikke er tværfaglig og at en performancetest heller ikke nødvendigvis er det. Det er essentielt at grænseflader er beskrevet klart og tydeligt, fx således at entreprenørerne tester egen leverance og Cx-org. tester på tværs af fag og entrepriser.

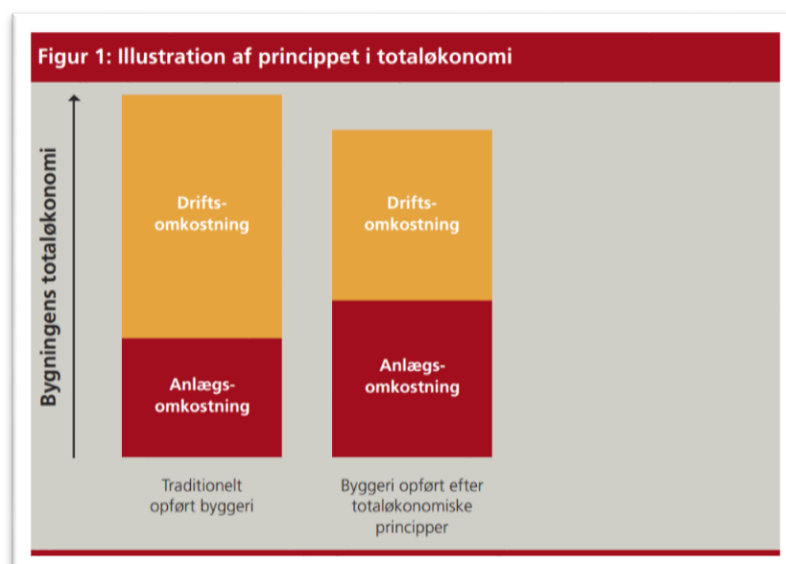
Et byggeri kan strække sig over flere år, og Cx-processens omfang og indsats bestemmes af BH. Derfor er det svært, på få sider, at beskrive en hel cx-proces. Men faktisk samtlige fag, der undervises i på maskinmesterskolen kommer i spil. Generalistens arbejdsplads. Kendskab til fysik, anlæg, systemprotokoller, standarder, anvisninger, ledelsessystemer og projektledelse er essentielt. Og økonomi er altid det bedste argument. Sundhed, sikkerhed og miljø har også sin vægt.

Det ovenfor nævnte byggeri, af et domicil i 2012, var en retro-commissioningproces, hvori et team undersøgte de tekniske installationer funktionalitet og samspil i et eksisterende og dermed afleveret nybyggeri. Metoden var, som nævnt, målinger af tryk, temperatur, lufthastigheder og forureninger. Termograferinger, mock-up rum, gennemgang af anlægsopbygninger. Dvs. både varme / køl, ventilation, BMS og IBI. Kontrol af indreguleringer, med step-respons test og sund fornuft. Dette blev holdt op imod projekteringsgrundlaget og afleveret i en rapport og en række afleveringsmøder. Målet var ikke at anvise løsninger, men påvise fejl og mangler i indeklimaet.

Et vigtigt element Cx-teamet kan bibringe bygge processen, er det praktiske driftsorienteret blik udefra. Alle led i byggeriet arbejder med hvert sit arbejdsområde, hvor fokus er på projektering og udførelse. **Ingen** på selve pladsen, har fokus på dagen efter aflevering. Og dog er driften af bygningen trods alt den største udgift på sigt. Cx-teamets bidrag er i høj grad, at kunne sætte sig ud over den gængse 'silo'-tænkning, og bibringe byggeriet fokus på den fremtidige drift.

---

<sup>9</sup> BYGSTs hjemmeside tilbyder en bred vifte af performancetests.



Figur 4-11 Totaløkonomi princip, <https://www.bygst.dk/media/22293/Bedste-praksis-manual.pdf>

#### 4.6. Commissioningprocessens effekt

Der findes ikke mange danske undersøgelser af effekt eller økonomisk gevinst af at udføre Cx i dansk byggeri, og de fleste er firmaers egne cost-benefit undersøgelser. Dog findes der Rúnar Örn Ágústsson's speciale fra 2010, *Building Commissioning*. Heri behandler han en sammenligning mellem to indkøbscentre, Bryggen i Vejle og Bruuns Galleri i Aarhus<sup>10</sup>.

	Bryggen	Bruuns Galleri
Location:	Vejle, Denmark	Aarhus, Denmark
Size:	56.363 m <sup>2</sup>	85.022 m <sup>2</sup>
Opening year:	2008	2003
Stores:	80	85
Cafe/restaurants:	2	5
Movie theatre:	0	1 (2.011 seats in 8 auditoriums)
Building regulation used:	BR95	BR95
Main Contractor	NCC	NCC

Figur 4-12 Tabel fra *Building Commissioning*

De to centre er bygget med 5 års mellemrum af samme entreprenør, samme sjak og drevet af samme driftsherre. På trods af en størrelsesforskel, og små forskelle i anvendelse er de sammenlignelige. Bryggen er, modsat Bruuns Galleri, udført med commissioning. Tilmed var den først opførte brugt som reference for den senest opførte. Ágústsson's undersøgelse sammenligner energiforbrug i perioden maj 2008 til april 2010.

<sup>10</sup> S. 57. Ágústsson, Rúnar Örn. *Building Commissioning*. 2010 DTU Management Engineering.

Electricity consumption p. m <sup>2</sup>	2008 (kWh/m <sup>2</sup> )*	2009 (kWh/m <sup>2</sup> )	2010 (kWh/m <sup>2</sup> )**
Bruuns Galleri	45,91	39,07	9,11
Bryggen	27,73	23,31	4,19
Difference between electricity consumption	40%	40%	54%

\* = Only the time period from May to December of 2008.  
\*\* = Only the time period from January to April of 2010.

Figur 4-13 Tabel fra Building Commissioning

I et butikscenter er elektrisk lys en hovedkilde til opvarmning, hvorfor megen belysning kræver megen køling. Ágústsson konkluderer at den store forskel i kWh/kvm skyldes ringe projektering og indregulering i Bruuns Galleri, hvilket førte til et højt elforbrug, mens på Bryggen havde man tænkt problematikken med i udformningen. Det skal nævnes at belysningen var uden for driftsherrens kontrol. Som det ses af ovenstående tabel, er forskellen i forbrug markant.

Energy used for heating and hot water production p. m <sup>2</sup>	2008 (kWh/m <sup>2</sup> )*	2009 (kWh/m <sup>2</sup> )	2010 (kWh/m <sup>2</sup> )**
Bruuns Galleri	10,393	30,195	20,201
Bryggen	11,879	19,775	11,743
Difference between energy consumption:	-14%	35%	42%

\* = Only the time period from May to December of 2008.  
\*\* = Only the time period from January to April of 2010.

Figur 4-14 Tabel fra Building Commissioning

Tabellen over varme- og varmtvandsforbrug viser samme tendens, bortset fra første år. Kigger man nærmere på data, er der ting ved Bruuns Galleri for nov-dec 2008 der ser mærkeligt ud, men det er ikke målet her at diskutere data, eller gennemgå Ágústssons speciale. Han redegør nøje for forskelle i projektering, proces og drift, samtidigt med at han godtgør at Bruuns faktisk ligger i den lave ende i DK når det kommer til energiforbrug i butikcentre. Konklusionen er at grundigt forarbejde, omtanke, viden og samtale har øget Bryggens performance ift. Bruuns.

*Er Cx så altid en sikker økonomisk gevinst?* Ikke nødvendigvis. Hvis Cx-org. ikke får indflydelse eller autoritet, er arbejdet spildt. Desuden er et team ikke bedre end sin samlede viden, og praktisk kendskab til indregulering, D&V m.m. bør være centralt i en Cx-org.

Ágústssons eksempel er det eneste offentligt tilgængelige data omkring commissionings effekt på byggeriet i DK, og det er dermed ikke dokumenteret at Cx har en mærkbar økonomisk effekt, men selve Cx-processen kan bidrage essentielt til løsning af problematikker og på sigt give besparelser. Ved at opstille målbare kriterier for installationer, ved at skabe dialog mellem

parterne, ved at sikre forståelse for fælles mål, opnå en synergi og forståelse for andres arbejde og bygherrens endemål. Derudover sikrer Cx-processens opbygning at faser afsluttes og ting ikke afleveres før de virker efter hensigten. Ideelt set. Hvis fx en entreprenør opnår forståelse for, at det aftalte ikke er leveret, bliver resultatet risikabelt. Og derudover har en Cx-org. Ikke mere indflydelse eller magt end bygherren uddelegerer.

BH kan opleve Cx som en ekstra udgift til noget, man allerede havde betalt for. Det er ikke helt korrekt. Som aftale systemet er i dag, kan alle leve op til sine forpligtelser, og ting virker stadig ikke. De fleste aftaler tager ikke højde for samspil og delt ansvar. Det er hvad Cx følger op på. At produktet endnu er nyt og virksomheder sælger KS, egenkontrol og indregulering som Cx er forkert. Cx er ikke et alternativ til egenkontrol, KS og normal aflevering. Cx er bygherrens verificering af at det ønskede er opnået.

## 4.7. Lovgivning & vejledninger

Byggeriet er underlagt byggeloven, BR15, *Bekendtgørelse om kvalitetssikring af byggearbejder i alment byggeri m.v.*<sup>11</sup>, *Bekendtgørelse om energimærkning af bygninger*<sup>12</sup>, maskindirektivet, certificering af statikere & brandinspektører og mere. Dertil skal lægges de standarder og anvisninger som BR15 refererer til. Af myndigheder er der kommunalbestyrelsen, AT, beredskabsstyrelsen, brandmyndigheder, fødevarestyrelsen o.a.

Dog på trods af lovgivningens store dækningsgrad sker det, at ansvar i praksis 'lander mellem to stole'. Et eksempel er maskindirektivet. Maskiner, CE-mærkning og direktivet er i dag hos AT. AT kontrollerer dog alene de sikkerheds- og sundhedsmæssige aspekter ved maskiner på arbejdspladser. De kontrollerer ikke CE-mærkningen for sammenbyggede maskiner fx eller el-tekniske aspekter. En anden myndighed, der ikke håndhæver hele sit myndighedsområde ift. til BR15, er kommunalbestyrelsen. Bygningsreglementet er byggeloven omsat til håndfaste krav. Byggeloven<sup>13</sup> har flere formål. Bla. at bygninger er sikre og sunde og at ressourceforbruget mindskes. Ansvarsfordelingen er klar:

**§ 5.** Transport- og bygningsministeren udfærdiger et bygningsreglement med regler om de i §§ 6-13 omhandlede forhold samt om forhold, som loven i øvrigt indeholder hjemmel til.

**§ 5 A.** En bygherre, der som led i sit erhverv udfører byggeri, er erstatningsansvarlig efter dansk rets almindelige regler for tab som følge af, at byggeriet ikke udføres i overensstemmelse med bygningsreglementet.

**§ 16 C.** Kommunalbestyrelsen er bygningsmyndighed.

Figur 4-15 Sammenklippede paragraffer fra Byggeloven

<sup>11</sup> BEK nr. 773 af 27/06/2011 <https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=137901>

<sup>12</sup> BEK nr. 1392 af 22/11/2016 <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=185076>

<sup>13</sup> <https://www.retsinformation.dk/forms/R0710.aspx?id=183662>

Kommunalbestyrelsen udsteder byggetilladelse og giver ibrugtagningstilladelsen. Byggetilladelsen indeholder bla. forhold om integration med det eksisterende forsyningsnet, lokalplan og transportforhold. Tilladelsen kan også stille krav til udformning og æstetik ved bygningen. Ibrugtagningstilladelsen gives hvis byggetilladelsens krav er opfyldt, at BBR registret er korrekt opdateret og brandtekniske anlæg har fået foretaget en systemintegrationstest. Konklusionen må her være at tekniske installationers driftsmæssige evne til at overholde kravene i BR15 ikke eftervises af en myndighed. Dog stikprøvetester DBI, mens AT og fødevarestyrelsen rykker ud ved anmeldelser. Fremkomsten af Cx og performancetest har dog startet en debat, som i første omgang har ført til en ændring af BR15, der trådte i kraft d. 1. juli 2017<sup>14</sup>.

**29. I bilag I, kap. 6.5.3, indsættes efter stk. 6. som nyt stykke:**  
»Stk. 7. Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af belysningsanlægget før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise om belysningsanlægget overholder bygningsreglementets krav til belysningsniveau, samt at dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling fungerer efter hensigten. Dokumentation af funktionsafprøvningen skal indsendes til kommunen senest ved færdigmelding.«

**30. Som vejledningstekst til bilag I, kap. 6.5.3, stk. 7, indsættes:**  
»(6.5.3, stk. 7) Der henvises til Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens vejledning om funktionsafprøvning.«

*Figur 4-16 Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om Bygningsreglementet 2015*

I ændringen stilles der krav til funktionsafprøvninger af belysningsanlæg, varme-køleanlæg, ventilationsanlæg og elevatorer. Se bilag 4. Dokumentationen skal *'indsendes til kommunen senest ved færdigmelding'*. Det lyder lovende. Det er dog ikke blevet taget vel imod i branchen. Der er ikke lagt vægt på grænseflader og samspil, kommunen skal her påtage sig en ny rolle lyder nogle af kritikpunkterne. Det ændrer ikke meget ved den nuværende byggeproces' arbejdsgange. Det er kontrol og ikke styring. *"Testen dumper. Hvad så? Så skal man udbedre fejlen i et færdigt byggeri. Den slags fejl skal tages før, ikke senere."*<sup>15</sup>

Citat<sup>16</sup> om det nye krav til funktionsafprøvninger og indlevering til den kommunale myndighed:

*"Den store forskel på nu og tidligere er jo at et installationsarbejde nu ikke længere kan afleveres uden at være indreguleret og testet (idet mindste at der er udarbejdet dokumentation for udført test).*

*Der ligger bare den lille problemstilling, at målinger er taknemlige og kan manipuleres med. Det vil med andre ord sige at man kan udarbejde måle- og testrapporter der ser velfriseret ud, mens virkeligheden kan se helt anderledes ud.*

*En anden problemstilling, ved denne vejledning og BR15 kravet, er at der ikke er stillet krav om en samordnet test af hvordan bygningsdele og installationer arbejder sammen. Det enkelte*

---

<sup>14</sup> <https://hoeringsportalen.dk/Hearing/Details/60529>

<sup>15</sup> Ole Teisen, Chefrådgiver Sweco FM - Cx.

<sup>16</sup> Bo Andersen. Maskinmester hos Sweco FM - Cx & censor på MSK.



*ventilationsanlæg, eller varmeinstallation, kan jo sagtens være velfungerende, mens der kan være forhold der gør at de ikke fungerer i den store sammenhæng. Denne sammenhæng bliver ikke testet med de nuværende krav.*

*Endvidere ser jeg en juridisk problemstilling: For det tilfælde at der er foretaget en funktionstest der på papiret ligger inde for gældende tolerancer og som efterfølgende bliver godkendt af myndighederne (Det må formodes at lokale byggemyndigheder ikke har et dybere kendskab til f.eks. vis DS 469 og DS 447) og det senere hen viser sig eksempelvis at indeklimaet ikke lever op gældende krav, hvem hænger på regningen for udbedringen? Entreprenøren har jo afleveret testrapporter til myndighederne og disse er godkendt. Kan entreprenøren og projekterende så fægte sig ud af sit ansvar, efter som det er dokumenteret med godkendte testrapporter at deres installationer lever op til kravene?*

*Med disse nye krav i BR15, ser jeg fremadrettet et lige så stort behov for en Cx-proces der kan hjælpe bygherre med at tydeliggøre sine krav til sit byggeri, inde projekteringen går i gang, samt udarbejde test-krav og til slut verificere retvisende afleveringstests.*

*Skal vi kunne levere dette vil der fremadrettet være et behov for Cx-folk der har et indgående kendskab til og praktisk erfaring med, hvordan bygningsreglementet, tilhørende normer og standarder praktiseres i byggerier. Endvidere ser jeg et øget krav til at Cx-folkene klædes fagligt på med viden om og praktisk erfaring i måleteknik, herunder på luft, hydrauliske installationer, samt målinger på bygningsdele. Endvidere skal viden om sammenhængen mellem funktionen af bygningsdele og installationer styrkes, således at dysfunktioner kan afsløres inden aflevering. Cx-processen skal i lige så høj grad verificere om de målinger og tests der foretages også er retvisende. Det er derfor vigtigt at Cx-folkene der er tilknyttet et projekt, får prokura til at gribe ind, når der observeres forhold der ikke lever op til byggekravene. Jeg oplever flere tilfælde, hvor Cx-folk eller tilsynsførende, som påpeger forhold, blive ignoreret af entreprenører og projekterende, hvilket ikke er tilfredsstillende.*

*Med andre ord, vi skal styrke vores rolle som den verificerende part, i forhold til bygherre, hvilket vi bl.a. kan gøre ved at styrke vores faglighed yderligere, samt udarbejde organisationsoplæg til hvilken rolle Cx-processen skal have en styrket position i det enkelte byggeri”.*

Andre i branchen forventer ikke at ændringen får megen effekt. Per 1. jan. 2018 træder et nyt BR18<sup>17</sup> i kraft, kun et halvt år efter. Uddrag er vist i bilag 5. Det nye i BR18 ift. tekniske installationer, er kravet om at der indsendes dokumentation for BR18s overholdelse. Lys, varme/køl og ventilation er igen underlagt et krav om funktionsafprøvning. Den store ændring, at man for at få ibrugtagningstilladelsen fra kommunen, nu skal kunne dokumentere om BR18 er overholdt. Efter afleveringsforretningen iht. AB92 eller ABT93 afleveres al teknisk dokumentation til byggesagsafdelingen i den stedlige kommune. Denne afdeling forholder sig dog ikke til denne dokumentation. Al teknisk dokumentation vil blive opbevaret i et ikke endnu specificeret arkiv-form. Til gengæld skal den kommunale afdeling foretage 10 % stikprøvekontroller, baseret på byggesags-nummer. Dvs. ombygningen af et villahus tæller lige så meget som kommunens største byggesag. Da kommunerne samtidigt forventes at nedbringe

---

<sup>17</sup> <https://hoeringsportalen.dk/Hearing/Details/60586>

antallet af sagkyndige i afdelingerne, grundet den hurtigere ekspedition, er forventningen i branchen at disse stikprøvekontroller vil blive hyret ind udefra. Men lad os se tiden an.

Standarder, vejledninger og anvisninger er legio i branchen. Udover de DS/EN standarder der refereres til i BR15, findes der standarder for næsten alle områder. Nogle bruges i udbudsmaterialer, andre er endnu ikke en del af byggeprocessen. Derudover har FRI ydelsesbeskrivelser for sine medlemmer, BIPS' vejledninger om fx indreguleringer er indskrevet i performancetest og AT og DBIs anvisninger har lovgyldighed. De er alle meget gode og bliver brugt flittigt til at angive forventninger om niveau og udførelse. Det skaber forståelse, enighed og sparer tid. Det sidste er måske lidt af et problem. En rådgiver, der skal anvise et mål eller en proces, refererer til en standard, uden at anvise metode, kontrol eller forholde sig til det givne projekt. Et eksempel ville være kravet om indregulering iht. DS 447, kap. 5 er indskrevet i udbudsmateriale og byggeprogram, men det bliver ikke gennemarbejdet i arbejdsbeskrivelsen eller tidsplanen. *Alle ved jo, hvad vi snakker om.* Så når tiden kommer til indregulering, er der måske forhold, der gør at processen går i stå. Tidsbesparende initiativer er gode nok, men arbejdet skal udføres i den sidste ende, og derfor skal alle forhold og eventualiteter tages ind under udarbejdelse af tidsplan og arbejds gange.

Lovgivningen og standarder er en stor succes i den forstand at hele branchen bruger disse som projekterings-grundlag. Krav og mål er indskrevet i alle materialer og alle har den samme referenceramme. Men det er netop et projekteringsgrundlag, når bygherren alene står med ansvaret og ingen myndighed følger op. I dag har BH begrænset mulighed for at verificere målenes opfyldelse, og mere eller mindre avancerede afleveringsformer hjælper ikke, når de alene baseres på visuel aflevering, beregninger og formodninger. BR18s nye krav kan måske rette op på meget, men lovgivningen beskæftiger sig ikke med processen, og det er her forandringerne skal komme.

Så konklusionen her må være at lovgivningen ikke kan bidrage med andet end en stopkontrol. Det er op til byggeriets parter at udvikle former der forbedrer driften ved aflevering. Endvidere skal det understreges at lovgivningen og standarder er *minimumskrav*. Man må gerne gøre det bedre.



## 4.8. Litteraturfortegnelse

### *Standarder & vejledninger:*

DS 3090:2014. *Commissioning-processen til bygninger - Installationer i nybyggeri og større ombygninger*. 1. udgave. Dansk Standard. 2014.

DS/EN ISO 9001:2015. *Kvalitetsledelsessystemer - Krav*. 1. udgave. Dansk Standard. 2015.

*Ydelsesbeskrivelser for byggeri og planlægning* FRI & Danske ARK. 2012.

### *Faglitteratur DTU:*

Ágústsson, Rúnar Örn: *Building Commissioning*. Master Thesis 2010. DTU Management Engineering.

Jørgensen, Kirsten: *Indikatorer på det fejlfri byggeri - En kvantitativ undersøgelse af evaluerede byggesager*. Rapport 2012. DTU Management Engineering.

### *Faglitteratur, Branche:*

BEC: *Bag om byggeriets nøgletal - mangler* (nr. 1, juni 2007).

Erhvervs- og byggestyrelsen: *Omfanget af svigt, fejl, mangler og skader i dansk byggeri, 2001-2009*. 2011.

FRI: *Handlingsplan for forbedring af sikkerhed og kvalitet i byggeriet*. 2004.

Rambøll A/S: *Måling af svigt, fejl og mangler i dansk byggeri*. 2010.

### *Lovgivning:*

*Bekendtgørelse om energimærkning af bygninger*: BEK nr. 1392 af 22/11/2016  
<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=185076>

*Bekendtgørelse om kvalitetssikring af byggearbejder i alment byggeri m.v.*: BEK nr. 773 af 27/06/2011  
<https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=137901>

Byggeloven: <https://www.retsinformation.dk/forms/R0710.aspx?id=183662>

Håndbog for energikonsulenter: BEK nr. 1759 af 15/12/2015.  
<https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=176520>

Revision af BR15: <https://hoeringsportalen.dk/Hearing/Details/60529>

BR18: <https://hoeringsportalen.dk/Hearing/Details/60586>

### *Præsentationer:*

Ekstern Granskning. SBI 246: <http://www.bsf.dk/media/1496/ekstern-granskning-af-byggeprojekter-1.pdf>

*Hjemmesider:*

[www.byggeplads.dk](http://www.byggeplads.dk)

Bygningsstyrelsen: [www.bygst.dk](http://www.bygst.dk)

Byggestyrelsen: [www.trafikstyrelsen.dk](http://www.trafikstyrelsen.dk)

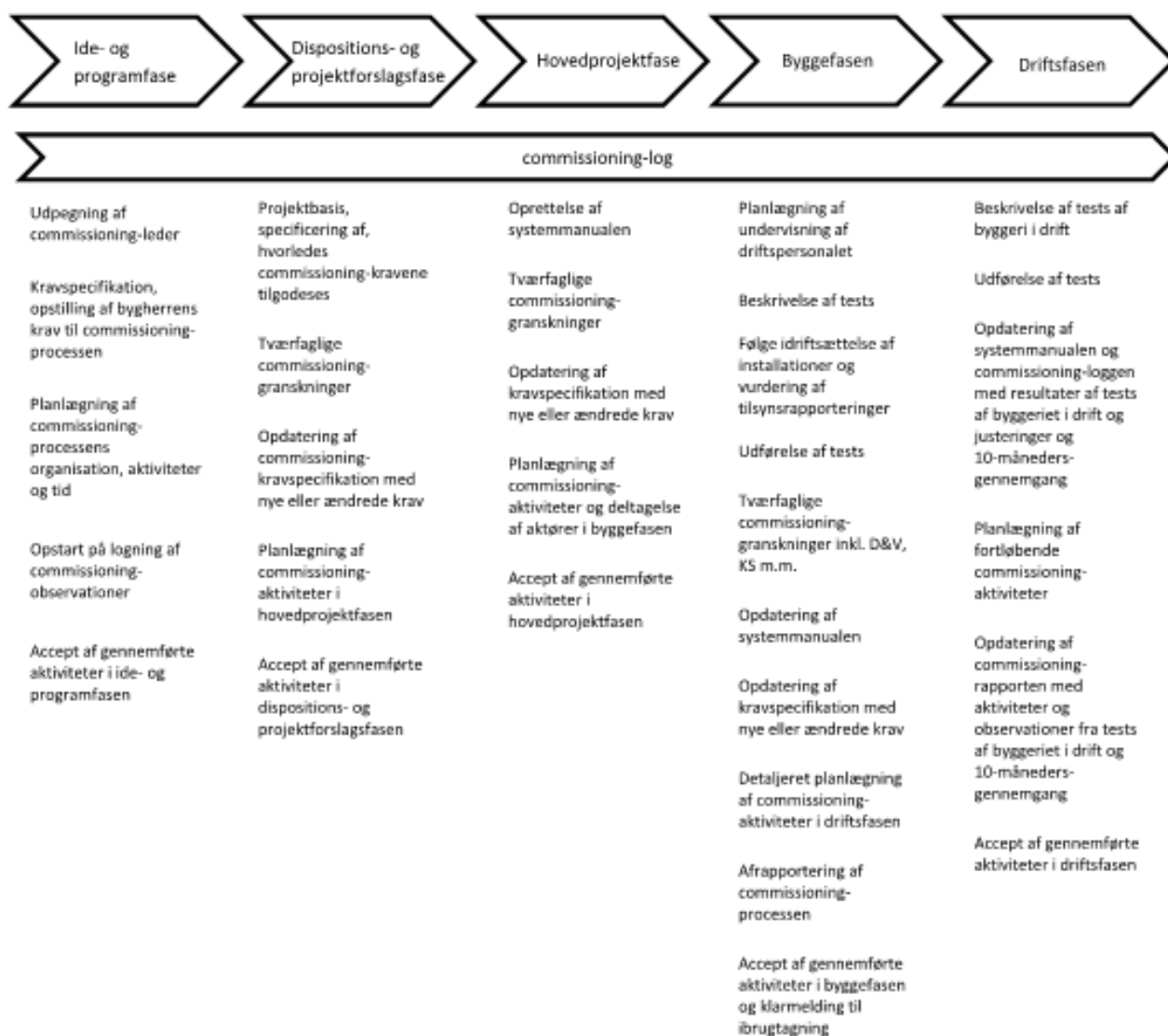
Byggeriets Evaluerings Center: [www.byggerating.dk](http://www.byggerating.dk)

## 4.9. Bilag 1

DS 3090:2014

### Anneks A (informativt)

#### Oversigt over commissioning-aktiviteter



Figur A.1 – Faseopdelt visning af commissioning-aktiviteter

## 4.10. Bilag 2

### Anneks B (informativt)

#### Oversigt over commissioning-dokumenter og -aktiviteter

##### B.1 Eksempel

I tabel B.1 er vist commissioning-dokumenter, som udfærdiges i forbindelse med specifikke commissioning-aktiviteter. Der kan også være aktiviteter, der afrapporteres på entreprenørens brevpapir, disse er ikke vist nedenfor.

**Tabel B.1 – Commissioning-processens dokumenter og aktiviteter**

Dokumenter	Aktiviteter
Commissioning-kravspecifikation	Oplisting af bygherrens krav til commissioning-processen, som løbende opdateres
Commissioning-plan	Beskrivelse af commissioning-processens organisation, aktiviteter og tid, som løbende opdateres
Commissioning-log	Kontinuerlig logning af commissioning-observationer
Acceptdokument	Accept af de gennemførte aktiviteter i slutningen af hver fase
Projektbasis	De projekterendes specificering af, hvorledes commissioning-kravene opfyldes
Granskningsrapporter	Afreportering af tværfaglige commissioning-granskninger af byggeprojekt i dispositions- og projektforslagsfasen, i hovedprojektfasen samt af KS, D&V og dokumentation, efterhånden som de fremkommer
Systemmanual	Oprettelse af systemmanualen, som løbende suppleres, efterhånden som ny dokumentation fremkommer
Undervisningsplan	Planlægning af undervisning af driftspersonalet
Testparadigmer	Beskrivelse af commissioning-tests i bygge- og driftsfase af alle anlæg, der er omfattet af commissioning
Testrapporter	Afreportering af commissioning-tests
Commissioning-rapport	Afreportering af commissioning-processen før aflevering opdateres efter udførelsen af de aktiviteter, der er udskudt til driftsfasen

## 4.11. Bilag 3

Følgende definitioner er inspireret af et notat fra Vejen Kommune *Notat vedr. entreprisformer*<sup>18</sup>.

De tre mest almindelige entreprisformer er:

- A. **Fagentreprise.** TR styrer på BHs vegne processen i forhold til forprojekt, hoved- og detailprojektering, myndighedsbehandling, udarbejdelse af udbudsmateriale og byggeprogram, tidsplan, økonomistyring samt byggestyring og koordinering af fagentrepriseres indsats i hele byggeprocessen. BH skriver kontrakt med alle fagentrepriserne. Ved fagentreprise har bygherren stor indflydelse på processen og kvaliteten i projektet. BH har risikoen og ansvaret for, at de forskellige kontraktforhold med fagentrepriserne indbyrdes er koordineret både m.h.t. indhold og udførelse. Denne opgave varetages dog oftest på BHs vegne af den valgte totalrådgiver.
- B. **Hovedentreprise.** Ved hovedentreprise er processen den samme bortset fra, at BH kun skriver kontrakt med hovedentrepriseren. Hovedentrepriseren indgår kontrakter med underentrepriser og styrer sine underentrepriser i byggeprocessen. For BH bliver der tale om en lettelse mht. koordineringen i byggefasen, hvilket også kan medføre lavere honorar til totalrådgiver, da indsatsen bliver mindre. BH må acceptere, at hovedentrepriseren i stedet tager betaling for koordineringen af selve byggeprocessen og styringen af underentrepriserne. BH har stor indflydelse på processen og kvaliteten i projektet.
- C. **Totalentreprise.** TE er en udbudsform, hvor projektet udbydes på baggrund af et byggeprogram, der beskriver bygherrens ønsker og funktionskrav til projektet. TE omfatter således alle ydelser inden for arkitekt- og ingeniørrådgivning samt alle de repræsenterede fagentrepriser (underentrepriser) TE varetager alle planlægnings- og styringsopgaver, herunder projektering, myndighedskontakt, økonomistyring, tidsplan samt projekt- og byggeledelse undervejs i alle faserne. TE indgår selv kontrakter med underentrepriser og styrer projektet og dets udførelse frem til færdig aflevering. BHs indflydelse på processen og kvaliteten skal ligge i udarbejdelsen af byggeprogrammet. Byggeprogrammet kan ikke afspejle de detaljerede krav til kvaliteten og derfor er der en større risiko i denne model. Udover fritagelsen fra koordineringen opnår BH ved anvendelsen af totalentrepriseformen, at TE som ansvarlig for projekteringen kan effektivisere byggeprocessen og udnytte sine kompetencer. Ved totalentreprise har bygherren i mindre grad indflydelse på projektet og må i reglen også acceptere standardiserede løsninger.

En alternativ form for totalentreprise er OPP, *Offentligt Privat Partnerskab*. Fx TE forpligter sig til at opføre og drive en bygning i en årrække. Det kan også kaldes OPS, *Offentligt Privat Samarbejde*.

---

<sup>18</sup> [http://vejen.dk/edagsorden/committee\\_78216/agenda\\_221179/documents/d894af1c-5e4c-45ac-a088-d3c6eb9a2bd6.pdf](http://vejen.dk/edagsorden/committee_78216/agenda_221179/documents/d894af1c-5e4c-45ac-a088-d3c6eb9a2bd6.pdf)

## 4.12. Bilag 4

### Udpluk fra Revision af BR15, per 1. juli 2017

**29.** I *bilag I, kap. 6.5.3*, indsættes efter stk. 6. som nyt stykke:

»Stk. 7. Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af belysningsanlægget før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise om belysningsanlægget overholder bygningsreglementets krav til belysningsniveau, samt at dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling fungerer efter hensigten. Dokumentation af funktionsafprøvningen skal indsendes til kommunen senest ved færdigmelding.«

**30.** Som *vejledningstekst* til *bilag I, kap. 6.5.3, stk. 7*, indsættes:

»(6.5.3, stk. 7) Der henvises til Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens vejledning om funktionsafprøvning.«

**34.** I *bilag I, kap. 8.2*, indsættes efter stk. 4 som nyt stykke:

»Stk. 5. Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af varme- og køleanlæg før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise om varme- og køleanlæggene overholder bygningsreglementets krav til indregulering og styring. Dokumentation af funktionsafprøvningen skal indsendes til kommunen senest ved færdigmelding.«

**35.** Som *vejledningstekst* til *bilag I, kap. 8.2, stk. 5*, indsættes:

»(8.2, stk. 5) Der henvises til Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens vejledning om funktionsafprøvning.«

**36.** I *bilag, kap. 8.3*, indsættes efter stk. 16 som nyt stykke:

»Stk. 17. Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af ventilationsanlægget før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise om ventilationsanlægget overholder bygningsreglementets krav til specifikt elforbrug til lufttransport, varmevirkningsgrad, luftmængder, samt at evt. behovsstyring fungerer efter hensigten. Dokumentation af funktionsafprøvningen skal indsendes til kommunen senest ved færdigmelding.«

**37.** Som *vejledningstekst* til *bilag I, kap. 8.3, stk. 5*, indsættes:

»(8.3, stk. 5) Der henvises til Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens vejledning om funktionsafprøvning.«



## 4.13. Bilag 5

### Udpluk af BR18, per 1. jan. 2018

#### Kapitel 4

##### *Afslutning af byggesag*

§ 41. Byggearbejder, der kræver byggetilladelse, skal færdigmeldes til kommunalbestyrelsen.

Stk. 2. Ved færdigmelding skal bygningsejeren fremsende:

- 1) Dokumentation for, at der er tegnet byggeskedeforsikring og præmien er betalt, jf. byggelovens § 25 C, stk. 2, for byggeri omfattet af byggelovens § 25 A.
- 2) Erklæring om, at det færdige byggeri er i overensstemmelse med byggetilladelsen og bygningsreglementet.
- 3) Dokumentation for overholdelse af bygningsreglementets bestemmelser i den færdige bygning. Dokumentationen skal bestå af al relevant materiale, herunder overordnede beskrivelser, forudsætninger, beregninger, tegningsmateriale, prøvninger mv.
- 4) Bygninger i konstruktionsklasse 2-4 eller brandklasse 2-4, som har tilknyttet en certificeret statiker eller brandrådgiver, er ikke omfattet af nr. 3 for så vidt angår overholdelse af krav til konstruktions- og brandforhold.
- 5) Drift- og vedligeholdelsesmanual for bebyggelsens installationer, jf. emne C1.14, emne K1.33, emne R1.11, emne T1.24 og emne U1.36.

#### **Kontrol**

##### **R1.9**

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af varme- og køleanlæg før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal dokumentere at varme- og køleanlæggene overholder bygningsreglementets krav til indregulering og styring.

#### **Kontrol**

##### **U1.34**

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af ventilationsanlægget før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal dokumentere at ventilationsanlægget overholder bygningsreglementets krav til specifikt elforbrug til lufttransport, varmekoefficienten, luftmængden, samt at evt. behovsstyring fungerer efter hensigten.