

Kunst- og designhøgskolen i Bergen – KHiB

# Lean metodikk i praksis

Erfaringer fra byggeprosjektet



## Forfattere



Hans Thomas Holm  
Prosjektsjef  
Statsbygg



Astrid Renata Van Veen  
Prosjektleder ARK  
Snøhetta



Sven Wertebach  
Prosjekteringsleder  
Atkins Norge



Per Roger Johansen  
Prosjektleder Produksjon  
& Systematisk Ferdigstillelse  
Atkins Norge



**Det er galskap å gjøre det  
samme om og om igjen og  
forvente andre resultater**  
–Albert Einstein

**15 års erfaring  
eller...  
1 års erfaring 15 ganger?**

**Ingenting forandrer seg  
hvis ingenting forandrer seg**

**Visjon for KHiB-prosjektet:  
Fra reaktiv til proaktiv**















# Innhold

## Lean metodikk i praksis

Sammenstillingen er utarbeidet  
05. desember 2018

Fra 1. januar 2017 ble KHiB et fakultet under Universitetet i Bergen (UiB) med navnet Fakultet for Kunst, Musikk og Design. Denne boken har valgt å fortsette med å benytte navnet KHiB.

ISBN 978-82-690547-1-2

Utgitt av Ad Notam Forlag

Design av Snøhetta

## Fotokrediteringer

Forsidefoto: Snøhetta  
Stephen Citrone

## Hufton+Crow

Begge sider innside omslag,  
Side 2–3, 4–5

## Tomasz Majewski

Side 6–7, 120–121, 168–169

## Snøhetta/Stephen Citrone

Side 18–19, 46–47, 78–79, 90–91,  
98–99, 102–103, 126–127, 144–145,  
150–151, 170–171

## Statsbygg/Hans Thomas Holm

Side 42–43

## Statsbygg/Trond Isaksen

Side 72–73, 116–117, 172–173

## Snøhetta/Astrid Renata Van Veen

Side 173–174

## 11 Introduksjon

- 12 Kort om prosjektet
- 13 Kort om Lean i KHiB
- 15 Hensikten med sammenstillingen
- 16 Noen generelle anbefalinger ved innføring av Lean
- 17 Alt henger sammen

## 18 Lean Strategi

- 20 Lean i KHiB-prosjektet
- 21 KHiB-visjon: fra reaktiv til proaktiv
- 22 Lean samhandlingsnotat – Strategisk plan
- 24 Lean implementering: Elementer benyttet i KHiB-prosjektet
- 37 Lean prosessplanlegging

## 46 Lean Prosjektering

- 48 Prosjektering, prosjekteringsledelse og prosjekteringsgruppe i KHiB
- 52 Prosjektering som produksjonsform
- 54 Utfordringen
- 56 Identifisering av prosesser
- 57 Prosesskartet
- 58 Oppdeling av informasjonsmengden
- 60 Taktplanlegging i prosjektering
- 62 Prinsipper for pakkenes innhold
- 63 Fra grovmasket til finmasket
- 64 Effekten av “big room”
- 66 Oppbygging og forvaltning av temallogger
- 68 Systematisk ferdigstillelse i prosjektering
- 70 Samhandling på byggeplass 14–10 og 6–4
- 74 BIM
- 76 Refleksjoner og erfaringer

## 78 Systematisk Ferdigstillelse

- 80 Generelt om systematisk ferdigstillelse
- 82 Systematisk ferdigstillelse
- 84 Systematisk ferdigstillelse i KHiB-prosjektet
- 100 Hva har KHiB-prosjektet lært

## 102 Lean Bygging

- 104 Lean bygging
- 105 Taktplanlegging
- 108 Taktplanen
- 110 Hvordan forstå taktplanen
- 112 Taktområder
- 114 Toget
- 118 Tidligere forberedelser
- 122 De 7 forutsetningene for en sunn aktivitet
- 125 Tavlemøter

## 126 BIM@KHiB

- 128 Kort om BIM
- 129 Informasjonsutveksling i BIM
- 130 BIM-sesjoner/kollisjonskontroller
- 133 BIM i leverandørprosjektering
- 134 BIM på byggeplass
- 137 BIM-roller i prosjektet
- 138 BIM i beskrivelsen
- 140 BIM-kiosk
- 142 Modellen vs tegninger og bruk
- 143 Målefeil i modell
- 143 BIM-opplæring
- 146 BIM arbeidsprosesser
- 147 Digital avvikshåndtering
- 149 BIM tilpassede kontrollområder

## 150 Fakta og Etterskrift

- 152 Ord og uttrykk på KHiB
- 156 Fakta
- 157 Kontaktpersoner
- 158 Snøhetta og SNOflow
- 163 Etterskrift Statsbygg

# Introduksjon





## Kort om prosjektet

Det nye bygget til Kunst- og designhøgskolen i Bergen (KHiB) er tegnet av det internasjonalt renommerte arkitektkontoret Snøhetta. Med det ferdige bygget er fakultetet første gang i historien samlet under ett tak. Tomten ligger i bydelen Møllendal med Store Lungegårdsvann som midtpunktet i det store landskapsrommet dannet av fjellene Fløyen, Ulriken og Løvstakken. Det nye bygget med sin funksjon og sin arkitektur gir et særpreget bidrag til bydelen og er en generator i den pågående utviklingen av området.

Bygget har et areal på 14.800 m<sup>2</sup> og inkluderer den 1.300 m<sup>2</sup> store og inntil 23 meter høye Prosjekthallen som kan romme større kunstprosjekter og aktiviteter som publikum inviteres inn til. Skolen har 32 verksteder, bl.a. for tre, keramikk, metall, 3D modellering, grafikk, fotolaboratorium og støperi. I tillegg kommer 34 atelier, malersal, studioer for video, lyd og foto, forelesningssaler og prosjektrum.

Gjennom hele prosessen har fokus vært rettet på gode byplanmessige grep, publikumsrettede og åpne plassdannelser med klare sikt-, og forbindelseslinjer. Hensikten er å knytte institusjonen både mentalt og fysisk til dagens bysentrum. Studentene tok bygget i bruk ved semesterstart i august med offisiell åpning 11. oktober 2017.

## Kort om Lean i KHiB

Fordi Lean kan ilegges ulik betydning for den enkelte, er det viktig at man forteller hva Lean betyr for en selv, for å unngå misforståelser.

Selve det engelske ordet Lean kan bety bl.a. slank, sparsom, sparsommelig, jevn. For byggenæringen betyr begrepet ofte en miks av kontinuerlig forbedring, fjerning av sløsing, verdiskaping, fokus på prosess og (jevn) flyt. Dette vil kunne variere med sammenhengen, prosjektfasen og det enkelte selskapet.

Da KHiB-prosjektet fikk midler til gjennomføringen i juni 2013, var intensjonen fra prosjektledelsens side at filosofien med Lean metodikk og Lean bygging skulle implementeres allerede i detaljprosjekteringen. Lean skulle gjennomsyre organisasjonen på alle nivåer for å få gjennomslag for en enhetlig kultur. Prinsippene for Lean ble dermed innarbeidet både på strategisk og kontraktuelt nivå, det ble utarbeidet en opplæringsplan og Lean tankesett ble fortløpende implementert i samhandlingen mellom byggherrens administrasjon, de prosjekterende og de utførende.

Etttersom dette ikke var gjort på en tilsvarende systematisk og strukturert måte tidligere, har prosjektet forsøkt å finne sin måte å gjennomføre dette på. For de aller fleste involverte er KHiB det første strukturerte møtet med Lean, og det har følgelig vært lagt inn rom for feiling og prøving.

KHiB-prosjektet har lagt spesiell vekt på at Lean for de involverte innebærer flyt, prosess, helhet, proaktivitet, transparens og bruk av BIM som modelleringsverktøy.

# Hensikten med sammenstillingen

Lean bygging og taktplanlegging har med tiden blitt relativt kjent i byggenæringen. Spesielt takket være «The Last Planner System». Det finnes mye kunnskap og mye litteratur om Lean, både om Lean generelt og om Lean bygging spesielt. Tankene bak, og teorien om Lean er derfor ikke blitt utdypet nærmere her.

KHiB-prosjektet har for både detaljprosjekteringsfasen og byggefasen hatt som mål å arbeide i omfattende grad med Lean prinsipper, Lean mentalitet og Lean metoder. Fordi det fortsatt finnes lite informasjon og kunnskap om temaene KHiB-prosjektet ønsket å bli bedre på, har prosjektet utviklet sin egen metodikk for å kunne arbeide smartere og riktigere med det omfattende prosjekteringsarbeidet. Vi kalte det Lean prosessplanlegging (også kjent som milepælsplanlegging) og Lean prosjektering. Tankegodset kan på mange måter anses å være pionerarbeid.

Prosjektet utviklet også den svært viktige prosessen systematisk ferdigstillelse, som er en strukturert fortløpende testing av alle systemer og funksjoner: Arbeidet må begynne mye tidligere enn det som er tradisjonelt, og det skal til slutt lede til en vellykket og feilfri overlevering av bygget.

Metodene som KHiB-prosjektet har utarbeidet og benyttet, har så langt vært tilnærmet ukjente for bransjen. Det ble derfor i løpet av KHiB-prosjektet utarbeidet totalt fem info-hefter. Heftene ble utgitt på ulike tidspunkter og var ikke tematisk kronologiske. De omhandler Lean Bygging, Systematisk Ferdigstillelse, Lean Strategi, Lean Prosjektering og BIM@KHiB. Heftene gir hver for seg en god oversikt over hva som er gjort og hva man har erfart og lært i prosjektet.

I denne boken er de fem heftene blitt samlet og sammenstilt logisk. Med unntak av innledende og avsluttende avsnitt fra hvert hefte, gjengis heftene her relativt uredigert. Noe overlapp vil derfor kunne forekomme underveis i teksten.

Intensjonen med denne boken er å gi en god oversikt over hva vi har gjort i prosjektet og hvordan. Teamet ønsker også å fortelle hva prosjektet har fått av erfaringer og dokumentere hvordan KHiB-prosjektet samlet arbeidet med Lean, systematisk ferdigstillelse og BIM. Følgelig håper vi også på å kunne gi et bidrag til en stadig bedre næring.

Perioden for gjennomføringen, det vil si detaljprosjekteringen og byggingen i KHiB-prosjektet, strakk seg fra august 2013 til mai 2017.



# Noen generelle anbefalinger ved innføring av Lean

## Erfaringer/læring prosessplanlegging og PCP-plan:

- Lean-arbeidet må være støttet av ledelsen i et selskap, såkalt «top down»-styrt. Helst skal ledelsen også være direkte engasjert. (Dette i motsetning til enkelte ildsjelers arbeid med Lean, såkalt «bottom up».) Topp-styrt Lean-arbeide kan også gjelde for et større enkeltprosjekt, men de varige effektene forsvinner raskere når prosjektet før eller siden avsluttes og oppløses.
- Man må ha langsiktige mål og strategiske planer, for både involvering, opplæring og strukturelle endringer. En Lean kulturendring tar tid! Man kan godt starte med noen få prosjekter, for så gradvis å øke omfanget med tiden, f.eks. 1-5-15-mange.
- Erfaringsutveksling og befaringer til eksterne prosjekter og andre selskaper, og å tilsvarende motta besøk, gir god innsikt i hvordan andre arbeider med de samme prinsippene. Man lærer av hverandre, knytter kontakter og man kan unngå å gjenta feil.
- Et prosjekt eller et selskap bør drive kontinuerlig Lean-utvikling selv, men å få oppfølgende veiledning og opplæring underveis av fagpersoner/konsulenter, er som regel vel anvendte penger.
- Verktøy som underbygger Lean, er ikke viktig ved en seriøs innføring av Lean i et prosjekt eller i et selskap. Lean kun ved hjelp av verktøy vil ofte, men ikke alltid, føre til at man mislykkes. (Det er som å begynne å bruke Excel uten å ha kunnskap om matematikk.).

Anbefalingene støttes også i Lean litteraturen og av Lean foredragsholdere.

Uavhengig av entreprisform, prosjekttype, prosjektomfang eller selskap, er det viktigste at man overhodet begynner med Lean tankegang, metoder og prinsipper, trekker erfaringer og bygger videre fra det ståsted man selv er komfortabel med.

# Alt henger sammen

Det viser seg om og om igjen at alt henger sammen. Å arbeide i «silo» er mer kontraproduktivt enn produktivt. Alle involverte må jevnlig arbeide og kommunisere på tvers av fag- og bedriftsmiljøene. For å nå ut bredt med informasjon er det fordelaktig at oversikter og planer visualiseres på lett tilgjengelige store tavler, whiteboards, smartboards, plakater osv. Transparens fremmer tilliten, oversikten, helhetsbildet og støtten mellom alle de involverte og skaper en tilhørighet til prosjektet.

## Noen utvalgte hovedpunkter som viser at alt henger sammen:

- Prosessplanlegging
- «Bakover»-planlegging
- Lean Prosjektering
- Takt-planlegging
- Funksjon og Geometri i takt
- Systematisk Ferdigstilling
- Tidlig involvering av Underentreprenører (UE) og Leverandører

Tidlig å involvere underentreprenører (UE) og leverandører (LEV) kan ikke poengteres sterkt nok. Det viser seg for ofte at kontraktspartene (sett fra en byggherres ståsted) primært tenker på egne ansatte og poster i egen del av beskrivelsen. For ofte har man ikke tenkt på produkter som har lang leveransetid, omfattes av særskilte funksjonskrav eller krever særskilt aksept av rådgiver eller arkitekt. Så lenge Lean kultur ennå er ungt hos mange selskap, må UE og LEV planlegges kontrahert tidlig (ved f.eks. byggherrens hjelp og støtte).



# Lean Strategi



# Lean i KHiB-prosjektet

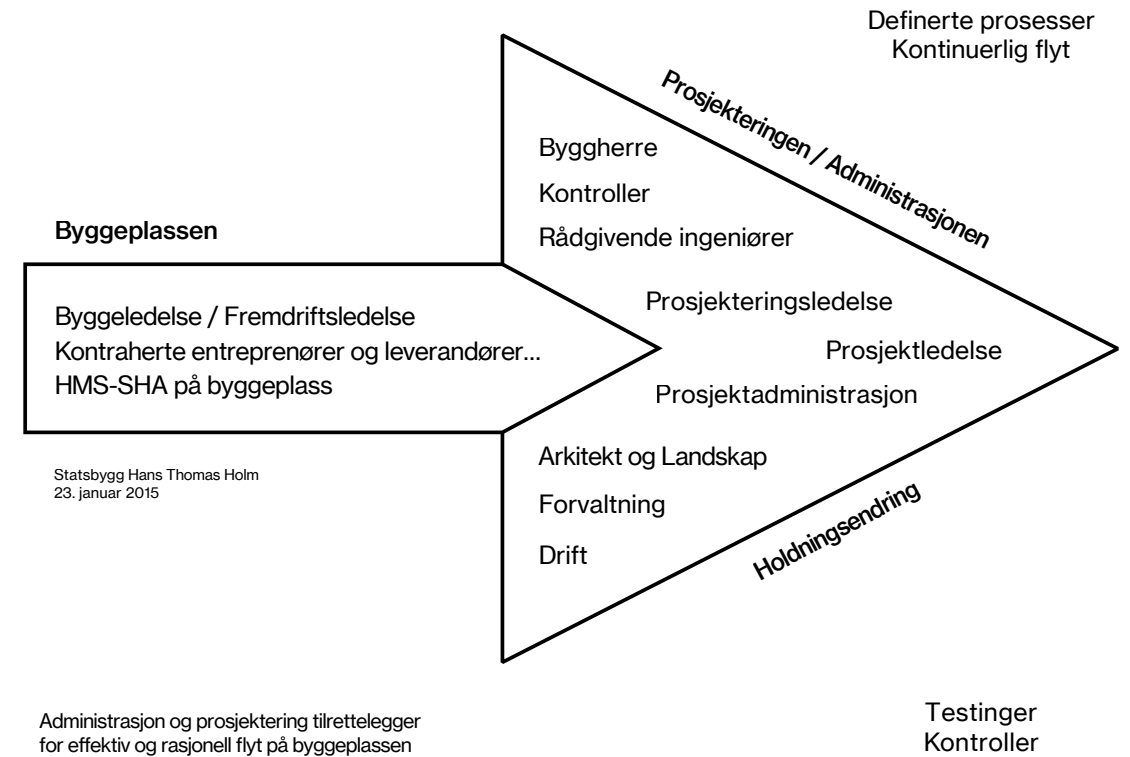
Ved tildelingen av midler til gjennomføringen av KHiB-prosjektet i juni 2013, var intensjonen fra prosjektledelsens side at filosofien med Lean metodikk og Lean bygging også skulle kunne gjøres allerede i detaljprosjekteringen. Lean skulle gjennomsyre organisasjonen på alle nivåer for å få gjennomslag for en enhetlig kultur. Det ble viktig å innarbeide prinsippene for Lean i en strategisk plan, i flest mulig grunnleggende kontraktsdokumenter, i en opplæringsplan og for den fortløpende samhandlingen mellom byggherrens administrasjon, de prosjekterende og de utførende. Ettersom dette ikke var gjort på en tilsvarende systematisk og strukturert måte tidligere, har prosjektet forsøkt å finne sin måte å gjennomføre dette på.

(For de aller fleste involverte er KHiB det første strukturerte møtet med Lean, og det har følgelig vært lagt inn rom for feiling og prøving.)

# KHiB-visjon: fra reaktiv til proaktiv

KHiB-prosjektet har særskilt lagt vekt på å skape og vedlikeholde en Lean kultur og Lean holdninger. Prosjektet har ikke prioritert KPI'r (Key Performance Indicators, dvs. målinger) og verktøy. Ved å ligge vesentlig i forkant med planleggingen, har hensikten vært at alle involverte blir mer proaktive enn reaktive. Det viser seg at denne endringen er lettere sagt enn gjort, men også at endringen er mulig å få til.

Prosjektets visjon har blitt definert til å være: **Fra reaktiv til proaktiv**. Figurativt er dette illustrert ved at administrasjon, prosjektering og andre skal «ploge» unna utfordringer og mulige problemstillinger slik at byggeplassen ved byggeledelse og entreprenører kan få best og mest mulig flyt i produksjonen.





# Lean samhandlingsnotat Strategisk plan

Et grunnleggende dokument for prosjektet har vært «Lean Samhandlingsnotat». Notatet beskriver bl.a. alle prosjektmålene, hvilke kontraktsdokumenter som behøver egne tekstavsnitt om Lean, hvordan Lean skal læres ut i prosjektet, i hvilke faser de ulike delene av Lean vektlegges osv. Samhandlingsnotatet fulgte med som et overordnet juridisk dokument på linje med anbudsdokumentene i alle entreprisene som ble kontrahert, og det ble en del av kontraktsunderlaget.

Erfaringen tilsier at dette dokumentet kan beskrives enda bedre og enda mer omfattende, men også at dette har vært en meget god «oppskrift» for Lean implementering i prosjektet.

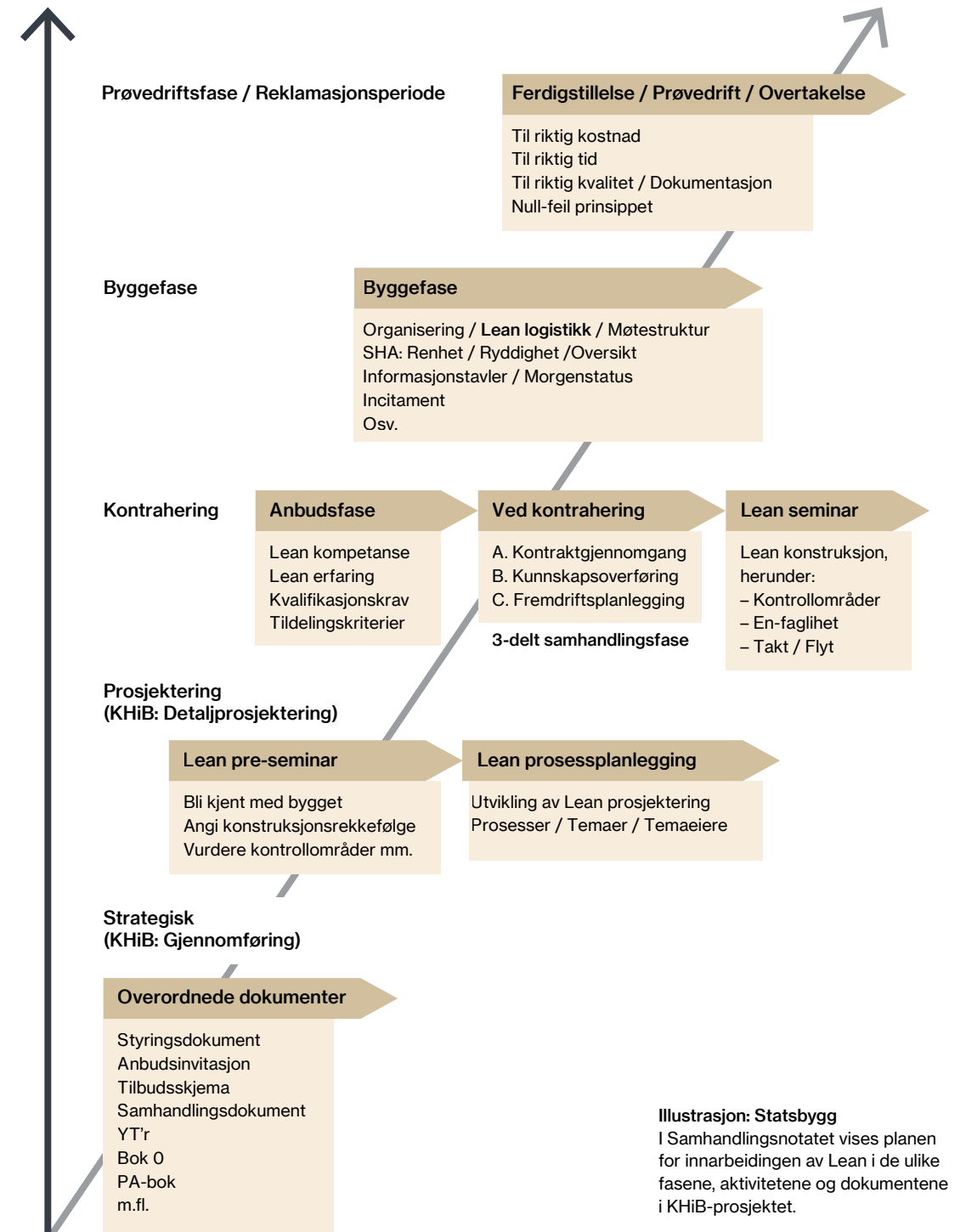
Etterfølgende illustrasjon viser rekkefølgen på den strategiske implementeringen av Lean i KHiB-prosjektet, med hovedvekten for hver enkelt delfase særskilt angitt:

- Lean i kultur og mentalitet  
Skape en sterk Leankultur sammen  
«Plogen»
- Lean prosessplanlegging  
Definere, planlegge og tenke i arbeidsprosesser Flyt-  
effektivitet vs. ressurs-effektivitet: Prioritere flyt
- Lean prosjektering  
Store, uhåndterbare oppgaver deles i mindre, likartede,  
håndterbare biter Visuell planlegging, helhet og  
transparens
- Lean konstruksjon og logistikk  
Takt-kontrollområder / Tverrfaglige avhengigheter /  
Enfaglige-byggesekvenser Leveranser «just-in-time»
- Verktøy: BiM og dRofus (database romfunksjonsprogram)

## Erfaringer/læring:

- Samhandlingsnotatet, dvs. den strategiske planen, la grunnlaget for at Lean kunne benyttes gjennom hele prosjektet og på alle nivåer.
- Det er svært lett å falle tilbake til tradisjonelle vaner. «Gravitasjonskreftene» til det tradisjonelle er svært sterke. Derfor må Lean tankegang og kultur hele tiden vedlikeholdes.

## Lean-elementer og Samarbeidsmodellen



# Lean implementering: Elementer benyttet i KHiB-prosjektet

## Overordnede kontraktsdokumenter

I tillegg til Samhandlingsnotatet ble det skrevet mindre avsnitt om Lean i de fleste overordnede kontraktsdokumentene, som f.eks. styringsdokumentet, anbudsinvitasjonen, tilbudsskjemaet, ytelses-beskrivelsene, Statsbyggs «Bok 0» og de prosjektadministrative rutinene (PA-boken).

Prosjektet inkluderte tekstavsnitt om Lean i en rekke ulike anbuds- dokumenter, med den kunnskapsmodenheten man til enhver tid har hatt om Lean. Det er naturlig at disse tekstavsnittene utvikles og blir bedre med økende erfaring for hvert prosjekt man gjennomfører med Lean metodikk.

## Preseminar / «Bakoverplanlegging»

Gjennomføringsbevilgningen for KHiB-prosjektet kom juni 2013. På det tidspunktet var først og fremst Snøhetta bærere av prosjekthistorikken. De øvrige deltakerne var nye. Rambøll ble kontraherte fra og med detaljprosjekteringen. Også Statsbyggs og Kunst- og designhøgskolens ansatte var nytilkomne.

En første aktivitet for å få hele KHiB-teamet til å være et team, å tenke i like baner og for å legge til rette for videre Lean-opplæring, var å gjennomføre et to dagers preseminar. Hovedmålet med seminaret var å få forståelse for hva «bakoverplanlegging» innebærer. Forstå-else av rekkefølgen for hvordan bygget skal bygges «bakfra» (fra ferdig bygg tilbake til tidlig prosjektering) er grunnleggende for at man deretter gjennomfører også prosjekteringen i riktig rekkefølge.

Ved hjelp av laminerte plantegninger i A0-format diskuterte mindre grupper seg frem til hvordan bygget faktisk burde bygges. Det var en gruppe for hver etasje i bygget, og hver gruppe var satt sammen av alle involverte firmaer for å 'riste teamet' godt sammen. Gruppene var supplert med kompetanse fra den utførende delen av bransjen; entreprenører og byggeledere.

## Erfaringer/læring:

- Det er helt avgjørende for den kommende prosessplanleggingen at teamet har god forståelse for hva bakoverplanlegging inne-bærer. Det er like avgjørende at prosjektteamet har reflektert godt på hvordan bygget skal bygges frem til det står ferdig. Man må grundig prioritere aktivitetenes riktige rekkefølge, både for bygging (geometri) og testing (funksjon).

## Å skape en felles plattform

Et prosjekt har behov for en felles plattform, et felles «språk» og en felles kultur når det arbeides med Lean. Dette gjelder spesielt når modenheten kring Lean fortsatt er lav. (Byggenæringen har ennå langt igjen til man har passert «den kritiske massen», dvs. fra der Lean-kul-turen er blitt en naturlig del av væremåten og ting 'går av seg selv'.)

For ingeniørene i Rambøll, arkitektene i Snøhetta og mange av Statsbyggs ansatte, var Lean fortsatt relativt ukjent. For å skape en best mulig felles plattform i KHiB-prosjektet, startet man Lean-ferden og detaljprosjekteringen med et halvdagsseminar og foredrag av den kunnskapsrike Niklas Modig. I forkant hadde alle fått utdelt hans bok «Dette er Lean» til gjennomlesing. Dermed var grunnleggende begrep og filosofien blitt forklart på en svært enkel og motiverende måte, og KHiB-teamet kunne snakke om Lean uten å snakke forbi hverandre.

## Erfaringer/læring:

- En felles plattform og et felles «språk» i et prosjekt, eller i et selskap, er avgjørende for at kulturen utvikles i ønsket retning.
- Eierskapet er avgjørende. Medarbeidere må involveres, engasjeres og ha mulighet og vilje til å bidra i utviklingen.

## Prosessplanlegging

Nytt for prosjektet (og byggenæringen) er KHiB-prosjektets utstrakte bruk av prosesser og prosessplanlegging. Etter å ha fått en felles plattform, gikk prosjektet i gang med å planlegge de viktigste nøkkel-punktene og delfasene for detaljprosjekteringen og byggefasen. Man brukte to hele uker på oppgaven i regi av Lean-konsulentene, og resultatet ble det såkalte «PCP»-kartet (PCP = Product Creation Process).

Det skal erkjennes at selve PCP-kartet er blitt benyttet i mindre grad enn tenkt i KHiB-prosjektet. Erfaringen er at kartet skal omarbeides med hensyn til nøkkelpunktene, og det må benyttes aktivt i mer utstrakt grad i et neste prosjekt. Ukene med PCP-kartet ga samtlige prosjektdeltakere enn svært god helhetsforståelse av fasene man var i ferd med å påbegynne.

Prosessplanlegging har vært en sentral del av prosjektet, og det er derfor beskrevet mer detaljert i et eget avsnitt under.

### Om kriterier ved kvalifisering og tildeling (offentlig anskaffelse)

Som et statlig selskap følger Statsbygg loven om offentlige anskaffelser. Dette påvirker utarbeidelsen av anskaffelsesdokumentene, kriteriene for tildeling av entrepriser med mere. Dette i motsetning til private selskaper som kan anskaffe slik de finner det formålstjenlig.

Offentlige anskaffelser innebærer som regel at anbydere må gjennom både en kvalifikasjonsrunde og en tildelingsrunde. Markedet var pr. 2016 ikke tilstrekkelig modent med hensyn til Lean kompetanse og erfaring, men kunnskapen er økende.

KHiB-prosjektet valgte tradisjonelle krav i kvalifikasjonsrunden. For å sikre seg at vinnende anbydere hadde kompetanse og erfaring om Lean, ble alle kontraktene utlyst med en 20% vektning på Lean i tildelingsrunden. Formålet var å gjøre det lettere for prosjektet å få en felles Lean plattform med entreprenørene. Erfaringen tilsier at det fortsatt er svært mye potensiale i dette kriteriet og at man nøye vurderer hvordan kriteriet skal utformes for å få en god effekt.

For kommende prosjekter vil det være viktig at evalueringen av kriteriet Lean gjøres med hensyn til hvordan et selskap vil gjennomføre oppdraget, dvs. hvordan man vil benytte Lean prinsipper og metodikk i prosjekteringen og/eller byggingen. Riktig bygging på første forsøk vil betraktelig sikre fremdriften, øke kvaliteten, bedre de økonomiske

### Erfaringer/læring:

- Vektingen av Lean kan gjerne økes. For å være sikker på at tilbyrder kan sitt (Lean)fag, anbefales også vektingen vurdert ved hjelp av f.eks. presentasjoner og/eller intervjuer av personellet som tilbys.
- Det må sikres at tilbudt personell deltar aktivt gjennom hele prosjektets levetid.

### Plan for seminar og opplæring

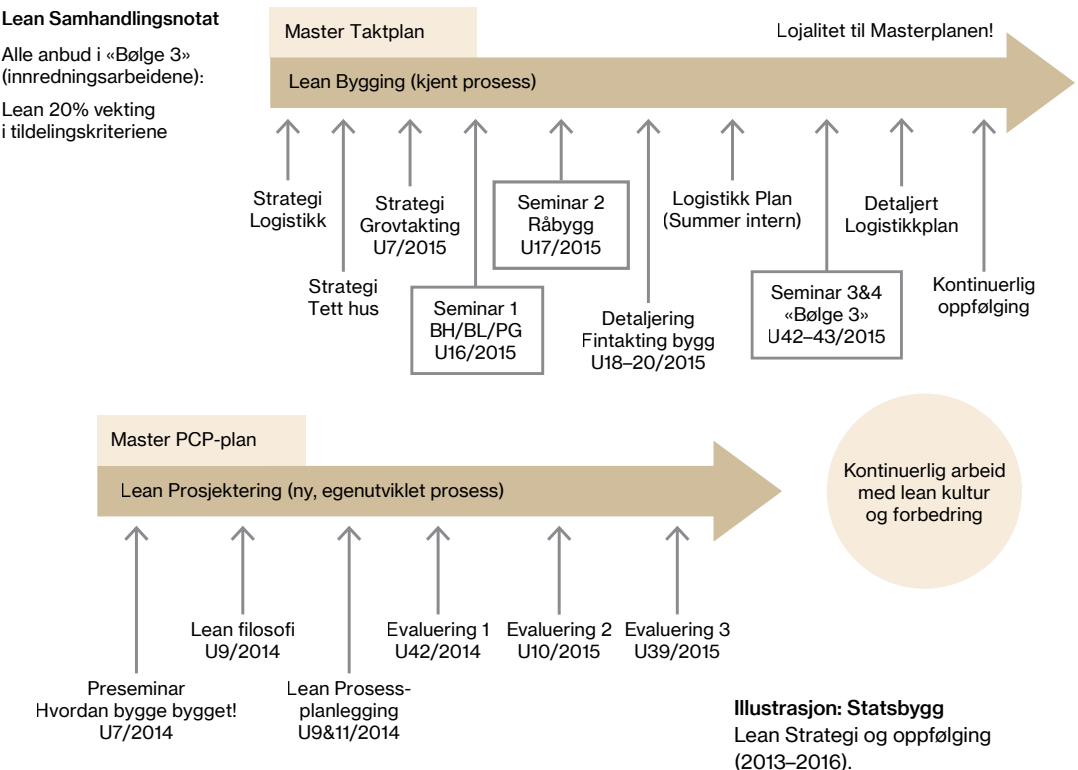
Dersom et prosjekt ønsker å innarbeide en Lean kultur samt å benytte Lean prinsipper og Lean metodikk, er det viktig at teamet har en plan for jevnlig kursing og kunnskapsoppdatering gjennom prosjektets levetid. Jevnlig besøk av en Lean veileder, som sørger for at man havner på rett Lean kurs igjen, er også å anbefale. En organisasjon som er uvant med Lean arbeidsfilosofi, vil raskt trekkes mot det tradisjonelle handlingsmønsteret. («Gravitasjonen mot det tradisjonelle og vante er svært sterk.»)

### Planen som KHiB-prosjektet fulgte besto i hovedtrekk av følgende:

- Opplæring og bruk av prosessplanlegging.
- Fortløpende evalueringer av prosessen.
- Opplæring (seminarer) i Lean taktplanlegging (blandede grupper med både byggeledere, rådgivere og entreprenører for å skape teamfølelse på tvers).
- Kontinuerlig veiledning gjennom byggefasen.

#### Lean Samhandlingsnotat

Alle anbud i «Bølge 3» (innredningsarbeidene):  
Lean 20% vektning i tildelingskriteriene





**Erfaringer/læring:**

- En strategisk plan for kunnskapsheving, som f.eks. opplæring, seminarer, kurs ol., er en viktig bidragsyter og et godt hjelpemiddel for å holde en stabil retning i utviklingen av eget prosjekt eller eget selskap.
- Involvering av et eksternt Lean-selskap som bidrar til å holde prosjektet eller firmaet på stabil kurs, er vel anvendte penger. Benytt en rådgiver man kommer godt overens med. Selve «grovarbeidet» må uansett gjøres av en selv.

**Lean prosjektering**

Lean Prosjektering beskrives nærmere i et eget kapittel. Dette punktet vil fremheve noen viktige prinsipper som er gjennomført i KHiB-prosjektet.

Prosjekterende har i likhet med utførende, en tilbøyelighet til å arbeide i silo, dvs. enfaglig og ressurseffektivt for selv å bli raskest mulig ferdig. For å unngå de typiske problemene ved prosjektering, har KHiB-prosjektet lagt vekt på at man også i prosjekteringen har avgjørende fokus på å følge prinsippene for prosessplanlegging, flyteffektivitet og «bakoverplanlegging». Videre skal de ulike fagområdene holde en jevn og likeverdig arbeidsrytme som tjener byggingens fremdrift på en rasjonell, logisk og proaktiv måte.

Hele prosjekteringsgruppen utarbeidet sammen en naturlig fremdriftsplan basert på fremdriften til hhv. prosessene bygging og systematisk ferdigstilling. Dette medførte at tradisjonelle kontrakter fikk et noe utradisjonelt innhold som samsvarte bedre med byggingen.

Videre ble prosjekteringsgruppen samlet jevnlig (tre dager annenhver uke), på de såkalte samhandlingsdagene. Man hadde felles visuell planlegging for å holde en jevn rådgiverfaglig fremdrift, og man kommuniserte bredt om enfaglige og tverrfaglige utfordringer og hvilke oppgaver som skulle ha prioritet i den kommende perioden.

Lean prosjektering slik det er gjennomført i KHiB-prosjektet, er et nybrottsarbeide og ikke observert tidligere i andre byggeprosjekter i Norge.

**Erfaringer/læring:**

- Å følge prinsippene prosessplanlegging, flyteffektivitet og «bakoverplanlegging» i prosjekteringen har i stor grad redusert antallet avvik og endringer og gitt byggeplassprosessene en bedre gjennomføring.
- Lean prosjektering innebærer blant annet at man allerede i prosjekteringen må ha i tankene hvordan bygget skal bygges og systematisk ferdigstilles. Dermed kan byggingen og den systematiske ferdigstillingen gjennomføres mest mulig optimalt.
- Det vil være en fordel om byggefag og tekniske fag tidlig kan komme med innspill til prosjekteringen noe som kan redusere hold på underlaget eller sene endringer.

**Kvalitetssikring av prosjektert underlag**

Lean Prosjektering beskrives nærmere i et eget kapittel. Den viktige aktiviteten kvalitetssikring av prosjektert underlag nevnes likevel her.

KHiB-prosjektet benyttet underlaget i BIM-modellen til å planlegge fremdriften for byggeperioden ved hjelp av taktplanlegging. Over en tre-ukers periode ble det prosjekterte materialet gjennomgått av byggeledere, prosjekteringsgruppen og prosjektledere. Sammen bygget man bygningen teoretisk trinn for trinn, noe som er mulig med hjelp av bl.a. BIM.

**Aktiviteten ga betydelige effekter:**

- Rådgiverne kvalitetssikret eget underlag. Mange avvik og mangler ble oppdaget, korrigert og oppdatert underveis i denne perioden.
- Byggelederne fikk en grundig innsikt i beskrivelsen og bygget og hvilke særskilte utfordringer dette bygget ville stå overfor.
- Anbudsunderlaget kunne sendes ut sammen med en detaljert fremdriftsplan, selv om fremdriften ikke var endelig fastlagt.
- Ting som man måtte ha særskilt fokus på fra leverandørene, pga. f.eks. lange leveransetider eller komplekse strukturer, kunne listes tidlig og dermed settes i bestilling kort tid etter kontrahering.

**Erfaringer/læring:**

- Gjennomgangen anbefales gjort før anbudsutsendelse i alle prosjekter!
- Rådgivere må tverrfaglig involveres og ta eierskap til byggeprosessen



### Kontrahering og samhandling

- Kontrahering: For å sikre kunnskap og erfaring om Lean (eller tilsvarende) hadde alle de såkalte bølge-3-kontraktene krav om 20% Lean som kriterium for tildeling. («Bølge-3» er en fellesbetegnelse på de 7 kontraktene som til sammen utgjorde byggeriet for alle innredningsarbeidene, dvs. etter milepælen tett bygg.) Kriteriet ble i flere tilfeller utslagsgivende. De 7 kontraktene ble i KHiB-prosjektet kontrahert på samme dag.
- Samhandling: KHiB-prosjektet valgte å gjennomføre en utstrakt (bygge-) prosessbeskrivelse og taktplanlegging før anbudsutsendelsen, anslagsvis «80%». (Se foregående avsnitt.) I denne forutsetningen lå også at man sammen med entreprenørene skulle bruke lang og god tid på den endelige og omforente taktplanen. Tre-fire måneder var satt av til dette arbeidet, som ble kalt samhandlingsfasen. (Samhandling kan defineres og gjennomføres ulikt fra prosjekt til prosjekt.) Det skulle vise seg at tiden likevel ikke var tilstrekkelig. Prosjektet hadde vanskeligheter med å få riktig aktør på plass tidlig nok. Ressursene ankom byggeplassen kun kort tid før man skulle i gang med arbeidene. Dette påvirket møteinnholdet for samhandlingen. Innholdet kunne i møtene også vært bedre definert.

### Erfaringer/læring:

- For fremtiden vil det være ønskelig for evalueringen av tildelingskriteriet at ressurser som tilbys som prosjekt-ansvarlige også er de som forklarer hvordan Lean prinsipper og metodikk skal benyttes i gjennomføringen, i form av f.eks. en presentasjon med fokus på gitte sentrale temaer.
- Sett fra en byggherres ståsted kan kriteriet Lean gis enda større vektning for å vise betydningen av å planlegge, være systematisk og arbeide riktig.
- Det er svært viktig at de riktige ressursene er med fra begynnelsen av samhandlingen for å vurdere taktplanleggingen og få den omforent. Det er i alles interesse at taktplanen er forutsigbar og stabil gjennom hele byggefasen.
- En ytterligere mulighet for bedret samhandling, kan være å avtale et utvidet antall omforente og implementerte milepæler med kollektive insentiv, i form av mange bonus/malus.



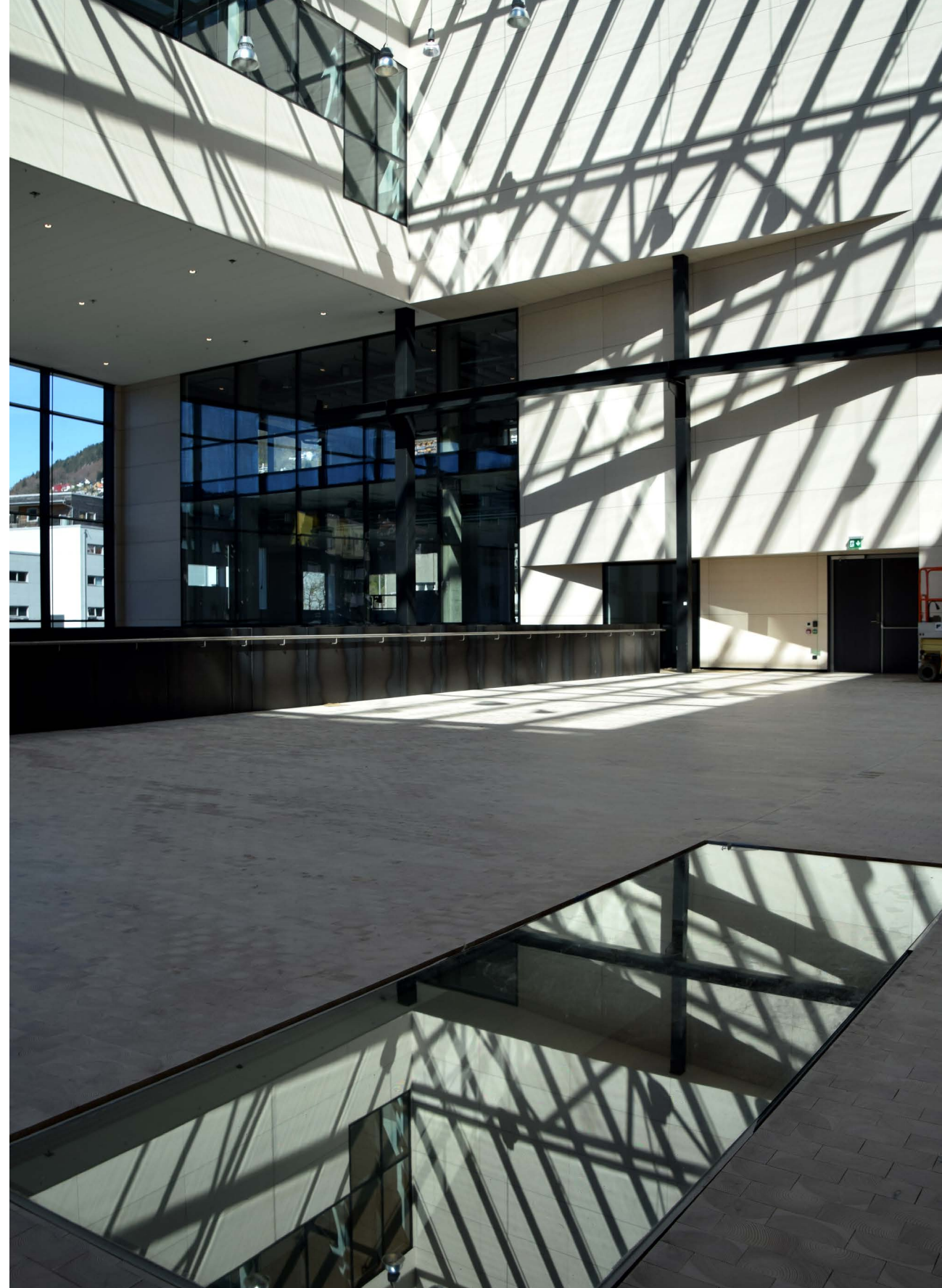
**Byggefasen og «supertirsdagene»**

KHiB-prosjektet innførte begrepet «supertirsdager». Det var en forlengelse av annenhver ukes samlokalisering fra prosjekteringsperioden. Annenhver tirsdag (og den første halve byggefasen også på onsdager) møttes alle involverte, dvs. rådgivere, entreprenører, brukere, driftspersonale, byggeledere og prosjektledere, for å løse gjenstående prosjektering, hengepunkter, feil, mangler, avvik mm. Den som var ansvarlig for et tema sørget for at nødvendige ressurser deltok for å avklare temaet. På denne måten kunne man ligge i forkant med mange utfordringer (bl.a. dørmiljø, eltavler og energisentralen) og skape god kontakt på tvers av alle fagmiljøene.

Gjennom byggefasen ble taktplanen stadig mer detaljert. Man oppdaget at vertikale flater måtte planlegges like mye som horisontale flater, særlig der disse arealene krysset hverandre, ikke minst pga. HMS-forhold. Tverrfaglige aktiviteter og avhengigheter ble oppdaget underveis og kunne planlegges, noe som ofte medførte justeringer av fremdriften. Det beste er om alle de kjente forholdene og typiske utfordringene kan planlegges i forkant.

**Erfaringer/læring:**

- Møtestrukturen og møteinnholdet vil endre seg i løpet av byggefasen. Det må følgelig vurderes fortløpende hvordan møtene best gir verdi for alle.
- Å kunne involvere også håndverkerne er viktig, ikke minst for å skape et Lean eierskap ut i alle ledd av organisasjonen.
- Det er særdeles viktig å kartlegge og vektlegge tverrfaglige aktiviteter, aktiviteter med tverrfaglige avhengigheter, produkter/leveranser som har lange leveransetider og informasjon som rådgivende behøver for å fullføre (leverandør-) prosjekteringen.
- Lean Taktplanlegging bidrar i utstrakt grad til at man blir bevisst på tverrfaglige forhold, og at man dermed kommer ut av sin «silo».
- Visualiser mest mulig på f.eks. whiteboards eller smartboards noe som vil fremme åpenhet, tillit og tilgjengelighet.







### BIM-kiosker, Takttavler og egen byggeleder for BiM og digital samhandling

KHiB-prosjektet har benyttet seg av 6 flyttbare BIM-kiosker. Disse var priset inn i entreprenørens beskrivelser. I løpet av byggeperioden ble de benyttet mye særlig av de tekniske håndverkerne for å ta ut mål, data og plasseringer og for å fange opp siste reversjon. (BIM-kiosker er allerede i ferd med å bli standard utstyr på en byggeplass. Kommersielle produkter finnes. Søk på nettet gir flere treff.)

Til å lære håndverkerne bl.a. hvordan BIM-kioskene skulle benyttes og hvordan man navigerte i modellen for å hente frem informasjon, har byggherren hatt en egen byggeleder for BIM (BL BIM). Alle håndverkerne fikk opplæring i håndtering av 3D-modellen. BL BIM har også fulgt opp vedlikeholdet og oppdateringen av BiM-modellen. BL BIM har i tillegg sammen med prosjekterende og håndverkerne (bl.a. baser og formenn) gått gjennom områdene som skulle påbegynnes hhv. 6, 4 og 1 uker før selve oppstarten. Dette for å være best mulig forberedt til start. Dette er prosesser som fortsatt kan øves inn og forbedres betydelig.

Hvert kontrollområde i bygget har hatt en egen såkalt takttavle hvor områdets status daglig ble gjennomgått i et kort møte. Dermed var alle orienterte om status på fremdriften til enhver tid, og evt. tiltak kunne settes i verk på kort varsel.

Temaene tas opp nærmere i kapitlene Lean Bygging og BIM@KHiB.

#### Erfaringer/læring:

- Bruken av BIM-kiosker har utelukkende vært positiv, og det er spesielt de tekniske fagene som har benyttet dem i stor grad.
- Bruken av digitale verktøy vil øke vesentlig i omfang i tiden fremover.
- Takttavler øker transparens og samhandling mellom alle fagene på byggeplassen, noe som er meget fordelaktig for alle.

### Prøverom, Logistikk og Mellomlager

KHiB-prosjektet har vektlagt byggingen og bruken av et prøverom. Dette for å la entreprenørene og byggelederne innhente verdifull læring for byggeprosessene i bygget var i full aktivitet, de såkalte «togene og vognene» (se eget kapittel). Prøverom kan også benyttes som vurderingsgrunnlag for byggherren ved usikkerhet om materialer, farger, praktiske løsninger osv. KHiB-prosjektet fikk ikke fullt ut utnyttet prøverommet, men man ser at det er en svært verdifull investering for både byggherre og entreprenører.

KHiB-prosjektet har også prioritert å ha en egen logistikksjef. Det er svært store mengder med varer og transportere som ankommer en byggeplass. Det er et stort potensiale i å ha rett mengder, til rett tid og på rett plass. Videre kan de ulike faktorene for sløsing reduseres vesentlig ved riktig logistikkplanlegging; flytting, skader, venting, svinn osv. Som en bonus oppnår man også å ha en ryddig byggeplass og øket sikkerhet (HMS) for alle. Prosjektet opplevde lite støy ved logistikken og ser at Lean supply chain management har et stort potensiale. Den største utfordringen var leverandører og transportører som likevel kom der det passet dem best. Det må diskuteres videre hvordan bransjen skal være oppdragende for... seg selv.

For å lette logistikkplanleggingen, spesielt for langtilreiste transportere, hadde KHiB-prosjektet fordelene av å ha et større lokale som mellomlager like ved byggeprosjektet. Der kunne entreprenørene vederlagsfritt lagre og prefabrikkere mindre deler som skulle inn i nybygget, noe de hadde stor nytte av.

Effekten av et mellomlager for byggeplasser med små og trange områder (i f.eks. byområder) har et stort potensiale og må utvikles videre.

### Erfaringer/læring:

- Prøverom bør bygges og utnyttes fullt ut i byggeprosjekter. Enten ved at man har et separat bygget prøverom, eller ved at en mindre sektor i byggeprosjektet bygges ferdig. Læringen om bl.a. taktingen er svært verdifull.
- Logistikkplanlegging bør være en tverrfaglig ressurs som følger prosjektet helt fra planleggingens start til ferdigstillingen. Lean supply chain management har et svært stort potensiale.
- Bruken av et mellomlager, for bl.a. ompakking, lagring, mindre prefabrikkeringer mm. er undervurdert og har et stort potensiale. Entreprenører kan trolig med fordel gå sammen om å utvikle denne bruken videre.

# Lean prosessplanlegging

For å gi hele teamet et helhetsbilde av totalprosjektet og for bedre å forstå hvordan alt henger sammen, startet detaljprosjekteringen opp med en grundig hovedprosessplanlegging. Det ble i KHiB-prosjektet satt av to hele uker til planleggingen, og teamet ble samlet i egne konferanselokaler. (Det skal erkjennes at ingen i prosjektet var kjent med hva man egentlig gikk til.) Statsbyggs prosjektmodell med tilhørende hovedmilepæler var utgangspunktet for så å plassere byggeprosjektets hovedprosesser i et system.

### Trinnene i prosessplanleggingen:

1. Definerer hva som er hovedprosessene i prosjektet. Normalt har et byggeprosjekt 8-12 prosesser. Definisjonen av hvilke disse er, kan utløse lengre diskusjoner. (Begrensning for KHiB: Teamet definerte kun hovedprosessene for detaljprosjekteringen og byggingen. Tidligere hhv. senere faser er ikke definert nærmere.)
2. Innenfor hver hovedprosess definerer teamet deretter de viktigste milepælene i kronologisk rekkefølge, de såkalte nøkkelpunktene. (Det benyttes to adskilte begrep for ikke å blande sammen prosjektets hovedmilepæler med hovedprosessenes milepæler.) Hver prosess bør som regel ikke ha flere enn 15-20 nøkkelpunkter.

NB: Nøkkelpunktene i PCP-planen er utelukkende ferdigpunkter, dvs. når noe er f.eks. fullført, ferdig, godkjent, avsluttet, levert eller lukket. Det skal ikke angis når en aktivitet starter opp.



3. Alle nøkkelpunktene blir satt i system i relasjon til hverandre, i en såkalt PCP-plan, der PCP = Product Creation Prosess. PCP-planen blir dermed en oversiktlig plan for viktige punkter som prosjektet kronologisk skal gjennom. Det er viktig å være klar over at PCP-kartet ikke fastsetter datoer/tidsrom.
4. Alle nøkkelpunkter beskrives til slutt (detaljert) punkt for punkt med input / aktivitet / output og en ferdigfrist.
  - Input = Forutsetningene for at aktiviteten kan begynne
  - Aktivitet = Beskriver kort og konkret hva som skal utføres
  - Output = Akseptkriteriene for at aktiviteten er fullført/ godkjent/ avsluttet.

Hvert enkelt nøkkelpunkt tildeles dessuten en ansvarlig eier/godkjenner som kan markeres med egne symboler i PCP-planen. Beskrivelsen av nøkkelpunktene er en av de viktigste aktivitetene i prosessplanleggingen. Fra hvert enkelt nøkkelpunkt kan man senere gjennomføre bakoverplanlegging.
5. PCP-planen vurderes og oppdateres jevnlig gjennom prosjektets levetid.

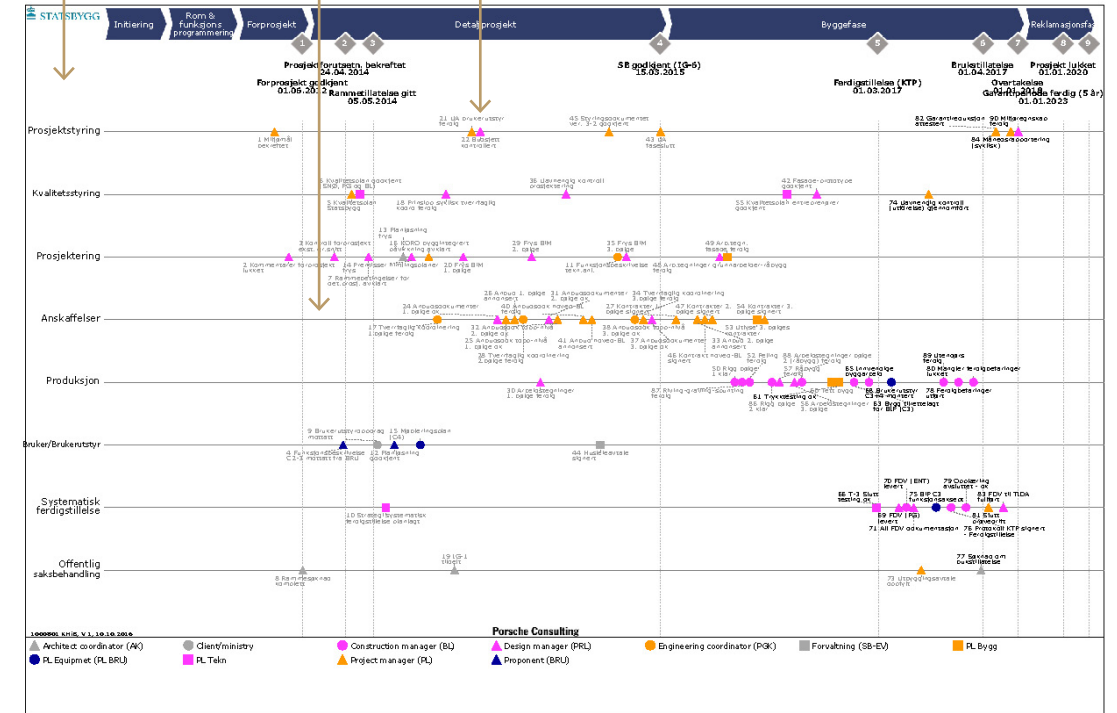
**PCP-planen:**

- PCP-planen er prosjektsjefens oversiktsplan for prosjektet som helhet. Planen gir teamet en felles helhetsforståelse av alle oppgaver og prosesser man har foran seg. Videre blir teamet fortrolig med å tenke, styre og planlegge ved hjelp av prosesser.
- PCP-planer for flere prosjekter kan aggregeres opp til å bli et godt rapporteringsverktøy som forteller prosjekteier (porteføljeforvalter) hvilken status de enkelte prosjektene i porteføljen har og hvor de befinner seg. Dette forutsetter at hovedprosesser og nøkkelpunkter følger et strukturert og innarbeidet system.
- PCP-planen kan også benyttes som en såkalt maksimumsplan. For hvert nytt prosjekt tilføres læring (i form av evt. nye nøkkelpunkter). Ved oppstart av nye prosjekter går man inn i planen og velger til eller velger bort prosesser og nøkkelpunkter før det spesifikke prosjektet opprettes. Man får dermed med en gang en oversikt over hva det nye prosjektet skal gjennom på prosess- og nøkkelpunktnivå.

**8 hovedprosesser:**

- KHiB P1
- KHiB P3
- KHiB P4
- KHiB P6
- KHiB P5
- KHiB P2

Nøkkelpunkter Statsbygg faser og milepeler



Pr. oktober 2015

- KHiB P7 → Main process Systematic Completion
- KHiB P8 → Main process Public Permission

Fokus:

- Logikk i tid
- Kun sluttpunkter



Illustrasjon: Statsbygg/  
Porsche Consulting  
Hovedprosesser og nøkkelpunkter i PCP-planen.

**Prosessen 14-10- og 6-4-1:**

KHiB-prosjektet har hatt som hovedprinsipp å være proaktive, å kunne ligge i forkant. En viktig metodikk å underbygge dette på har vært de to prosessene 14-10 og 6-4-1. Det innebærer at man har satt i system sjekkpunkter hhv. 14, 10, 6, 4 og 1 uker før arbeidene i et gitt såkalt kontrollområde påbegynnes.

Svært forenklet går prinsippet om 7 forutsetninger for en sunn aktivitet igjen i alle disse ukene før oppstarten. (De 7 forutsetningene er beskrevet i kapittelet Lean Bygging.)

Hovedvekten 14 og 10 uker før oppstart ligger på en samhandling mellom de prosjekterende, byggelederne og entreprenørene. Kompliserte utførelser og komplekse avhengigheter diskuteres. Overordnede tverrfaglige utfordringer vurderes og løsninger planlegges. Det tas beslutning om produkter med lang bestillings- og leveransetid slik at de kan komme til byggeplassen i rett tid (de såkalte Long Lead Items = LLI). Detaljeringsnivået er grovmasket. I møtene deltar spesielt de prosjekterende, men også entreprenørene deltar med sine UE og spesifikke leverandører. I KHiB-prosjektet har byggherren ledet møtene.

**For 14-10-prosessen er det særskilt fokus på å sikre:**

- at tverrfaglige problemstillinger er identifisert og løst,
- at prosjektet har produsert alt underlag som skal benyttes i byggingen,
- at løsningene som skal benyttes er byggbare,
- at produkter som skal benyttes er valgt (og leverandørene kontrahert), og at det er identifisert og sikret leveranser til riktig tid.

Hovedvekten 6 og 4 uker før oppstart er samhandlingen mellom byggelederne og entreprenørens utførende ledd.

6-4-møtene forutsetter at det overordnede i 14-10-møtene er avklart og lukket. Tverrfaglige og enfaglige avhengigheter diskuteres og koordineres, og tekniske og praktiske avklaringer planlegges og løses. Detaljeringsnivået er finmasket. I møtene deltar spesielt de utførende med sine UE og spesifikke leverandører, men også de prosjekterende deltar. I KHiB-prosjektet har byggherren ledet møtene.

**For 6-4-prosessen er det særskilt fokus på å sikre:**

- at alle involverte er forberedte på arbeidsomfanget i det kommende kontrollområdet og at ingen uklarheter gjenstår,
- at alt underlaget er mottatt og gjennomgått,
- at bestillinger, logistikk og leveranser er i rute, og
- at involverte entreprenører og byggeledere er tverrfaglig koordinerte.

1 uke før oppstart er det fokus på utsjekk av de 7 forutsetningene for en sunn aktivitet. Saker fra 6-4-møtene skal være avklarte. Møtene gjennomføres av arbeidslaget sammen med baser og formenn uken før oppstart i et kontrollområde.

For å kunne skille mellom prosessene bygging (geometri) og systematisk ferdigstilling (funksjon), ble den forberedende prosessen for systematisk ferdigstilling (se eget kapittel) kalt 6-4-2.

6, 4 og 2 uker før henholdsvis test tas en tverrfaglig gjennomgang hvor alle de ulike forholdene rundt testen blir avklart og omforent. Målet er å proaktivt sikre en godkjent gjennomføring av testen og en oppnåelse av akseptkriteriene.

Kan prosessene settes i et strukturert system, vil mange unødige utfordringer elimineres og mye vinn kan oppnås. Den kulturelle mentalitetsendringen tar likevel tid å innføre. Så også i KHiB-prosjektet.





**Taktplanlegging for byggets enkelte hoveddeler:**

Byggeprosessen (med de tilhørende aktivitetene) for hoveddelene av KHiB-bygget ble enkeltvis og kronologisk beskrevet: Betonggrunnarbeidene, råbygget, fasaden, taktekingen, tekniske rom, trappeoppgangene, innredningsarbeidene, prosjekthallen, heisene og uteområdene. De enkelte hoveddelene vil være spesifikke for hvert prosjekt, men anslagsvis 80% av prosessene KHiB har beskrevet, vil også kunne gjelde universelt for andre bygg. De er dermed repeterbare, noe byggenæringen kan ha stor glede av.

Det som i tillegg må gjennomføres for hvert enkelt prosjekt, er arbeidsmengdeberegningen med tilhørende (og tidkrevende) fremdriftsplanlegging. Settes prosess-metodikken i system, kan bygge- næringen raskt bli bedre til å estimere riktig ressursbruk og eliminere mye unødvendig sløsing.

KHiB-prosjektet benyttet taktplanlegging på ukesbasis. Lean Bygging på KHiB er nærmere beskrevet i et eget kapittel.

**Erfaringer/læring prosessplanlegging og PCP-plan:**

- PCP-planen er et første skritt i retning av å standardisere prosessplanene for et byggeprosjekt. Planen synliggjør aktiviteter og prosesser på en enkel og rasjonell måte.
- Prosessmetodikken kan effektivt benyttes til å bli kontinuerlig bedre og til å standardisere fremdriftsplanleggingen, men det må utvikles en kultur for å arbeide på denne måten.
- Benyttet riktig er PCP-planen et enkelt og svært effektivt styringsverktøy.
- Prosessplanlegging kan effektivt benyttes til å utarbeide beslutningsplaner (for byggherren) og leveranseplaner (for entreprenørene) og angi når frister for mulige endringer passerer. KHiB-prosjektet ser det store potensialet som finnes. Men man erkjenner også at mulighetene ikke ble tilstrekkelig utnyttet.

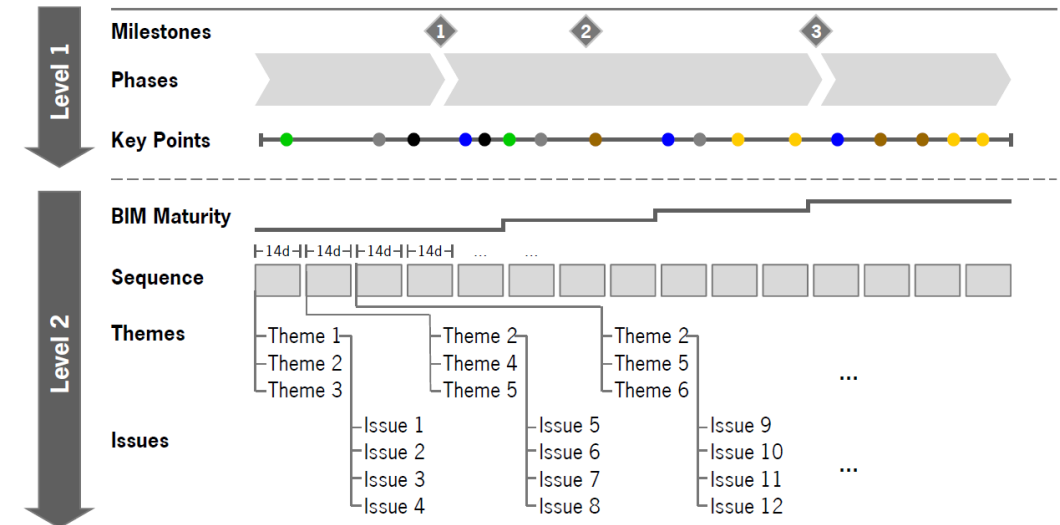
Sammenhengen fra faser og milepæler via PCP-plan, prosessplanlegging og nøkkelpunkter til den enkelte prosessens temaer, takt og temaere kan enkelt illustreres som i illustrasjonen på neste side.

For byggenæringen virker prosessplanlegging ennå å være et relativt ukjent fenomen. Det er likevel store muligheter, spesielt for større byggeprosjekter, å videreutvikle en strukturert og standardisert prosessplanlegging.

### In order to connect the current system of level 2 to the overall level 1 process map the established working procedure was analyzed and illustrated

Level 2 Procedure

Schematic



**BiM-Lean synergieffekter**  
Hovedprosess prosjektering  
Økende BiM-«modenhet»  
2 ukes takt, 3 dagers samlokalisering  
4 trinns styring av temaer/saker

**Illustrasjon: Porsche Consulting**  
Kobling mellom prosessplanlegging og en hovedprosess (her: prosjekteringsprosessen).



The background of the image is a close-up, top-down view of a wooden surface. It consists of several rectangular planks of wood, each showing a distinct, concentric wood grain pattern. The wood is a light, natural color, possibly birch or a similar softwood. The grain lines are curved and form a series of concentric circles or semi-circles, creating a rhythmic, organic texture. The planks are separated by thin, dark lines, likely from the joints or the way the wood was cut. The overall appearance is clean and natural, with a slight sheen. In the upper right quadrant, the text "Lean Prosjektering" is overlaid in a bold, black, sans-serif font. The word "Lean" is on the top line, and "Prosjektering" is on the bottom line, both centered horizontally relative to each other.

# Lean Prosjektering



# Prosjektering, prosjekteringsledelse og prosjekteringsgruppe i KHiB

## Hva er prosjektering

Grovt sett kan en byggeprosess deles inn i Programmering – Prosjektering – Bygging. Disse prosessene går normalt sett fasevis og det eksisterer ulike fasemodeller. Byggebransjen har i de senere årene søkt å bli enige om en felles modell basert på RIBA sin standard (RIBA = Royal Institute of British Architects). KHiB har fulgt denne modellen. Prosjekteringen skal sy sammen det komplekse bildet det er å ivareta alle interessenters behov som igjen skal materialisere seg i det ferdige bygget.

## Hva er prosjekteringsledelse

Prosjekteringsledelse er den overordnede ledelsen av byggeprosjektets prosjektering. Det er viktig å skille mellom koordinering og ledelse. Litt overordnet sagt handler koordinering om delegering av oppgaver. Ledelse handler om målstyring; en skal motivere de involverte aktørene til å utføre oppgaver rettet mot prosjektets definerte mål. Ulike mål kan være:

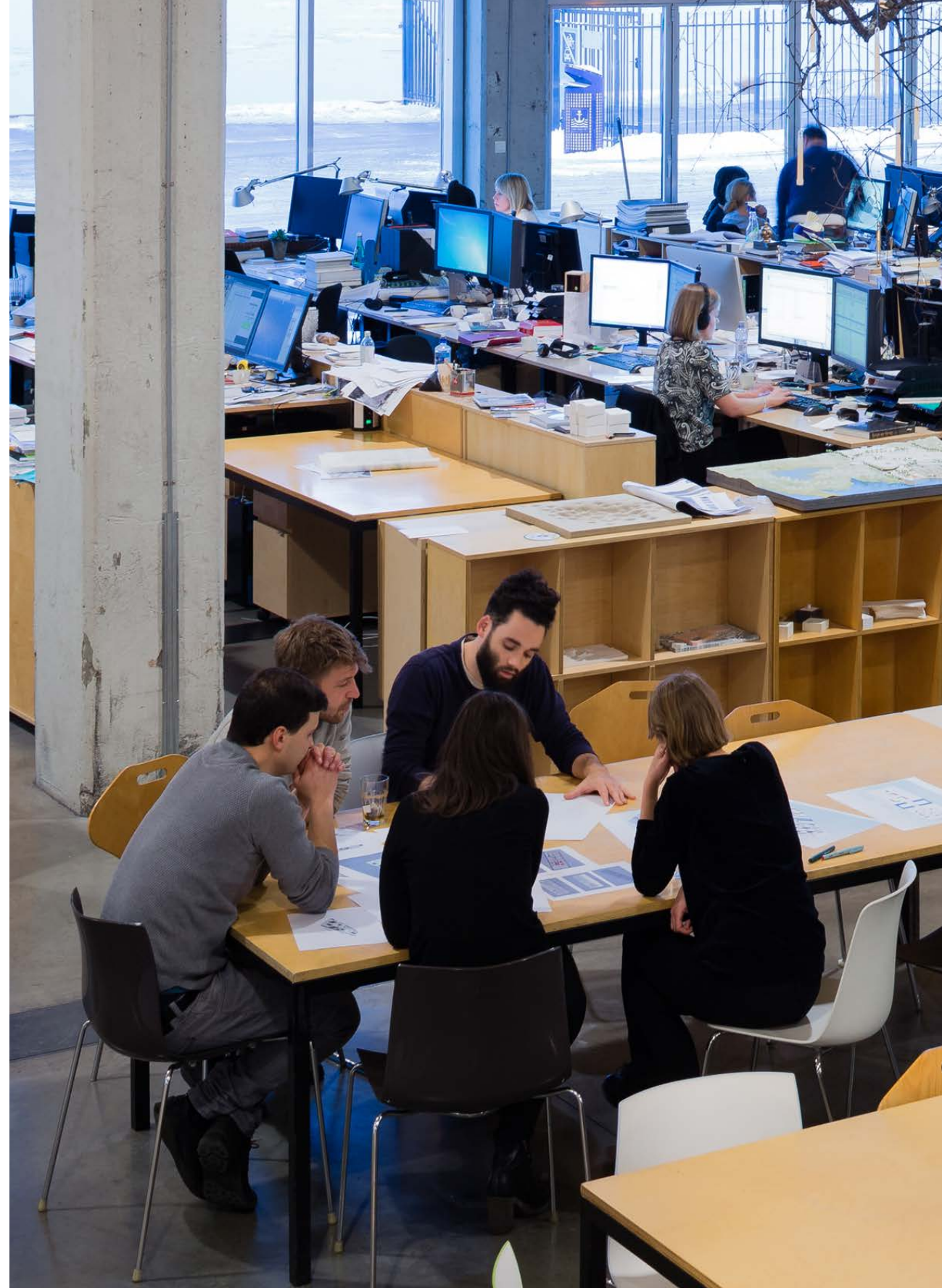
- Samfunns mål
- Funksjonelle mål
- Estetiske mål
- Framdriftsmål
- Økonomiske mål

Prosjekteringsledelse krever tverrfaglig kompetanse innen både prosjektering og produksjon. Og sist, men ikke minst, krever det ledelseskompetanse – da spesielt med tanke på det vi kan kalle relasjonsledelse, å være bindeleddet mellom de ulike aktørene, ikke bare i prosjekteringen.

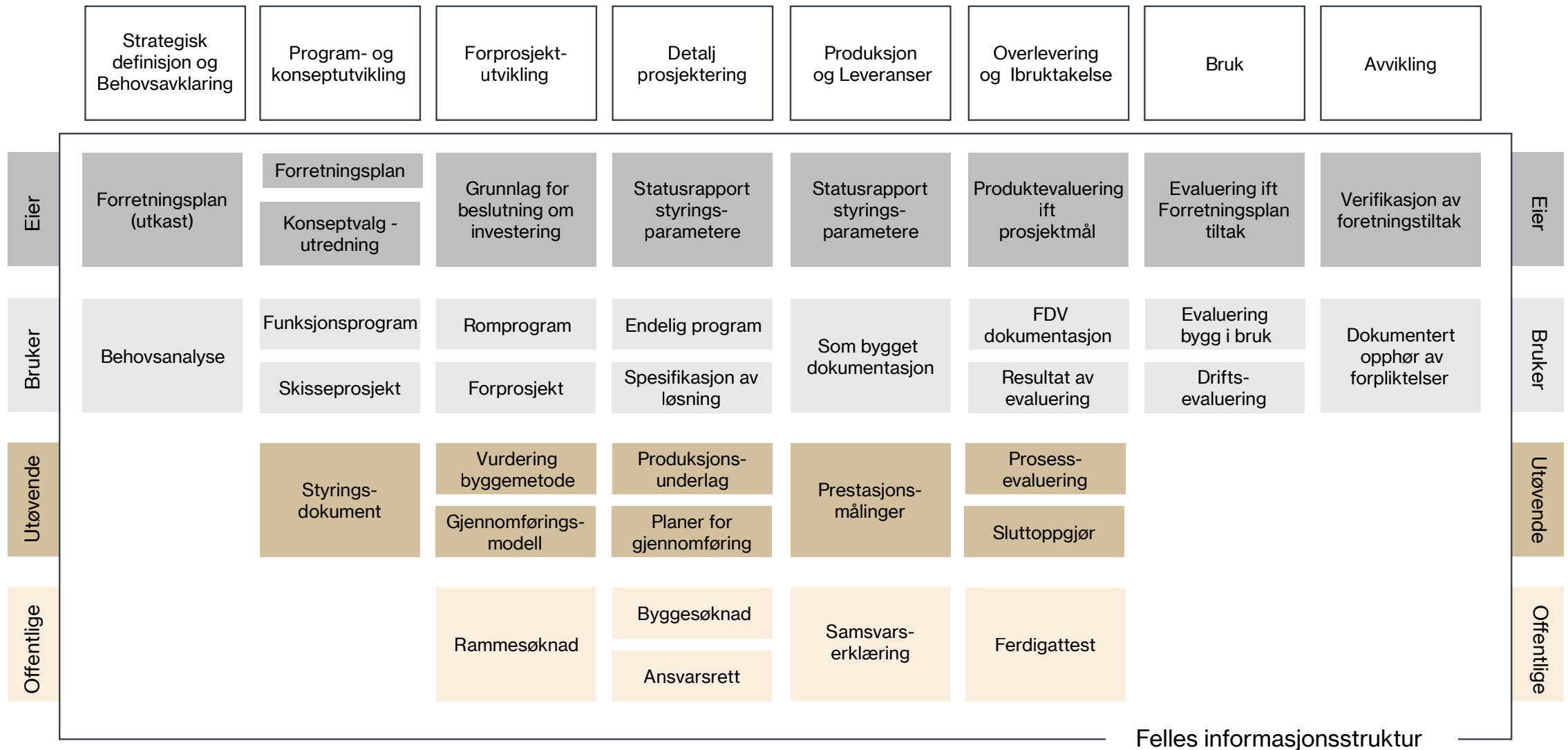
## Hva er prosjekteringsgruppe

En prosjekteringsgruppe er et tverrfaglig team bestående av spesialister som gir faglige input og output innenfor de feltene som må undersøkes for at bygget skal kunne bygges iht. til definerte mål og programkrav. I et komplekst bygg kan det være 15-20 ulike spesialister innom prosjektet i løpet av den tiden prosjekteringsgruppen er involvert, men noen rådgivere vil stort sett alltid utgjøre selve kjernegruppen: Arkitekt, Bygg-, VVS-, og elektroingeniør.

Foto: Snøhetta







Viktige informasjonsleveranser

Kilde: bygg21

# Prosjektering som produksjonsform

I KHiB-prosjektet har vi valgt, med Lean produksjonsmetodikk som bakteppe, å se på prosjektering som en form for produksjonslinje. Når man skal tenke på prosjektering som en produksjonslinje, er man nødt til å tenke i *prosesser*.

## Hva er en prosess

Vi har definert prosess som et sett av aktiviteter som samhandler, i en logisk rekkefølge, for å nå et felles produkt.

## Hva er prosjekterings felles produkt

Vi definerte vårt overordnede felles produkt til å være selve BIM-modellen. Denne modellen blir i neste instans realiseringen av bygget. Overgangen fra BIM-modell til det fysiske bygget er i vårt tilfelle glidende. Byggingen starter opp før prosjekteringsgruppen har fullført sitt arbeid.

## De 5R'ene

For å holde orden på rekkefølgen i den tverrfaglige prosjekteringen, har aktørene i fellesskap planlagt de viktigste nøkkelpunktene (som for KHiB betyr prosessuelle milepæler) og produktene for detaljprosjekteringen og byggefasen. Disse skal løses i riktig og logisk rekkefølge.

Dette bringer oss over på et sentralt prinsipp i Lean; de 5R'ene. Underveis i prosjekteringen skal de prosjekterende tverrfaglig etterspørre:

**Riktig informasjon**  
 på **Riktig detaljnivå**  
 til **Riktig tidspunkt**  
 i **Riktig antall**  
 tilført **Riktig område**

På etterfølgende sider beskrives utfordringene vi har møtt og hvordan vi har valgt å løse dem.

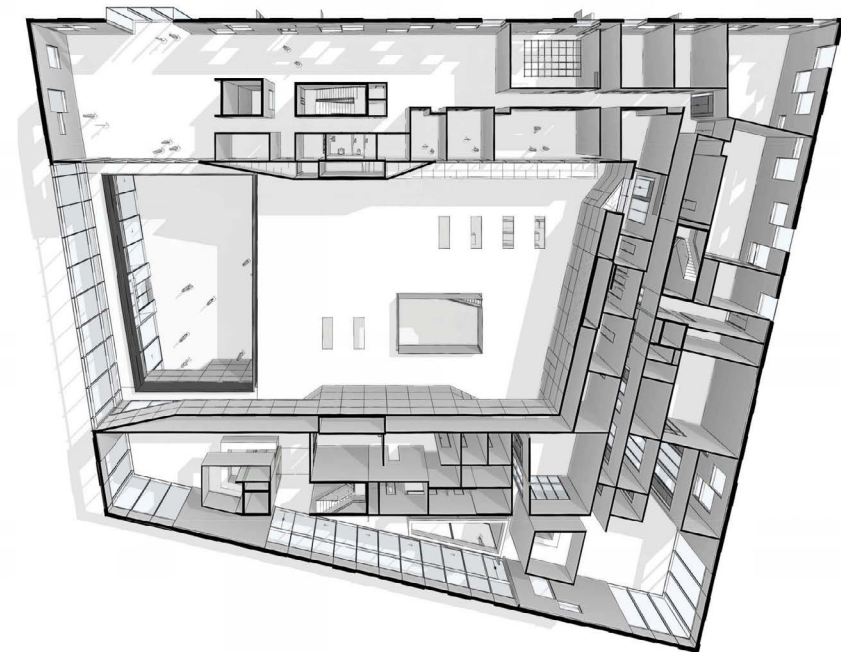


Foto: Statsbygg  
Hans Thomas Holm

Illustrasjon: Snøhetta  
Aksonometri av modellen

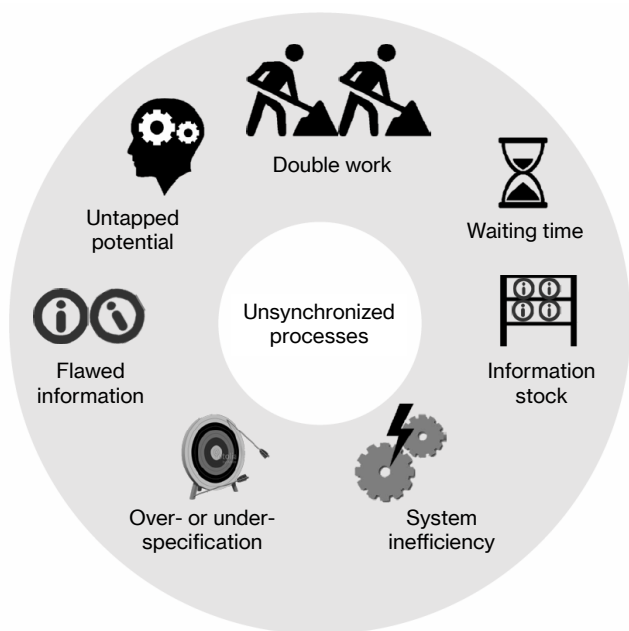


# Utfordringen

Prosjekteringsprosessen er kompleks og iterativ. Mange involverte parter, økende kompleksitet og høy spesialiseringsgrad i kombinasjon med nye verktøy gir stadig voksende informasjonsmengder som skal håndteres. Prosjekteringen kan sammenlignes med en elefant, den er stor og uhåndterbar. Spørsmålene vi har stilt oss er: Hvordan kan vi få kontroll på informasjonsmengden og dele denne opp i håndterlige og kontrollerbare biter? Hvordan kan vi skape en produksjonsform som gagnar alle parter og som gagnar prosjektet?

Utfordringen er å optimalisere spesialistens input i prosjekteringsprosessen. Ofte bommer vi på når, og på hvilket detaljnivå, ytelsen skal komme inn. I en prosjekteringsgruppe brukes mye tid på ikke-verdiskapende arbeid, blant annet ventetid i møter og manglende tverrfaglig kommunikasjon. Det fører til store iterasjoner eller arbeid knyttet opp til forvaltning av de ulike firmaenes interne styringssystemer.

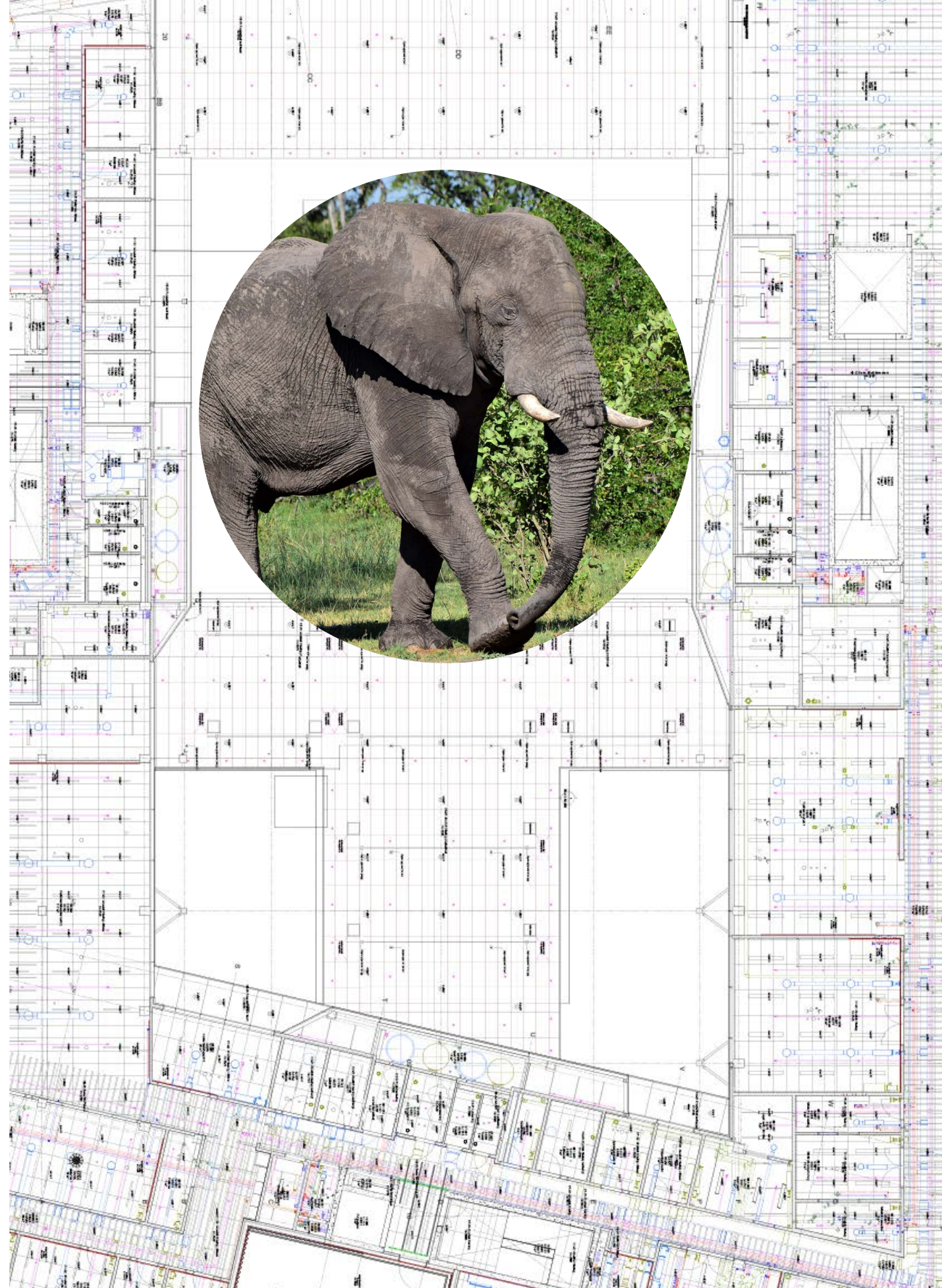
Vi beskriver nærmere hvordan vi har valgt å løse utfordringen med håndteringen av store informasjonsmengder.



Illustrasjon denne side:  
Porsche Consulting  
Ulike former for sløsing

Illustrasjon neste side: Snøhetta  
Uhåndterbare prosjekteringsmengder – «elefanten» og himlingsplanen.

Foto: Statsbygg  
Hans Thomas Holm





# Identifisering av prosesser

Prosjektet har først identifisert sine hovedprosesser:

- Prosjektstyring
- Kvalitetsstyring
- Prosjektering
- Anskaffelser
- Produksjon
- Bruker / brukerutstyr
- Systematisk Ferdigstillelse
- Offentlig saksbehandling

Prosessene er listet opp i et hovedprosess-kart. Dette kartet er prosjektets overordnede strategiske verktøy.

For hver prosess har vi definert og plassert prosess-milepæler, kalt nøkkelpunkter, i logisk rekkefølge. Hvert nøkkelpunkt beskriver et slutt punkt med tilhørende leveranse. Hvert nøkkelpunkt har fått en dedikert ansvarlig eier.

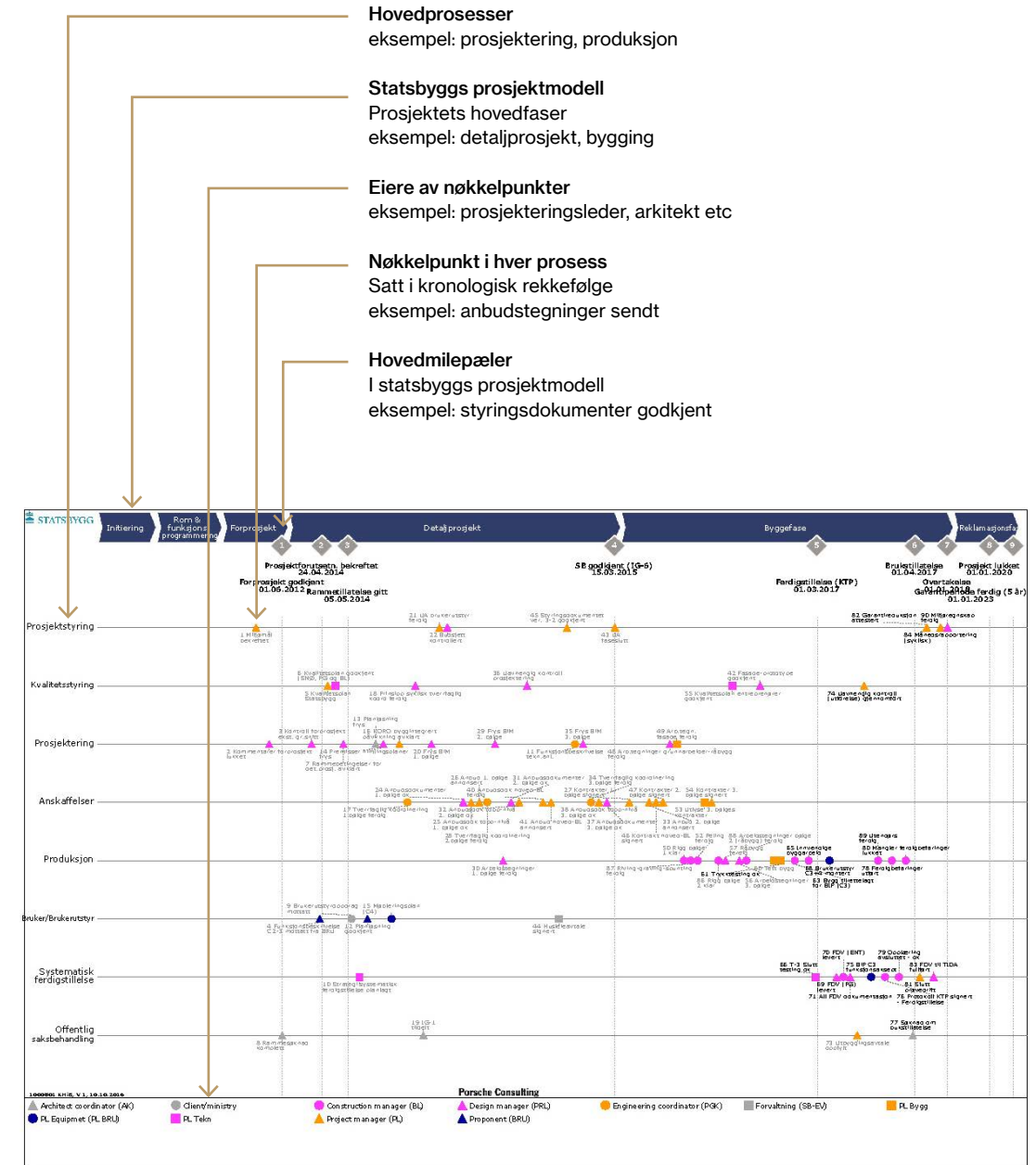
Innledningsvis i detaljprosjektet brukte KHiB-teamet til sammen 2 uker på å lage prosess-kartet. Ukene ga samtlige prosjektdeltakere en svært god tverrfaglig forståelse av rekkefølgen innenfor hver enkelt prosess. Og samtidig prosessenes tverrfaglige sammenheng i den prosjekteringen man var i ferd med å påbegynne.

For prosjekteringen, som dette kapittelet handler om, har prosjektet tilstrebet å prioritere flyteffektivitet fremfor ressurs-effektivitet. Med flyteffektivitet mener vi kontinuerlig tilflyt av relevant informasjon inn i det som er definert som vårt produkt. Ressursene må være tilgjengelige når produktet har behov for det, og ikke omvendt. Vårt mantra har vært at alle aktører skal være der for et felles mål: Riktig informasjon til riktig tid inn i vår felles BIM-modell. Den virtuelle modellen er definert som underlaget for det fysiske bygget som etter hvert skal reise seg, ferdigstilles og overtas av drift og bruker.

Illustrasjon: Statsbygg  
Byggeprosjektets hovedprosesser

# Prosesskartet

Statsbyggs prosjektmodell med tilhørende hovedmilepæler er utgangspunktet for å plassere byggeprosjektets hovedprosesser i et system, i et prosesskart.



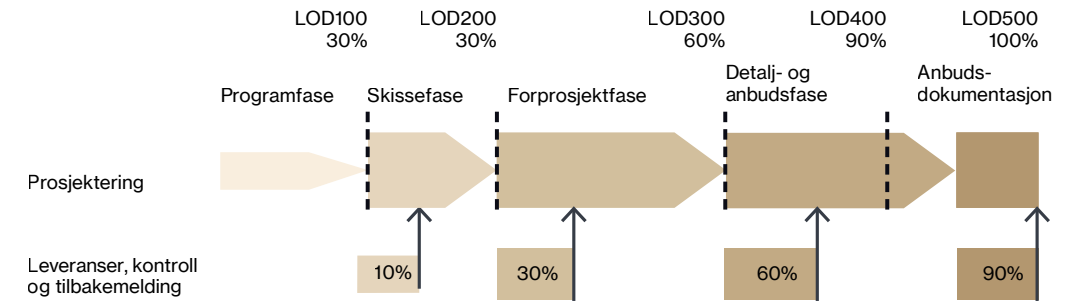


# Oppdeling av informasjonsmengden

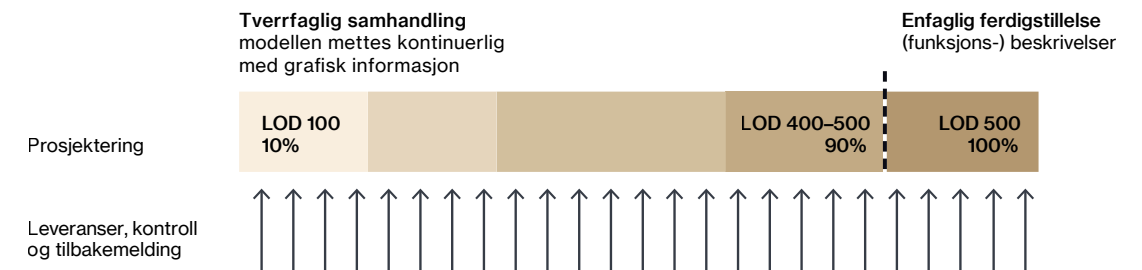
De fleste prosjektmodellene er fasedelt, f.eks. i Forprosjektfase og Detaljprosjektfase. Disse fasene styres som oftest etter klassiske leveranseplaner der en leverer store mengder med informasjon ved fasens slutt, som så evalueres. I komplekse byggeprosjekter blir dermed den samlede informasjonsmengden som skal evalueres, uforholdsmessig stor. I tillegg kommer ofte tilbakemeldingen et stykke inn i neste fase hvor prosjektet har økt sin detaljeringsgrad. Innarbeidelsen kan bli svært omfattende og kompleks. Det er nesten umulig å ha kontroll på alle tverrfaglige sammenhenger. Dette påvirker både kostnad og kvalitet negativt.

KHiB-prosjektet har delt opp informasjonsmengden og beslutningene i mange små og håndterbare biter. Vi har så valgt en jevn rytme som vi har kalt prosjekterings takt. På denne måten får vi en kontinuerlig avsjekk av leveransene gjennom hele prosjekteringsperioden. Gevinsten er økt forutsigbarhet i prosjekteringsprosessen. Størrelsen og innholdet av leveransene er tilpasset den valgte takten. Man oppnår en jevn produksjon og en jevn utveksling av informasjon mellom aktørene involvert i prosessen. Prosjektet hadde oppdragsgiver/beslutningstaker tilstede gjennom hele prosessen og kunne dermed utføre kontinuerlige kontroller.

## Tradisjonell prosess



## KHiB-prosjektets prosess



## KHiB-prosjektets rapporterings- og kontrollsekvenser



Illustrasjon: Snøhetta  
 Øverst: KHiB-prosjektets kontinuerlige leveranseavsjekk

Nederst: KHiB-prosjektets taktoppdeling i prosjekteringen

# Taktplanlegging i prosjektering

Taktplanlegging i prosjekteringen innebærer å planlegge og dele opp prosjektets prosesser og aktiviteter i en jevn rytme som også er tilpasset regelmessige møtesekvenser. I KHiB-prosjektet valgte vi å samlokaliseres 3 dager hver 14. dag og møtes 1 dag i mellomuken. Dermed fikk prosjektet helt jevne sekvenser. For hver sekvens leverte vi forhåndsavtalte og etterspurte pakker med tverrfaglig og tydelig definert innhold. Et viktig prinsipp i taktplanleggingen er at man kun spør etter ferdig levert. Hver 14. dagers sekvens startet med å etterspørre status på pakkene. Dette ble gjort i plenum, slik at alle aktørene fikk oversikt over for eksempel manglende leveranser. Dersom manglene var grove, kunne man på prosjektets strategiske nivå velge å stoppe prosjekteringen inntil leveransen faktisk ble levert.

Det overordnede innholdet for sekvensene ble besluttet på prosjektets strategiske nivå og nedfelt i en plan for hele forløpet. Det detaljerte innholdet for hver pakke (leveransen) ble etterspurt, evaluert og definert på det operative nivået hver 14. dag. Med operativt nivå menes fagekspertisen rundt bordet.

Planlegging av det langsiktige og kortsiktige innholdet av planen og pakkene krever erfaring og innsikt både i prosjektering og produksjon. Denne planleggingen er helt utslagsgivende for hvor godt (les: Leant) selve prosjekteringsprosessen flyter. Prosessplanen var, som tidligere nevnt, prosjektets overordnede veiviser for hvilke sammenhenger som til enhver tid skulle ivaretas.

Vi minner om poenget med flyteeffektivitet fremfor ressurs-effektivitet i prosjekteringen. Prosjektet investerte i frontloading (tidlig og riktig planlegging) for å få oversikt over problemstillinger som kan bli, og er, risikoelementer i prosjektet. I tillegg vil riktig prosjekteringsunderlag medføre færre feil på byggeplassen, som igjen gir framdriftsmessig og kvalitativ gevinst på bygget.

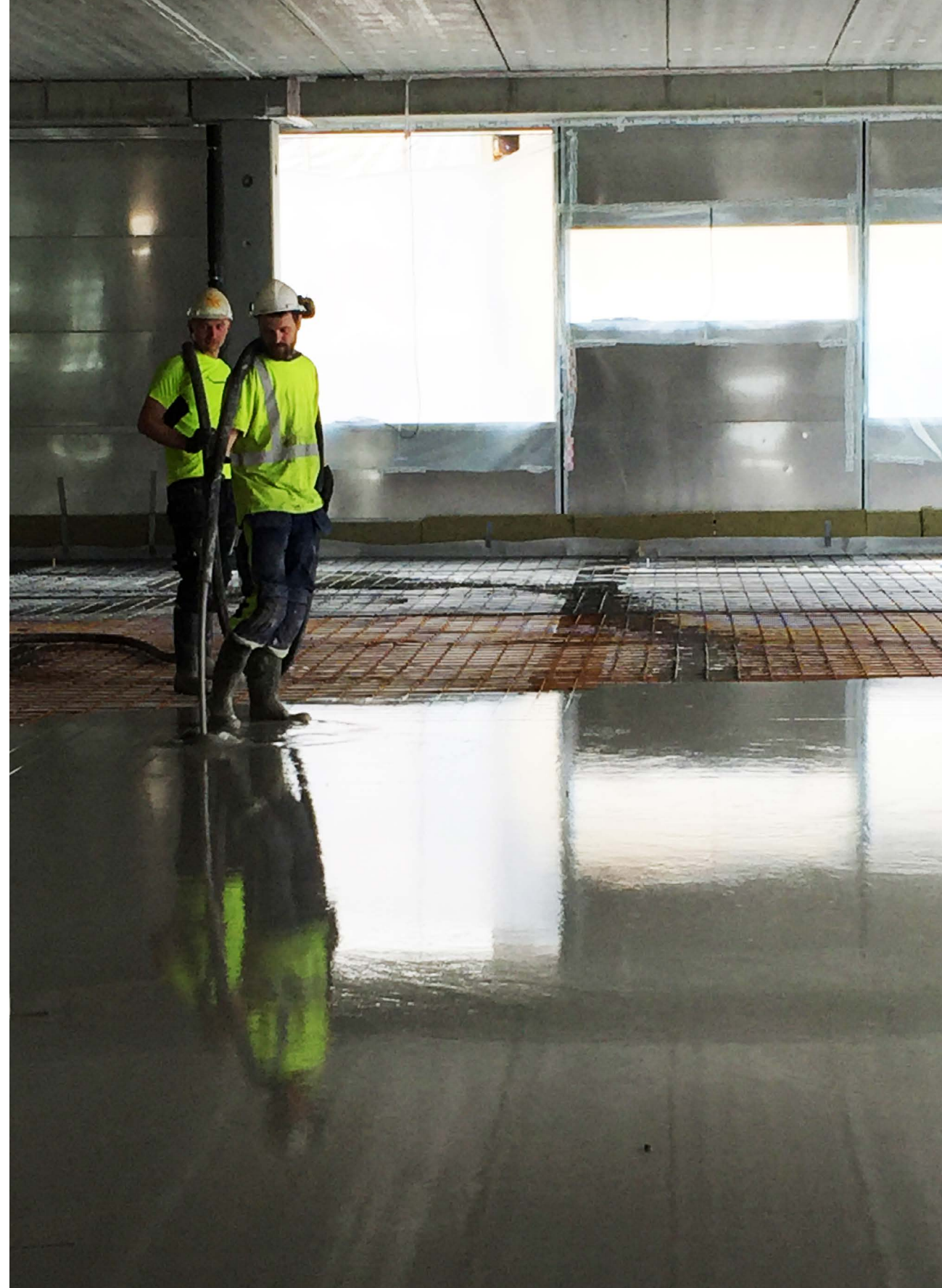


Foto: Snøhetta  
Astrid Renata Van Veen



# Prinsipper for pakkenes innhold

Vi har tidligere vært inne på at vi har en tverrfaglig prosjektering som skal løses i riktig og logisk rekkefølge med tanke på å ferdigstille BIM-modellen og annen relevant informasjon. Dette underlaget gir i neste instans et framtidig bygg. Det er tidligere omtalt at de 5R'ene er sentrale i Lean, og vi har introdusert prosess-kartet som prosjektets ledesnor. Den guider oss slik at vi ser sammenhengene mellom de ulike prosessene i prosjektet.

Informasjonsmengden i prosjekteringen kan oppleves som «en u håndterbar elefant». Prosjekteringen er en av hovedprosessene i prosjektet. For å gjøre den håndterbar, deles den opp i mange mindre biter, i pakker, og disse pakkene skal leveres hver 14. dag.

Hva er prinsippene for pakkenes innhold? Hvordan vet vi hva som skal leveres til enhver tid?

En viktig faktor er definisjonen av verdiskapning, som definerer hvilken informasjon som gir optimal input (verdi) på riktig tidspunkt.

I starten er BIM-modellen ganske tom for informasjon. Vi må definere hvilken informasjon som skal tilføres, og som kan defineres som selve skjelettet i bygget. Denne informasjonen er BIM-modellens grovmaskede nivå. Modellen utvikles deretter fra et grovmasket til et finasket nivå. Dette er ikke noe nytt, men ofte har vi ikke et bevisst forhold til det. Og som regel kommuniseres ikke betydningen av tverrfagligheten godt nok.

- **Prinsipp 1:** Relevant innhold på riktig nivå til riktig tidspunkt. Informasjon som oppleves som ferdig levert fra et fagområde, kan være utilstrekkelig for andre fag. Dette bringer oss til neste prinsipp:
- **Prinsipp 2:** Enfaglig produksjon kan ikke starte før all tverrfaglig informasjon er lagt inn i modellen og tverrfaglig avstemt.
- **Prinsipp 3:** Jevn flyt av tverrfaglig informasjon, med riktig kompleksitet, tilpasset prosjekterings takt. Det tredje prinsippet handler om størrelsen av de tverrfaglige pakkene.

Illustrasjon: Snøhetta  
Flyt i BIM-modellen  
og leveransepakker

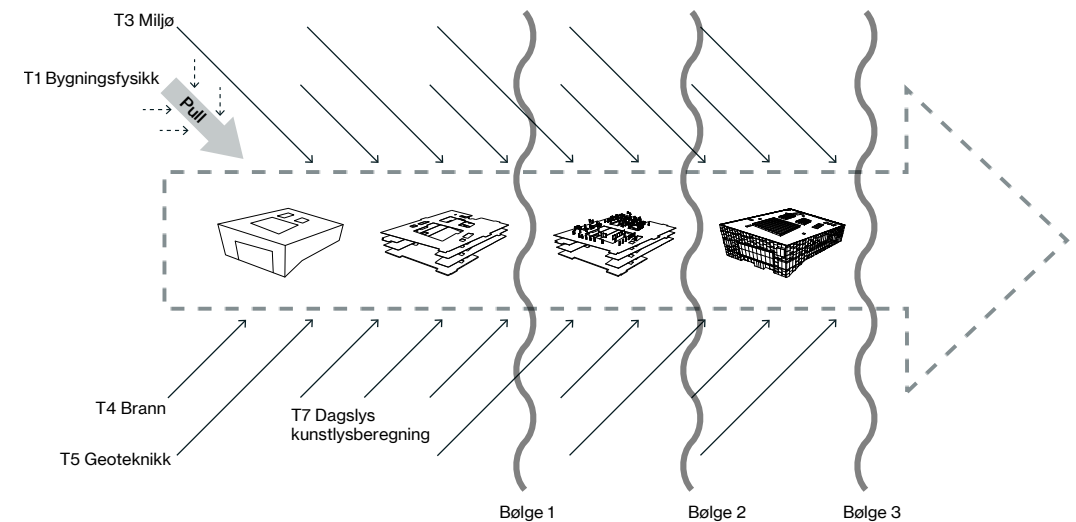
# Fra grovmasket til finasket

Alle elementer i BIM-modellen skal modnes fra et grovmasket til et finasket nivå (Level of Development, LOD). Det er en strategisk prioritering når hvilke temaer skal nå et gitt nivå til et gitt tidspunkt i prosjekterings forløp. Denne vurderingen er avhengig av en rekke faktorer, som for eksempel logisk rekkefølge av input, anbudsstrategi, byggerekkefølger, føringer fra 3. part med flere.

I KHiB-prosjektet ble prioriteringen av rekkefølgen gjort i fellesskap i prosjekteringsgruppen. Denne vurderingen skal ideelt sett være forankret i prosjektets BIM-strategi.

I vårt tilfelle ble prosjekterings leveranser styrt etter behovet for underlag til tre ulike anbudspakker, også kalt anbudsølger. For eksempel gikk anbudspakken for fasader ut svært tidlig, noe som ga direkte føringer for nivået byggets bærende konstruksjoner og dekkforkanter måtte utarbeides til. Hvert prosjekt vil ha egne regler for dette. For eksempel vil underlaget fra RIB besluttes lenge før underlaget for himlinger (RIB = Rådgivende Ingeniør Bygning).

Prinsippene for pakkenes innhold må kommuniseres tydelig til alle involverte på en mest mulig rasjonell måte.



# Effekten av «big room»

Komplekse prosjekter står ovenfor mange utfordringer. En sentral problemstilling er hvordan man sørger for en mest mulig smidig informasjonsutveksling mellom de ulike aktørene. Kapitlet «Prosjektering som produksjonsform» omtalte hvordan informasjonsmengden ble oppdelt i mindre og kontrollerbare pakker. Dette grepet hjelper oss å få kontroll på leveransene og informasjonsmengden.

## Informasjonsutveksling og flyt

Den neste utfordringen er hvordan man skaper best mulig flyt i informasjonsutvekslingen. Med informasjonsutveksling menes tverrfaglig og gjensidig utveksling av ekspertise og relevante data basert på felles forståelse av hvor man er i prosjektets forløp. Målet er at rådgiverne gir kontinuerlig og optimal input til riktig tidspunkt. Valget om samlokalisering er et viktig tiltak for å fasilitere informasjonsutvekslingen.

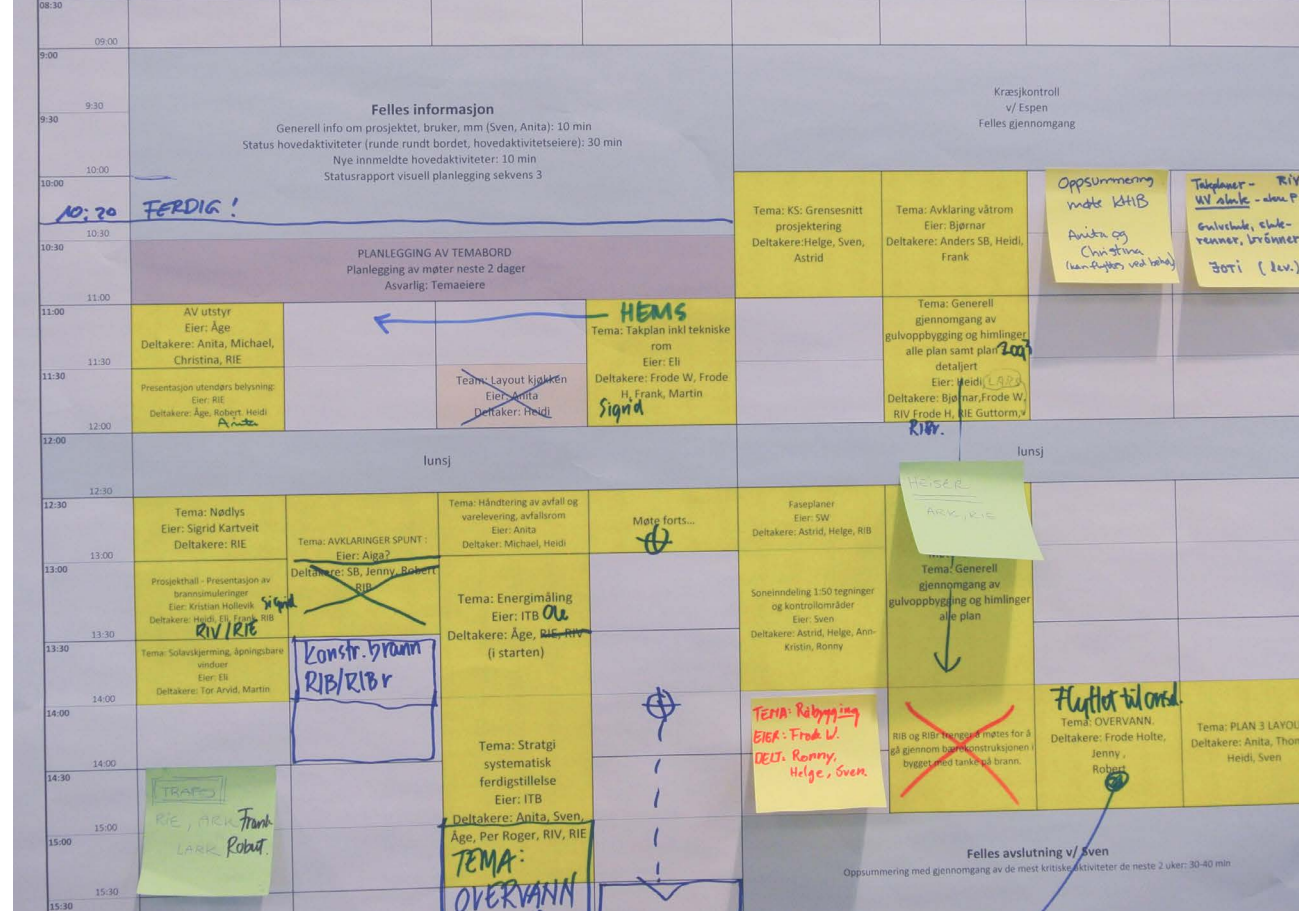
KHiB-prosjektet etablerte et felleskontor, et såkalt «big room». Her var alle sentrale aktører i prosjektet pålagt å møte opp på samlokaliseringdagene. Kravet gjaldt selv om det kun var planlagt et mindre antall møter for vedkommende. Aktørene hadde full tilgang til nødvendige fasiliteter på lik linje med sitt faste arbeidssted, og de kunne jobbe med andre prosjekter dersom tiden ikke ble fylt opp med KHiB-gjøremål. Vi oppnådde dermed optimal tilgjengelighet for de spørsmål som måtte dukke opp.

## Transparens og kultur

En av de store gevinstene av å jobbe tett sammen er at man i større grad lærer å forstå hverandres fag og utfordringer. Man etablerer en felles kultur og holdning til prosjektet, man blir kjent som mennesker og det blir dermed viktig for hver og en å levere som lovet. Kontinuerlig fokus på kulturbygging har vist seg å være en av de viktigste investeringene man gjør fra leders hold. Samholdet blir ytterligere forsterket av avtalte og gjentakende rutiner under samlokaliseringdagene og av felles bruk av verktøy.

Foto neste side:  
Statsbygg, Trond Isaksen

Øverst: Møteplan under samlokalisering  
Nederst: Transparens og kultur





# Oppbygging og forvaltning av temalogg

Som beskrevet i kapittelet «Fra grovmasket til finmasket» ble all input til BIM-modellen i KHiB-prosjektet organisert i tverrfaglige temaer. Til hvert tema føres en temalogg som har en temaeier. Temaeiere i KHiB var utvalgte disiplinansvarlige.

Temaloggene brukes til å liste opp hvilke aktiviteter som må løses for at temaeieren skal kunne ferdigstille temaet. Innholdet av aktivitetene i temaloggene, størrelsen av en aktivitet og antall parallelle aktiviteter, blir tilpasset BIM-modellens modenhet og takten. Hovedregelen er at ingen aktiviteter skal ha større omfang enn at oppgaven lar seg løse på en sekvens, altså i løpet av 14 dager. Temaeieren er selv ansvarlig for å justere omfanget av parallelle aktiviteter innenfor det som er mulig i løpet av takten. Også her gjelder prinsippet om flyteffektivitet framfor ressurseffektivitet. Dersom nødvendig oppbemannes temaeierens team slik at prosjekterings samlende takt kan opprettholdes.

Lean prinsippene «takt og pull» ligger til grunn. Temaeieren «drar» inn nødvendig aktivitet (informasjon) for å opprettholde prosjekterings takt. Aktivitetene gjennomgås i fellesskap ved oppstartsmøtet på hver 14.dags samlokalisering. KHiB-prosjektet markerte aktivitetenes status med grønt (utført), gult (ikke helt ferdig) og rødt (ikke påbegynt) på en felles logg. På denne måten ser alle hvilke oppgaver som er i rute og hvilke som ikke er utført. Hver temalogg har i tillegg en side 2 der viktige beslutninger blir loggført. Ut over dette har KHiB-teamet ikke hatt behov for å føre referater. Selv om temaloggene for noen har blitt opplevd som ekstra arbeid (kanskje spesielt for de som vanligvis er forskånet fra å skrive referater), har den vist seg å være et svært dynamisk verktøy som sparer prosjektet for arbeid i form av venting og uløste oppgaver. Sammen med visuell planlegging i oppstart og avslutning av samlokaliseringdagene, gir temaloggene alle aktørene en veldig god tverrfaglig oversikt over avsluttede, forventede og utestående oppgaver. Den sikrer kontroll og transparens, og den er samtidig en god dokumentasjon på BIM-modellens utvikling og modenhet.

En annen viktig gevinst er delegert eierskap til leveranser. Hver enkelt fagrådgiver får et tydelig ansvar for samordning av sitt tverrfaglige tema. Ansvaret for avtalt leveranse ligger hos den enkelte.

Illustrasjon: Snøhetta  
Temalogg

Løpenummer temalogg  
eksempel: T39

Typologi	Visuell plan	Aktivitet/ hva (output, beslutning)	Innpu fra	Innpet til	Status	Krever endringslogg	Beslutning nummer	32 (SEKVENS 7)
								32 33 04.aug 11.aug
K205		Arbeid i gang vedrørende oppsett av BIM-modell - info	RIB	ARK	OK			
		Boring av brønner kan tiltranspiteres K205.	Info					
		trekkerer til grensesnittrom2 til K207 RIE på tegning	RIE	RIB/ARK	ok			
		Vei opp langs eks bygg fall vekk fra nabofasade	LARK	RIV/RIB				
		påstøp over bunndekke overføres til K206. Unntak: Gulv trapper og teknisk rom. - RIB: hjoretatt	RIB	ARK	ok			
Plan 5								
teknisk rom akse 3 til 6		El skap flyttes til langside trapp og ved akse 4. RIE: OK, tegnes inn	RIE	RIV/ARK				
		Utkast luft høyere enn inntegnet på ARK revit. Like høye som glassoverlys. Skisse fra Frode Holthe følges.	RIV	ARK/RIB				
		Sluk i tekniske rom med lokalt fall for aggregater. RIV ser om leverandør kan levere ferdig løsning. Tegnes inn i denne omgang. RIV tegner inn på sin fil	RIV	ARK				
		Inntak luft i fasade må koordineres. Tas når leverandør fasade er på plass. Skisser diskutert under sekvens 14.	RIV	ARK				
		Isolert vegg rundt tørrkjøler flyttes til ytterkant betongvegg rundt trapp 2. Justere gulvoppbygging og tak.	ARK	RIB/RIE/RIV				
		styring av røykluker i trapp. Elkabler utenom trapperom.						
Plan 4 Del 1								
foto studio		Generelt gjennomgå posisjon av trykkluft for rom.	Bruker	RIV				
		Trykkluft ved vask. Info	RIV	ARK				
		Etablere en oversikt over vasker/kum med eget avløp til oljeutskiller og kjemikaliehåndtering. Hvordan skal disse se ut?	Bruker	RIV/ARK				
		Bro må tegnes som familie og legges som utstyr i rom: C2. Gjøres etter gjennomgang per etasje	ARK	PG				
		Innhente info fra bruker vedr lysrigg	Bruker	ARK/RIE		006		
		Detektorer i forhold til kald røyk. Gjelder også videostudio. RIE: Vurdere utkoblingsenhet. Diskuteres med RIB	RIE	PG				
markerom		Få vekk synlige dioder fra himling. RIE: RIV må også være oppmerksom på dette ved plassering av motorventiler, speil etc	RIE	PG				
		Hygiene himling tykkelse 20mm(?). ARK/Riaku undersøker. Riaku: Tykkelse på plottene 20mm. Nedhengt fra dekke. Total konstruksjonshøyde (minimum): 150mm.	ARK/Riaku	RIE/RIV				
		Strøm til markeromssluser	RIE	PG				
		lysbord i korridor trenger strøm. Stikk i korridor	RIE					
		Blandeskap(C2) skal ha avtrekk. Se på plassering.	ARK	RIV				
		Se på høyde himling. Justert ned til H:2700mm	ARK	PG				
		06.1.023: kan LED lys integreres i avtrekshette? RIE: Kan avtrekshette leveres med integrert lys?	RIE	ARK				
Printshop		Legge inn treullthimling	ARK	RIV/RIE				
		Stikk langs gulv	RIE	ARK				
Te kjøkken		Legge inn overskap i Revitmodell: C2	ARK	PG				
		Legge inn kjøleskap og oppvaskmaskin i Dofus: C2	ARK	PG				

# Systematisk ferdigstillelse i prosjektering

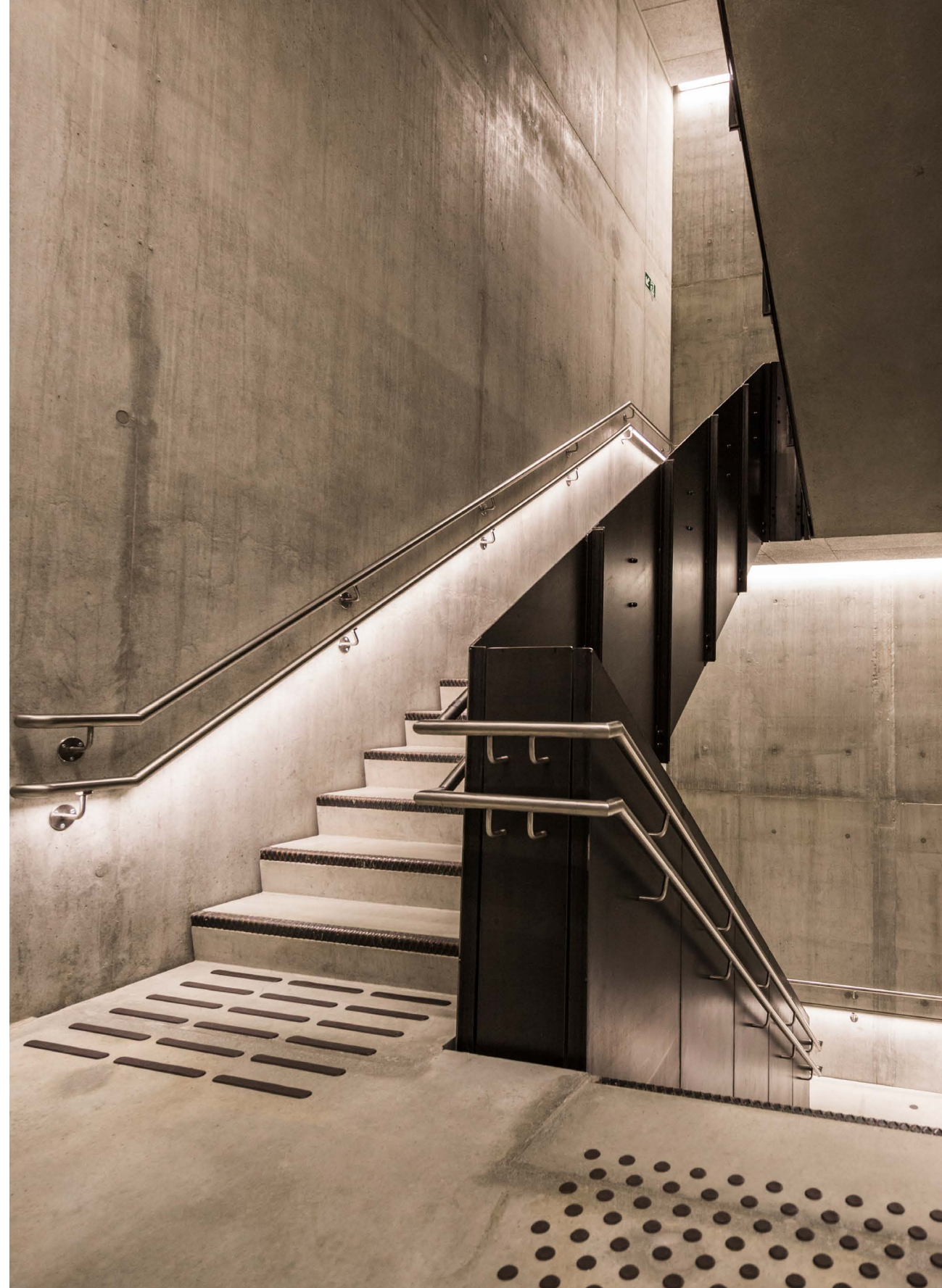
Et byggverk består av en rekke romlige og funksjonelle krav som skal samspille slik at de som bruker bygget får mest mulig optimalt dekket sine behov. Det er arkitektens oppgave å formgi dette til en helhet. Utgangspunktet er brukerens/ bestillerens krav og mål. Kravene er premissgivere for byggets identitet og for byggets tekniske og romlige løsninger. Samspillet mellom alle disse parameterne løses i et tverrfaglig samarbeid i prosjekteringsgruppen.

KHiB er en kunst- og designhøgskole med mange komplekse tekniske krav. Blant annet har bygget flere verksteder med spesialinnredning med tilhørende krav til ventilasjon og strømforsyning.

Systematisk ferdigstillelse gir en sikkerhet for at prosjektet har definert og oppfylt alle tekniske krav som må til for å ivareta byggets funksjonelle krav. Prosessen fokuserer på hvordan de tekniske systemene skal prosjekteres, realiseres, testes og driftes på en kontrollert og mest mulig feilfri måte. Tankegodset til Lean og prosessen systematisk ferdigstillelse passer godt sammen. Prosessen ble dermed en naturlig del av Lean prosjektering.

I KHiB startet systematisk ferdigstillelse i detaljprosjektet med utarbeidelse av dokumentet «krav til systematisk ferdigstillelse». Dokumentet definerer krav til leverandører, til gjennomføringen og til kontrollen av tekniske anlegg. Kravene ble implementert og fulgt opp gjennom detaljprosjekteringen, byggefasen og prøvedriftsperioden. Resultatet er at prøvedriftsperioden startet som planlagt og at driftsorganisasjonen kunne overta bygget fra første dag.

For ytterlige opplysninger om Systematisk ferdigstillelse henvises det til kapittelet som omhandler temaet.





# Samhandling på byggeplass 14-10 og 6-4

Annenhver tirsdag (og i den første halve byggefasen også på onsdager) møttes alle involverte, dvs. rådgivere, entreprenører, brukere, driftspersonale, byggeledere og prosjektledere, for å videreutvikle og slutføre prosjekteringsunderlaget til ferdig arbeidsunderlag. Denne samhandlingen i byggefasen ble kalt «supertirsdager» og var en forlengelse av prosjekterings samhandling hver andre uke.

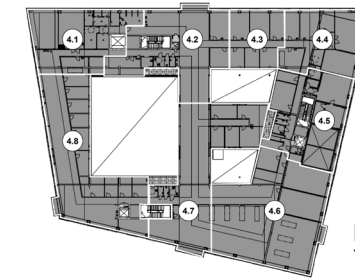
Prinsippet for møtene var det samme som i detaljprosjekteringen. Den ansvarlige for et tema sørget for nødvendig informasjon og ressurser til å avklare og levere temaet til avtalt tid.

En fast del av agendaen for supertirsdagene var avklaringer fra 14-10 og 6-4 møtene. 14-10 og 6-4 møtene ble avholdt en gang i uken mellom byggeledelsen, prosjekterende, leverandører og utførende. Overordnede utfordringer på tvers av fag og løsninger ble vurdert, koordinert og planlagt i prinsippet 14, 10 og 6 uker før oppstart på byggeplass.

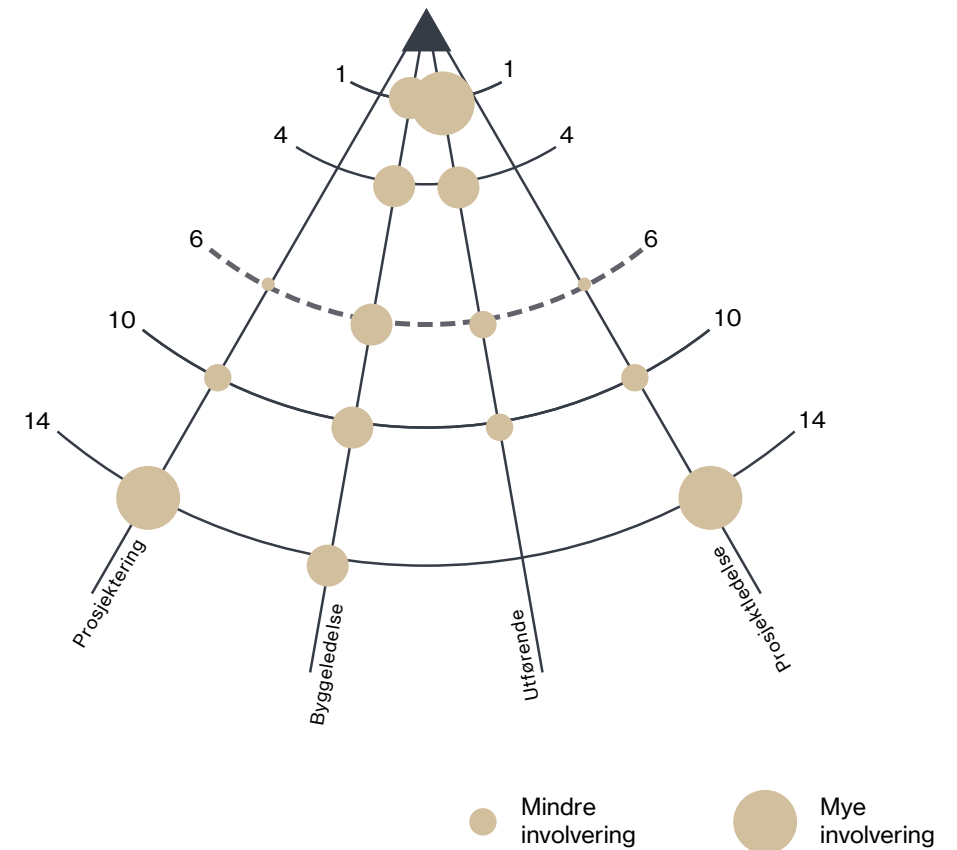
Målsettingen med å møtes 14-10 uker før utførelse, var å ligge i forkant med for eksempel produktavklaringer med lang leveransetid (f. eks. dørmiljø, eltavler og energisentral) og sørge for tverrfaglig samhandling mellom de ulike leverandørene og utførende. På KHiB-prosjektet ble møtene ledet av byggherren.

6-4-møtene forutsetter at de overordnede sakene fra 14-10-møtene er avklart og lukket. 6-4-møtene er arenaen til de tverrfaglige teamene som skal oppføre bygget. I møtene ble BIM modellen gjennomgått, montering og monteringsrekkefølger diskutert og eventuelle avvik håndtert. I tillegg ble utførelsen diskutert i separate møter med de enkelte fagene. Møtene kunne i siste instans påvirke allerede utarbeidede detaljer. På KHiB ledet byggherren ved byggeledelsen møtene.

14-10-6-4-1 kan anses å være en utvidet 7 forutsetninger for en sunn aktivitet. Illustrasjonen på neste side viser grad av involvering fra ulike aktører inn mot oppstart av en aktivitet i et kontrollområde. De ulike prosessene som leder fram til oppstart bygging, er mer utførlig beskrevet i kapitlene Lean Bygging og Lean Strategi.



Produksjon  
Takt 1 uke



Illustrasjon: Snøhetta

Grad av involvering fra ulike aktører når oppstart kontrollområde nærmer seg





# BIM

BIM er et verktøy som muliggjør tredimensjonal prosjektering og informasjonsutveksling. Sagt med andre ord: Man modellerer et rom og rommets elementer fra alle sider. I 3D-modellen kan man i tillegg knytte all ønsket informasjon til de tegnede objektene samt informasjon om byggeprosjektet på et sted.

Bokstavene i BIM betyr følgende:

- B = bygning
- I = informasjon
- M = modellering (i prosessen) / modell (produktet)

BIM-modellen kan også kobles til tid/fremdrift (4D), kostnader / økonomi (5D) og intelligent linking mellom som-bygget-modell og lifecycle management (6D). Disse dimensjonene er ennå lite benyttet. Det er sannsynlig at BIM-modellen i framtiden vil gi ett komplett underlag for prosjektering, oppføring, vedlikehold og avslutning av et bygg.

I prosjekteringen har det å sikre en god flyt til BIM-modellen vært vårt hovedfokus. Prosjekteringsgruppen må dermed etablere et bevisst forhold til hvilke elementer som skal ferdigstilles på hvilket nivå til hvilken tid. Dette henger sammen med de prioriteringene og sammenhengene vi har synliggjort i prosess-kartet, som for eksempel viser når sluttpunkter for de ulike arbeidene på byggeplassen er.

BIM-modellens modenhet kan defineres av begrepet LOD samt ved at en rent framdriftsmessig definerer tidspunkt for frys av områder eller temaer i modellen. Frys betyr altså at en er ferdig med å laste inn den forhåndsdefinerte informasjon i modellen, på riktig nivå. LOD-begrepet kan sammenlignes med pixelering i foto, eller å se et objekt på langt eller nært holdt: Fra lang avstand ser man bare en form. Når man er helt inntil objektet, ser man alle detaljene, man er på topp detaljnivå. I tillegg har man tilgang til all relevant informasjon om objektet. BIM-språket definerer dette til LOD500.

Modellen gjør det mulig å se hvordan et bygg vil fungere når det er ferdig, og man kan kontrollere at bygget er byggbart. En kritisk suksessfaktor her er den samlede prosjekteringsgruppens kompetanse og erfaringer. Et bygg blir ikke godt å være i, byggbart eller vedlikeholdsvennlig fordi det er prosjektert i BIM. Et bygg blir vellykket fordi prosjekteringsgruppen forstår utfordringene og finner gode løsninger.

Prosjekteringen kan benytte seg av verktøy for kollisjonskontroller i BIM-modellen. Formålet med kollisjonskontrollene er å oppdage mulige tverrfaglige konflikter og kollisjoner i modellen. KHiB-prosjektet har hatt kollisjonskontroller som fast del av samhandlingen hver 14.dag gjennom hele detaljprosjektet fram til komplett produksjonsunderlag. I denne sammenhengen er det viktig å huske på at det ikke kan oppstå kollisjoner mellom elementer som mangler i modellen. Man må også ha et bevisst forhold til hvilke elementer som er fryst og hvilke som ikke er fryst. Kollisjonskontrollen er kun ett supplement tiltak. BIM-modellens modenhet gjenspeiler den informasjonen som er tverrfaglig omforent. Derfor vil den kun til en viss grad vise hvor fullendt prosjekteringsunderlaget til enhver tid faktisk er.

Visuell gjennomgang av BIM-modellen som del av samhandlingen er en annen måte å bruke modellen på. Ved å spasere gjennom modellen innhenter man informasjon om rommenes forløp og møblering. Vandring gjennom modellen dannet et nyttig grunnlag for byggherrens og brukerens beslutninger.

Modellen i KHiB-prosjektet var også produksjonsunderlaget på byggeplassen. Vi har brukt modellen til å sikre byggbarhet. I store deler av byggeproduksjonen er modellen benyttet framfor tegninger. Prosjektet har i liten grad brukt papirtegninger. I prosjektet har vi blant annet modellert armering og ventilasjonsføringer som så direkte har vært brukt til å ta ut mengder og til å bygge etter. De utførende har i stor grad brukt iPad til å hente ut relevant informasjon, og BIM-kiosker var utplassert med jevne mellomrom i bygget.

# Refleksjoner og erfaringer

Vår bok handler i første rekke om KHiB-prosjektets erfaringer sett fra prosjekterings ståsted i tidsspennet fra oppstart detaljprosjektering fram til bygget tas i bruk. Ledetråden fram mot ferdig overlevert bygg var først og fremst realiseringen av byggets samlede mål, herunder funksjonelle, estetiske, miljørelaterte, framdriftsmessige og økonomiske krav.

Prosjektets strategiske ledelse fokuserte på denne måloppnåelsen og motiverte deltakerne til å nå disse ved å sette prosjektets flyt i fokus. Dette bakteppet inspirerte alle i prosjekteringen til kontinuerlig diskusjon om hvordan man på best mulig måte kunne løse de tverrfaglige oppgavene.

Prosjekteringen har gitt bygget visuell form og helhet, samtidig som alle tekniske, konstruktive, funksjonelle, samfunnsmessige, symbolske og økonomiske krav er løst. KHiB-prosjektet har lært oss nødvendigheten og verdien av gode tverrfaglige prosesser. Prosjektet har gitt oss bedre innblikk i hvor utrolig komplisert det er å få alle involverte til å spille sammen. Prosjektet har utviklet og anvendt et Lean mindset. Vi har benyttet nye verktøy for å optimalisere flyten mellom de ulike aktørene. Lean metodikk har vært en felles ledetråd og inspirert til kontinuerlig vurdering og forbedring av tverrfaglige arbeidsprosesser og informasjonsutveksling.

Forståelsen av sammenhengene mellom de ulike prosessene som løper parallelt (prosess-kartet) og evnen til å bryte ned informasjonsmengden i mindre og konkluderbare biter, har vært suksessfaktorer i prosjektet. Byggherrens fokus på Lean har gitt teamet muligheten til å utprøve nye metoder for bedre samhandling og felles målstyring.

Metodikken og tilhørende verktøy for Lean prosjektering er nybrottsarbeid utviklet av KHiB-prosjektet. Prosjektet har delt sin kunnskap med mange. Vi anbefaler varmt at framtidige prosjekter benytter seg av kombinasjonen Lean prosjektering, BIM og Lean prosessplanlegging. Synergieffektene og potensialet er meget høyt. Et bygg blir vellykket fordi prosjekteringsgruppen forstår utfordringene og finner gode løsninger.

Foto neste side: Statsbygg

Øverst: Trond Isaksen  
Big Room på byggeplass

Nederst: Hans Thomas Holm  
Takttrening hos Porsche Academy





# Systematisk Ferdigstilling





# Generelt om systematisk ferdigstillelse

Et stort byggeprosjekt tar flere år å gjennomføre, i noen tilfeller tiår. Det begynner med en ide. Ideen utforskes og verifiseres i henhold til regulative bestemmelser og nytteverdi. Hvis ideen er bærekraftig går prosjektet inn i prosjekteringsfasen. Her er det flere beslutningsporter gjennom skisseprosjekt og forprosjekt, og i noen tilfeller er det behov for flere runder innenfor hver av dem. Når prosjektet endelig besluttes, blir byggefasen igangsatt og detaljprosjekteringen starter. Herfra og fram til ferdigstilt bygg er det prosjektets milepæler det styres etter.

Dato for overtakelse blir fastsatt innledningsvis i byggefasen og markeres som byggeprosjektets endelige milepæl. Når eier av bygget overtar bygget har de formelt akseptert byggeprosjektet og tar over ansvaret for bygget med videre drift og vedlikehold. Hvis eier mener at bygget ikke tilfredsstillende kontraktstestede avtaler og krav, kan de nekte å overta. Dette skjer dessverre ganske ofte. Byggherren har brukt mange år og ressurser på å planlegge bygget, dimensjonere det og til slutt bygge det. Hvorfor virker det ikke?

## Mer og mer tekniske bygg

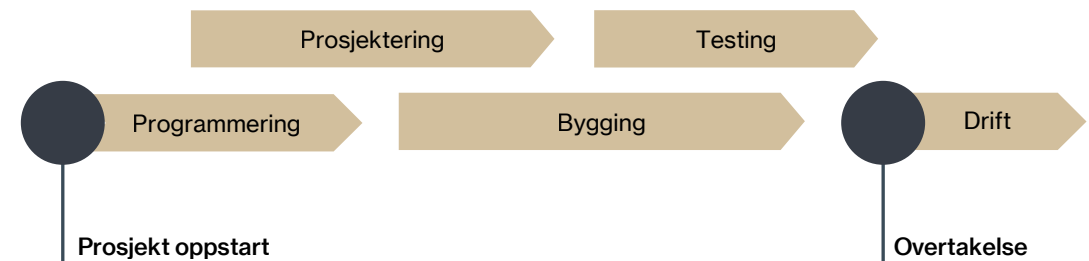
I takt med den teknologiske utviklingen verden har sett de siste tiårene, har byggene endret seg betraktelig. Byggene inneholder i dag en rekke tekniske systemer som i stor grad kommuniserer med hverandre. Byggene har blitt langt mer komplekse både for utbygger og bruker.

## Funksjon møter geometri – tidlig testing

Tradisjonelt sett planlegges bygg og tekniske funksjoner med utgangspunkt i geometrien på bygget. Hvordan de tekniske systemene skal testes og driftes blir i mindre grad hensyntatt. For at et prosjekt skal kunne gjennomføre tidlig testing, er det viktig at fokuset på det geometriske i byggingen sees i sammenheng med hvordan de tekniske systemene skal fungere og hvilke områder de forsyner. Dersom geometri og funksjon ikke passer sammen vil tidlig testing bli vanskelig å gjennomføre.

Det er altså viktig å planlegge følgende i sammenheng:

1. Hvilke områder som skal testes først / tas i bruk først
2. Hvordan de tekniske systemene er bygget opp for å forsyne de områdene som skal testes først
3. Tekniske støttesystemer som betjener systemene som skal forsyne områdene, f.eks IKT-nettverket og SD-anlegget
4. Byggerekkefølgen for områdene / etasjene



**Illustrasjon:**  
Tradisjonell faseinndeling av et byggeprosjekt



# Systematisk ferdigstillelse

## Systematisk ferdigstillelse defineres som følger:

En sikkerhet for at prosjektet oppfyller alle funksjonskrav innenfor gitte tids-, kostnads- og kvalitetskrav, planlagt og verifisert gjennom en strukturert prosess som er ledelsesstyrt fra planlegging til overtakelse.

## Hensikten er å skape en kontinuerlig forbedring ved å:

1. Ha kontinuerlig fokus på det endelige resultatet.
  - Geometri:** Bruk av BIM for å sikre riktig geometri og mindre usikkerhet i prosjektet
  - Funksjon:** Plan for å sikre riktig funksjon for alle systemer og integrasjoner
2. Innføre egnede arbeidsprosesser med fokus på systematisk ferdigstillelse og smidig og samtidig prosjektering for å støtte opp om både funksjoner og geometriske løsninger. Endre kravene til hvordan man løser og beskriver både enfaglige og tverrfaglige problemstillinger.
3. Utføre arbeidene riktig første gang.

## Hvorfor systematisk ferdigstillelse

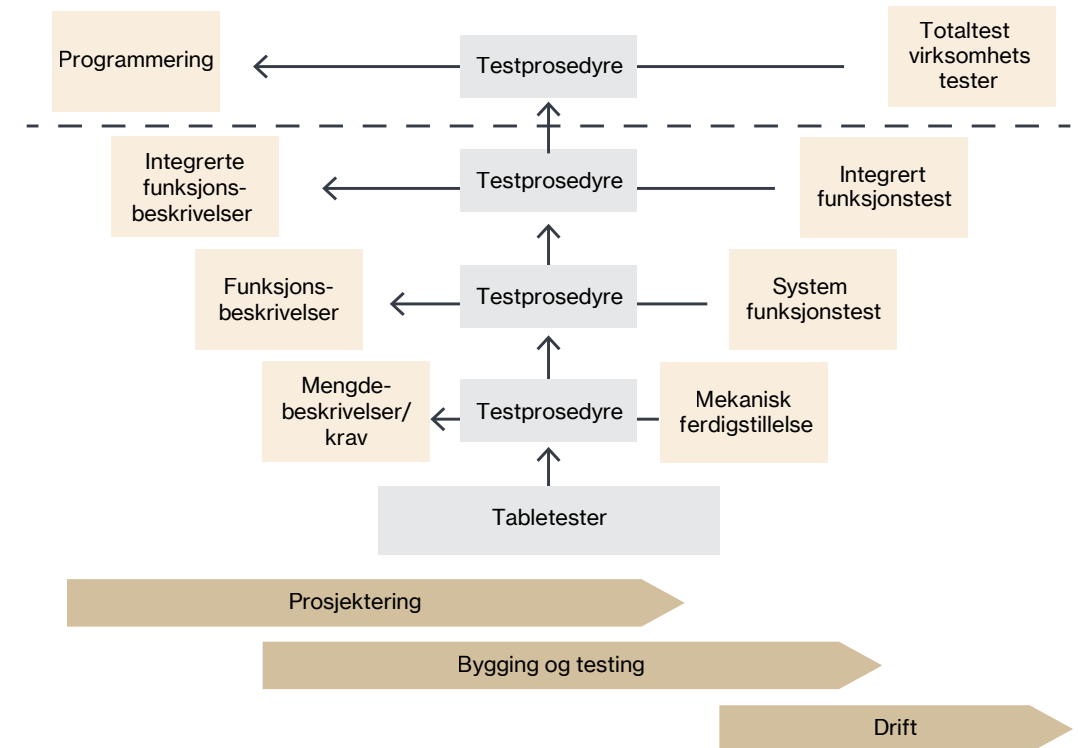
Byggenæringen må ta inn over seg den teknologiske utviklingen og konsekvensene det har fått for byggene. Når sluttproduktet endres, er det åpenbart at produksjonen av produktet også må endres. Så når tekniske anlegg utgjør en større del av byggene enn tidligere, er det naturlig at de tekniske funksjonene i større grad påvirker både planleggingen og byggingen. Det er dette systematisk ferdigstillelse søker å ivareta.

Ved å tenke systematisk ferdigstillelse vil byggets funksjoner bli hensyntatt i større grad. Hvis en tidlig i prosjektet etablerer en plan for systematisk ferdigstillelse, tvinges det fram et fokus på de tekniske systemene og i hvilken rekkefølge de bør bygges og testes i. Dette vil igjen gi innspill til den overordnede planen for bygget.

## Hva er systematisk ferdigstillelse

Systematisk ferdigstillelse handler altså ikke bare om den avsluttende ferdigstillelsen, men om hvordan man gjennom hele prosjektet kan tilrettelegge for en vellykket ferdigstillelse, med rett kvalitet til rett tid. Arbeidet bør starte ved prosjektoppstart og pågå i iterasjoner gjennom hele prosjektet. Dette krever såkalt bakoverplanlegging der en starter med hvordan en ønsker at resultatet skal være. Ved tidlig å definere resultatet, med såkalte akseptanskriterier, er det enklere å bli konkret på hva som kreves i planlegging, bygging og prosjektering på et tidlig tidspunkt. Tanken er å bruke mer ressurser på planlegging og prosjektering, og mindre ressurser på avklaring underveis i byggeprosjektet som følge av unøyaktig grunnlag.

V-modellen under illustrerer sammenhengen mellom prosjektert grunnlag og testing av ferdigstilte systemer. I tillegg illustrerer illustrasjonen «table»testenes funksjon i form av kvalitetssikring av testprosedyrene.



Illustrasjon:  
Sammenheng mellom  
prosjektert grunnlag og testing

# Systematisk ferdigstillelse i KHiB-prosjektet

Byggeprosjektet Kunst- og designhøgskolen i Bergen (KHiB) har inkludert systematisk ferdigstillelse som en egen hovedprosess, sidestilt med bl.a. prosjektering, produksjon og anskaffelse. Prosessen har en dedikert prosjektleder.

Systematisk ferdigstillelse fikk fokus i prosjektet etter at det meste var prosjektert. Det betyr at mange av rammene allerede var satt med hensyn til utforming og funksjoner. Da var det viktig å inkludere de delene av systematisk ferdigstillelse som fortsatt kunne bidra til å nå det overordnede målet om å overlevere et bygg som fungerer – til avtalt tid. Prosjektet besluttet at dette skulle oppnås gjennom:

- Høye krav til funksjonsbeskrivelser
- Etablering av testprosedyrer med konkrete akseptanskriterier for alle systemer
- Testing av tekniske systemer så tidlig som mulig (trinnsvis testing/ igangsetting), for å:
- Sikre tilstrekkelig tid til oppretting av eventuelle feil mellom testing og overlevering
- Unngå å bygge de samme feilene flere ganger
- Involvering av bruker og driftsorganisasjon så tidlig som mulig, for å gi:
- Grundig opplæring av driftspersonell
- Mulighet for innspill fra driftspersonell

## Forankring hos aktørene

Det første KHiB-prosjektet gjorde, var å sikre at alle aktører ble gjort kjent med hva systematisk ferdigstillelse innebærer. På det tidspunktet var prosjekteringsgruppen allerede kontrahert, og systematisk ferdigstillelse var ikke en del av deres kontrakt. Dette var enkelt løsbart fordi PG hadde timebasert kontrakt. Forankringen bestod derfor i en detaljert gjennomgang av prosessen.

Det var derimot ennå ikke inngått avtaler med utførende. Det ble utarbeidet et dokument, «Krav til systematisk ferdigstillelse», som ble lagt ved anbudsunderlaget. Dokumentet beskriver prosessen systematisk ferdigstillelse og hvilke krav og forventninger man stiller til aktørene. På den måten fikk entreprenørene informasjon om prosessen før de inngikk kontrakt, og systematisk ferdigstillelse var en del av prisgrunnlaget.

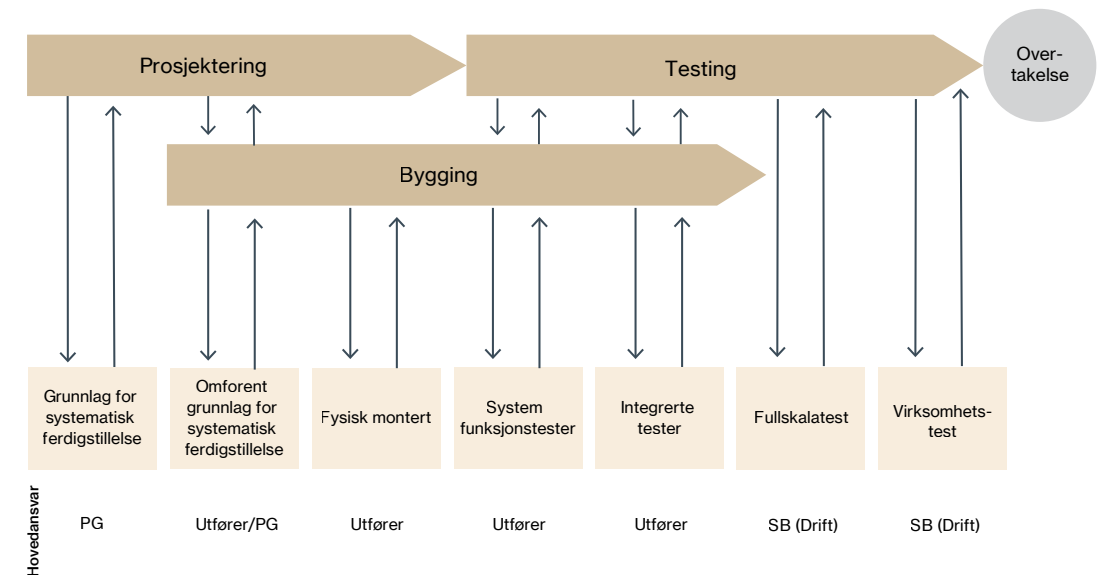
## Prosesstenking

KHiB-prosjektet benytter Lean-metodikk både i prosjektering og gjennomføring, og fremdriftsplanleggingen gjøres via en taktplan bygget opp rundt prosesser. Det ble etablert en prosessmodell for systematisk ferdigstillelse, som viser den overordnede prosessen samt flere underliggende nivåer med underprosesser.

I all hovedsak kan en si at hovedprosessen systematisk ferdigstillelse inkluderer følgende underprosesser:

- Utarbeidelse av omforent grunnlag
- Testing - i flere trinn
- Opplæring
- FDV

Illustrasjonen under illustrerer overordnet hvilke prosesser knyttet til systematisk ferdigstillelse som hører hjemme i de ulike prosjektfasene. Testfasen starter betydelig tidligere enn hva som generelt har vært vanlig. Neste avsnitt gir en beskrivelse av sentrale begreper innenfor systematisk ferdigstillelse; (omforent) grunnlag, testing og opplæring.



## Illustrasjon:

Faser og prosesser knyttet til systematisk ferdigstillelse



**Begreper i illustrasjonen på side 85 forklares under:**

#### **Dokumenter for systematisk ferdigstillelse**

Dokumenter for systematisk ferdigstillelse utarbeides i tidligfase og inkluderer følgende:

- Krav til systematisk ferdigstillelse
- Systemliste
- Overordnet teknisk infrastruktur
- Testplan

#### **Grunnlag for systematisk ferdigstillelse**

Dokumentene over videreutvikles i detaljprosjekteringsfasen og er en del av tilbudsforespørselen.

Samlet består grunnlaget av:

- Dokumenter for systematisk ferdigstillelse (over)
- Funksjonsbeskrivelser
- Systemskjema
- Integrerte funksjonsbeskrivelser
- Testprosedyrer
- Krav til FDV
- Opplæringsplan

Testprosedyrene er en viktig del av grunnlaget.

Testprosedyren forteller hvordan et system skal testes og inneholder konkrete akseptansekriterier. Prosedyren etableres og omforenes sammen med resten av grunnlaget.

#### **Omforent grunnlag**

Grunnlaget er omforent når prosjekterende og utførende er enige om hva som skal bygges, om at grunnlaget er tilstrekkelig for å bygge etter og at utførende, med sine underleverandører, bekrefter at de kan levere det som er beskrevet.

Det er viktig at grunnlaget er omforent i god tid før oppstart på byggeplass, slik at eventuelle uklarheter kan avklares i tide til å ferdigstille prosjekteringen og bestille materialer og utstyr før oppstart.

#### **Tablettest**

Er en teoretisk test rundt bordet, hvor rådgivende, entreprenør og leverandør knyttet til respektive system deltar. Byggeleder, drift og bruker kan med fordel også delta. Skal gjennomføres før utstyr og komponenter bestilles.

Alle systemer listes, og de gjennomgås deretter enkeltvis eller i naturlig sammenhengende grupperinger. F.eks kan man kjøre en felles tablettest for alle systemer i energisentralen, en felles test for alle belysningssystemer osv.

#### **Mekanisk ferdigstilt**

Når et system er ferdig bygget, med alt av utstyr og komponenter, er det mekanisk ferdigstilt. Det gjennomføres egenkontroll av entreprenørene samt at stikkprøver gjennomføres av byggeledelsen for å kontrollere at systemet er bygget som prosjektert.

#### **Områdetest**

Fysisk test på plassen av et område. Dette gjennomføres gjerne selv om systemene ikke er idriftsatte eller komplette. Dette kan være f.eks IO-tester eller mer reelle tester. Utføres kronologisk, dvs. at den delen som bygges først testes først. Kan kreve tiltak som f.eks. blanding av kanaler som fordeler luft til områder som ennå ikke er bygget eller stenging av ventiler for varmeanlegg dersom ikke hele system testes.

#### **System funksjonstest**

Fysisk test av komplett system, med relevant utstyr tilkoblet.

#### **Integrert test**

Fysisk test av samspillet mellom to eller flere tekniske systemer.

#### **Fullskalatest**

Fysisk test av lokalenes og bygningens funksjon, med alle relevante delsystemer sammenkoblet.

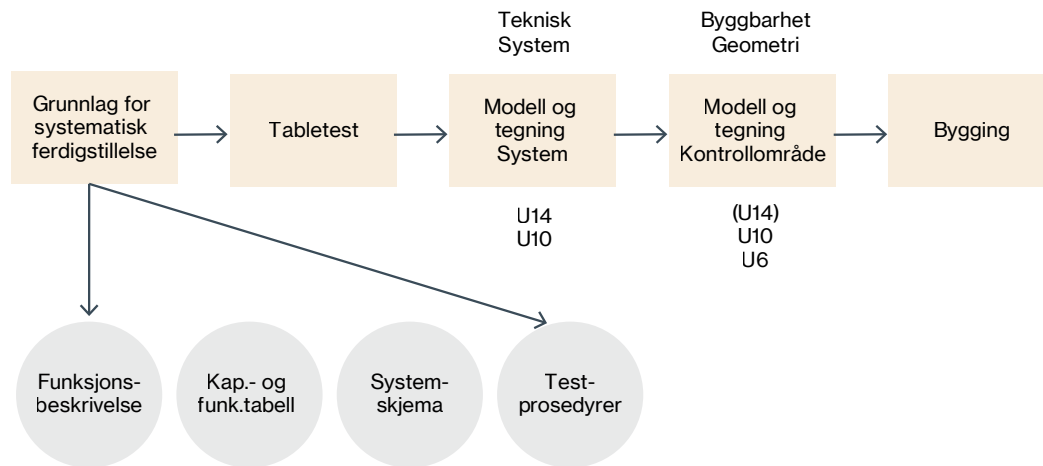
#### **Virksomhetstest**

Som fullskalatest, med alt av virksomhetens utstyr i normal bruk.

**Veien fram til omforent grunnlag, «14-10-6»-prosessen**

I KHiB-prosjektet har det vært operert med en prosess vi har kalt "14-10-6", som angir milepæler for ulike arbeidsoperasjoner henholdsvis 14, 10 og 6 uker før første byggeaktivitet av et gitt system. Illustrasjonen under illustrerer sammenhengen mellom ferdigstillelse av omforent grunnlag og 14-10-6-prosessen.

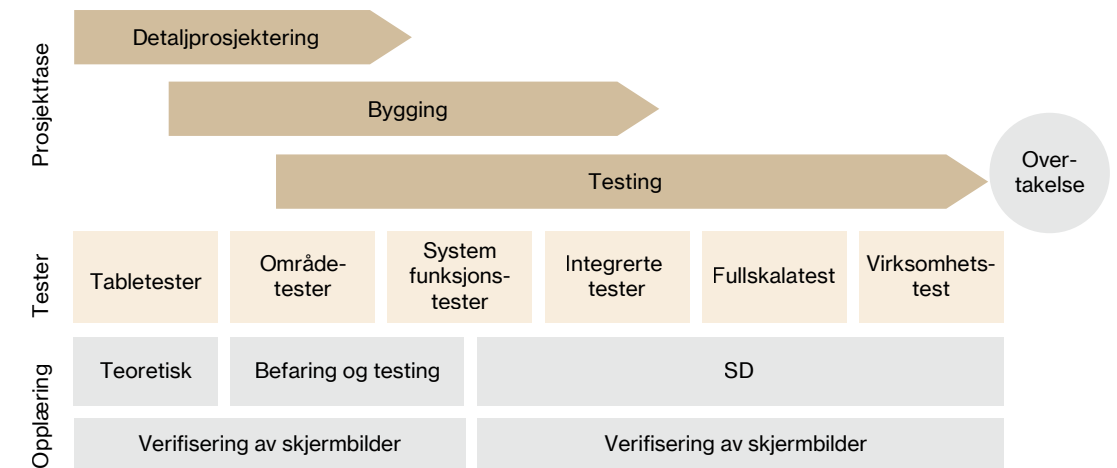
I praksis betyr det at grunnlaget for et system skal være ferdigstilt og omforent 16 uker før oppstart bygging av systemet.



**Illustrasjon:**  
Omforent grunnlag og 14-10-6

**Testing og opplæring**

Sentralt i systematisk ferdigstillelse står tidlig testing og gjennomgående involvering og opplæring av driftspersonell gjennom hele byggeprosjektet. Illustrasjon 5 viser sammenhengen mellom testing og opplæring i prosjektets ulike faser.



**Illustrasjon:**  
Sammenheng prosjektfaser  
– tester – opplæring





**Tester**

Hvorvidt ferdigstillelsen av et bygg er vellykket, verifiseres teknisk gjennom testing og igangsetting av byggets funksjoner. Tradisjonelt sett legges det inn en test-fase kun i slutten av byggefasen. Som illustrasjonen på side 89 viser, legges det i systematisk ferdigstillelse opp til testing allerede i forbindelse med samhandlingsfasen (faseovergangen detaljprosjektering/bygging). Innledningsvis er testene teoretiske, og etter hvert som systemene ferdigstilles på byggeplassen blir testene praktiske.

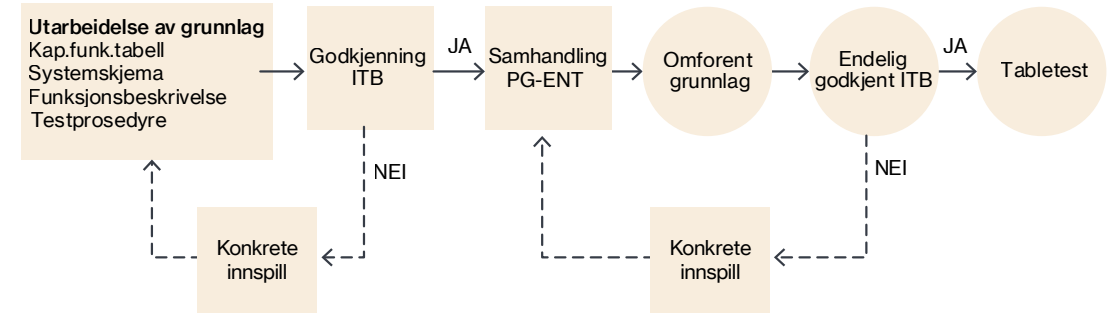
Det første prosjektet gjorde var å kartlegge hvor tidlig de første testene kunne gjennomføres. Målet med arbeidet var å få testet så mye som mulig så tidlig som mulig, før hele systemer med tilhørende komponenter ble bygget inn. På den måten vil eventuelle avvik som avdekkes i testene kunne utbedres før de samme avvikene bygges inn andre steder i bygget. Dette underbygger Lean-filosofiens prinsipp med kontinuerlig forbedring.

**Tabletester**

Tablestestene synliggjør tidlig i prosessen hva prosjektet blir målt på til slutt, og tvinger fram et omforent grunnlag før bestilling av utstyr og bygging. Prosjektet utarbeidet en detaljert plan for ferdigstillelse av prosjekteringsgrunnlaget (bakoverplanlegging) og samhandlingen mellom prosjekterende og utførende for å sikre et omforent grunnlag til rett tid. Illustrasjonen øverst på neste side viser hva som må gjøres i forkant av tabletester.

**Veien fra tabletest til fysiske tester, «6-4-2»-prosessen**

Som 14-, 10- og 6-ukers prosessen, nevnt over, har også testingen fått en egen prosessbenevnelse, «6-4-2». Alle tester er blitt datofestet og visualisert i KHiB-prosjektets taktplan.



Øverste illustrasjon:  
Prosessten fram mot tabletest

Nederste illustrasjon:  
Utsnitt av taktplanen som viser de to siste vognene og alle tester



6, 4 og 2 uker før henholdsvis test tas en tverrfaglig gjennomgang hvor ulike forhold rundt testen blir avklart og omforent. Målet er å sikre gjennomføring av testen og oppnåelse av akseptkriteriene.

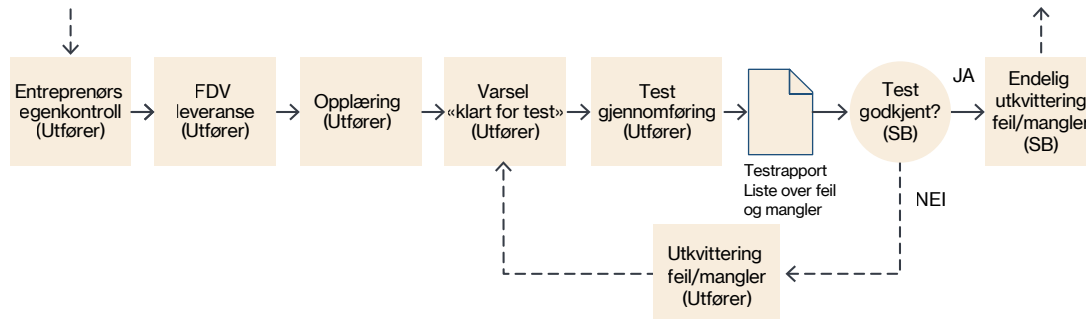
6-4-2-møtene er viktige for å holde fokus på testing. Møtene styres av prosjektledelsen. Entreprenørene er en stor pådriver i prosessen. Det ble underveis i KHiB-prosjektet tydelig for alle involverte at en omforent forståelse ved den tidlige testingen er avgjørende for prosjektets suksess.

6-4-2-prosessen gjør organisasjonen robust og fleksibel, noe som gjør den i stand til tidlig å reagere og håndtere eventuelle avvik på mekanisk ferdigstilling eller mangler avdekket i entreprenørens egne tester.

Tabellen på neste side viser innholdet i 6-4-2 møtene.

### Deltakere på møtene:

Igangkjøringssjef, prosjektleder ENT, bas eller UE ved behov, byggeleder, ansvarlig for integrerte tekniske bygningsinstallasjoner (ITB), prosjektleder systematisk ferdigstilling og drift. Andre deltakere avklares fortløpende (riktig person på riktig sted).



Illustrasjon:  
Prosessen for testgjennomføring

### 6 uker før test

- Gjennomgang av systemer som inngår i testen.
- Testprosedyrer og funksjonsbeskrivelser er justerte og oppdaterte etter tabletest og alle punkter fra tabletest er lukket.
- Plan for entreprenørens kontroll (egentest) er laget og dato festet.
- Eventuelle hindringer for test? "Avvik" fra tavlemøter og BIM360/ mekanisk ferdigstilling på plan.
- Er det noen spesielle tiltak som må iverksettes for å kunne gjennomføre testen (avgrensninger)?
- Forutsetninger for entreprenørens kontroll (forberedende tiltak/ logistikk/ utstyr) er definert i underlaget for test og gjennomgått i møte.
- Aksjonspunkter og avvik fra 6 ukers møte registreres i «BIM360» (et dataverktøy benyttet i KHiB-prosjektet).

### 4 uker før test

- Punkter fra 6-ukers møte er lukket og eventuelt underlag revidert
- Klar for test? Mekanisk ferdigstilling på plan?
- Forberedende tiltak for gjennomføring av egenkontroll og test er planlagt og bestilt av entreprenør.
- Status nødvendig FDV for test gjennomgås.
- RTB på riktig nivå?
- SHA i forbindelse med gjennomføring av test, tilbakestilling etter test og utbedring av avvik.
- Kartlegging av komponentoppføring for tilhørende systemer med driftsorganisasjonen.
- Aksjonspunkter og avvik fra 4 ukers møte registreres i «BIM360»
- Innkalling til test sendes i Outlook.

### 2 uker før test

- Punkter fra 4-ukers møte er lukket og eventuelt underlag revidert
- Bekreftelse på at egenkontroll er gjennomført og alle avvik er registrert i «BIM360».
- Eventuelle tiltak for gjennomføring av test er gjennomført og utstyr for testgjennomføring på plass.
- Testprotokoll for test er utarbeidet og klar for bruk.
- FDV for test komplett.
- RTB ok?
- SHA gjennomgang med opplisting av SJA som må utarbeides i forbindelse med testgjennomføring.
- Skjermbilder er klar i SD.
- Siste gjennomgang av systemer mht. hva som skal testes og hvordan. Eventuell siste tilpassing av testprosedyrene.
- Gjennomgang av relevante systemer og eventuelt tilhørende komponentopplæring med drift utført?
- Deltakere har bekreftet deltakelse på testen i Outlook.

**Opplæring**

Det er viktig at de som skal bruke, drifte og vedlikeholde bygget kjenner byggets funksjoner og er komfortable med valg av systemer. Med systematisk ferdigstillelse legges det til rette for betydelig involvering av både bruker og drift gjennom hele byggeprosjektet. På den måten får prosjektet nyttige innspill fra de som overtar bygget, samtidig som brukere og drift får en grundig opplæring.

Opplæring av brukere og drift kan gjennomføres på ulike arenaer;

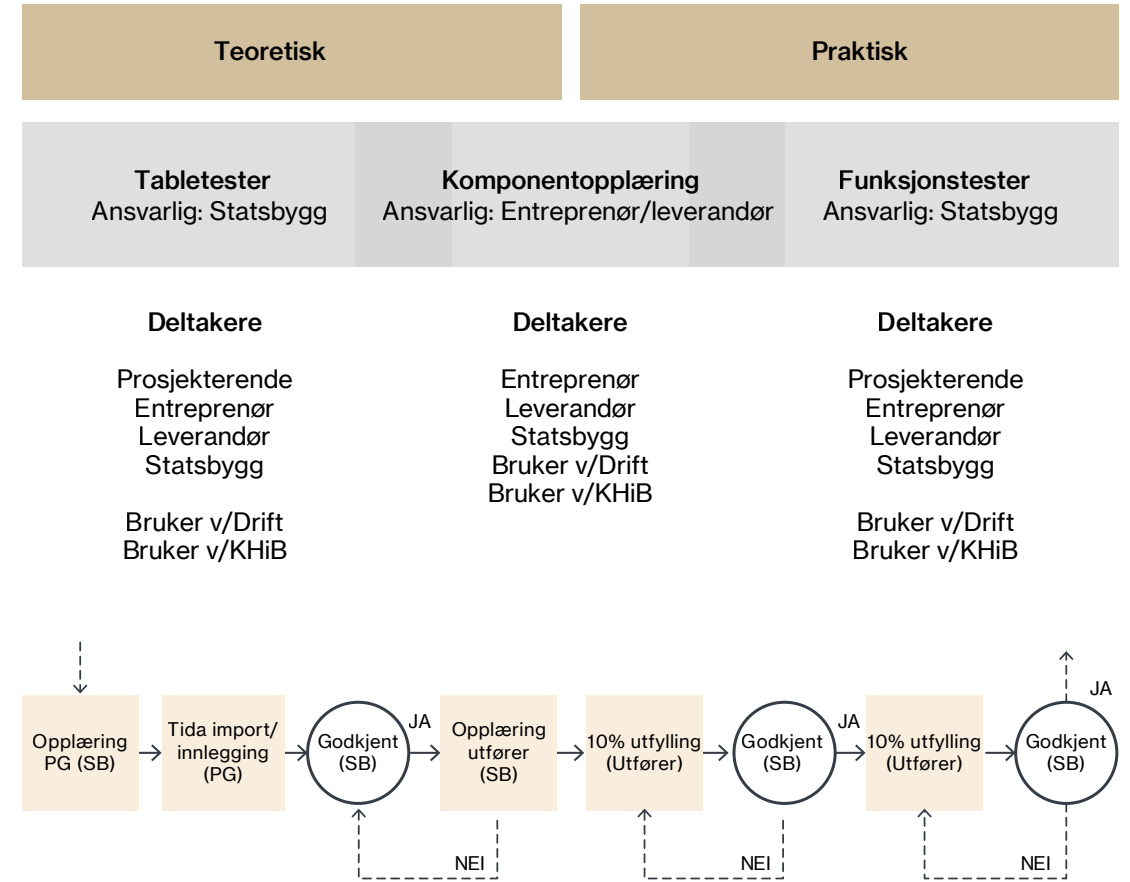
- teoretiske opplæringslesjoner
- deltakelse på tester
- praktiske opplæringslesjoner

Når bygget er ferdigstilt og overleveres til eier, må brukere og driftere av bygget vite hvordan det skal brukes og driftes. I KHiB-prosjektet skal bygget, med alt av funksjoner og utstyr, brukes av KHiB, mens Statsbygg EV står for drift og vedlikehold av bygget. Det betyr at begge brukergruppene må få opplæring innenfor sine områder.

KHiB-prosjektet har delt opp opplæringen som vist i illustrasjonen øverst på neste side, i en teoretisk del og en fysisk del for både utstyr og systemer inkludert SD-anlegget. Opplæringen foregår delvis gjennom deltakelse på tester og delvis som egne opplæringslesjoner. Illustrasjonen gir en oversikt over hvilke arenaer opplæringen skjer i, samt hvem som deltar på de ulike arenaene.

**FDV**

Statsbygg har egne prosedyrer og systemer for FDV som KHiB-prosjektet forholder seg til. Via systematisk ferdigstillelse sikres sammenhengen mellom FDV-prosessene og opplæringsprosessene. Også her er bruker involvert i planleggingen. Den nederste illustrasjonen på neste side viser FDV-prosessen etablert for prosjektet.



Illustrasjon øverst:  
Arenaer for opplæring

Illustrasjon nederst:  
FDV-prosessen i KHiB







# Hva har KHiB-prosjektet lært

## Grundig, forebyggende planlegging («Frontloading»):

Tanken bak systematisk ferdigstillelse er å bruke mer ressurser på planlegging og prosjektering, og mindre ressurser på avklaring underveis i byggeprosjektet. Det betyr at både prosjekterende og utførende må disponere sine ressurser på en litt annen måte enn de (kanskje) er vant med. Det kan også bety større arbeidsomfang for noen av aktørene, uten at gevinsten hentes ut hos samme aktør. Dette må både byggherre og aktører være klar over ved kontraktsinngåelse.

## Holdningsendring («Mindshift»):

Metodikken systematisk ferdigstillelse krever et nytt tankesett hos de involverte aktørene. Det betyr ikke at det totalt sett forventes et større arbeidsomfang, men det forventes en høyere grad av detaljering tidlig i prosjektet, med tanke på planlegging, bygging og ferdigstillelse. Det er krevende å endre godt innarbeidede vaner i en hel bransje. Behovet for informasjon, forankring og oppfølging må ikke undervurderes.

## Involvering og transparens:

Omfattende involvering av brukere er hensiktsmessig, både for bruker og for prosjektet. Systematisk ferdigstillelse bidrar til en bred naturlig involvering gjennom testene, satt i system. Også et transparent system er avgjørende. Det innebærer at prosesser, aktiviteter, frister og resultat er synlige, visuelle og lett-tilgjengelige (f.eks. tavler) og at de kan ses og forstås likt av alle involverte.

## Tabletester:

Tabletester er en svært nyttig aktivitet. På hver tabletest i KHiB-prosjektet dukket det opp uavklarte spørsmål som hadde vært utfordrende og kostbare å håndtere under bygging eller testing.

En tabletest er avslutningen på et systems prosjektering, ikke en innledning på byggingen. Det er stor verdi i å samle prosjekterende, entreprenører, leverandører, drift og brukere rundt samme bord for å diskutere systemenes funksjon. Tablestestene bør holdes så tidlig som mulig. Derfor må entreprenørene kontrahere sine leverandører i tide til at riktig kompetanse bidrar i tablestestene.

Et eksempel hvor KHiB-prosjektet hadde stor nytte av dette, var ved gjennomføring av tabletest for lysstyring. Under testen kom det fram at styringen av rommene ikke kunne omprogrammeres fra toppsystemet (SD-anlegget) slik det var foreskrevet i kontrakt. Prosjektet løste dette ved å bytte leverandør og kunne på den måten tilfredsstillende kontrakten.

Dette hadde ikke blitt oppdaget uten en tidlig teoretisk gjennomgang av funksjonsbeskrivelsen med tilhørende testprosedyre og med leverandøren tilstede.

## Hva skal prosjektet gjøre videre

Pr desember 2016 nærmer KHiB-prosjektet seg ferdigstillelse av byggefasen. Samtlige tabletester er gjennomført, og neste ledd i den systematiske ferdigstillingen er områdetestene. Testene planlegges i detalj for å sikre at de kan gjennomføres på en tilfredsstillende måte, før systemene er ferdigstilt. Dette inkluderer praktisk tilrettelegging og avgrensning av systemer på plassen.

I avslutningen av byggefasen vil det gjennomføres integrerte tester, fullskalatester og virksomhetstester, som en endelig verifisering av at systemene fungerer sammen i normal drift.



# Lean Bygging



# Lean bygging

KHiB-prosjektet har hatt som mål å være et foregangsprosjekt ved bruken av Lean. Det ble tidlig gjennomført en grundig planlegging av både arbeidsunderlaget og arbeidsutførelsen. Dette for å minimere de typiske feilene som tradisjonelt oppstår i et byggeprosjekt og for å kunne ligge i forkant av dem. Det ble lagt ned mye tid i prosjekteringen for å få underlaget så riktig som mulig. I dette prosjektet valgte Statsbygg som byggherre å gjennomføre en såkalt taktplanlegging av hele byggefasen før anbudsfasen. Den utarbeidede taktplanen ble vedlagt anbudsunderlaget, men det var ikke en fullstendig utgave. Intensjonen var at entreprenørene etter kontraheringen skulle delta i en samhandlingsfase for å komplettere planen og gjøre den endelig.

Egne møteserier på byggeplassen hadde til hensikt å gjøre alle aktivitetene så sunne som mulig. De ble kalt 14-10-møter og 6-4-1-møter, det vil si et gitt antall uker før oppstart i et nærmere definert kontrollområde. De 7 forutsetningene for en sunn aktivitet (se definisjon senere i kapitlet) ble gjennomgått, enten det var i et mer overordnet perspektiv («14-10») eller mer konkret i forkant av produksjonen («6-4-1»). På byggeplassen fulgte man opp med BIM-kiosker (se senere i kapitlet) og daglige statusmøter ved de såkalte takttavlene.

Erfaringene fra taktplanleggingen i samhandlingsfasen tilsier at entreprenører, underentreprenører (UE) og leverandører (LEV) av komplekst og avansert utstyr må involveres meget tidlig i planleggingen. Det er basene og formennene som har den beste kunnskapen om arbeidsutførelsen. De kjenner best avhengighetene mellom og arbeidsmengden for de ulike arbeidsoperasjonene. De kan dermed i stor grad påvirke at taktplanen blir riktig. Videre har man erfart at takttavlene fortløpende må tilpasses byggefasen. De er ikke statiske. Man har også erfart at mulighetene ved Lean bygging og taktplanlegging er svært store. Det er et stort potensiale for inntjening, bedre kvalitet og økt produktivitet ved å være enda grundigere i planleggingen.

# Taktplanlegging

I produksjonsindustrien beveger produktet seg sømløst fra en stasjon til den neste på sin vei til det endelige sluttproduktet. I byggenæringen kan produktet av åpenbare årsaker ikke bli flyttet på. For å oppnå en naturlig flyt, en jevn tilførsel av verdi, må man i stedet la prosessen bevege seg rundt på bygget.

Det er lagt ned mye tid og ressurser på en best og mest mulig detaljert planlegging av fremdriften. Mange overveielser og mye ko-ordinering er innbakt i planleggingen av arbeidsutførelsen og tilgjengeligheten av ressurser og materialer for å sikre at fremdriften flyter jevnest mulig. Resultatet er den såkalte taktplanen. Denne planen er en utradisjonell måte å planlegge og visualisere arbeidsoperasjonene på. Planen er også en meget enkel, systematisk og strukturert måte å vise alle arbeidene på en lett-tilgjengelig oversikt. Taktplanen og endel av de tilhørende begrepene er forklart nærmere på de neste sidene.

## Kontrollområde

Et kontrollområde er et helt spesifikt angitt område der det skal utføres arbeider. Arbeidene er detaljert beskrevet. Områdets størrelse kan varieres i forhold til områdets kompleksitet, men utgangspunktet i KHiB-prosjektet er omtrent 400 kvadratmeter. Så langt det er mulig skal det bare være et fag i et område per uke.

## Tog

Den naturlige rekkefølgen av arbeidsoperasjoner (aktiviteter) som må til for at et kontrollområde skal bli ferdig, kalles normalt en prosess. I KHiB-prosjektet har man valgt å kalle en prosess for et tog. Aktivitetene i toget er detaljert beskrevet fag for fag (se «Vogn»). Videre er alle togene for de ulike områdene i byggeprosjektet beskrevet hver for seg. I dette kapitlet vises togene for innredning, landskap, prosjekthallen og teknisk rom.

## Vogn

Et tog består altså av mange aktiviteter som kommer naturlig etter hverandre i kontrollområdet. Disse aktivitetene kaller vi vogner, og en vogn består av et antall oppgaver. En vogn skal i utgangspunktet bare bestå av et fag, men noen vogner kan av praktiske årsaker likevel inneholde flere fagområder, avhengig av kompleksitet og omfang. Men det er alltid bare et definert fagområde som har ansvaret for vognen.



**Takt**

I KHiB-prosjektet har en vogn en varighet av en uke. Dette er byggeprosjektets takt, det vil si den jevne rytmen som produksjonen beveger seg fremover med. Arbeidsmengden må beregnes og planlegges nøye for å oppnå best mulig rytme. Da oppnås også best mulig flyt i produksjonen. KHiB-prosjektet har derimot et stort antall ulike kontrollområder som varierer i både kompleksitet og størrelse. Arbeidsomfanget har følgelig variert fra område til område, det vil si ikke-repeterbare områder. For å oppnå jevnest mulig rytme (flyt) gjennom hele byggeperioden, har også antall personer måttet variere fra uke til uke i samme vogn. I byggeprosjekter med et stort antall repeterbare områder, lik størrelse og arbeidsomfang, kan bemanningen holdes mye jevnere.

**Taktplan**

Taktplanen er resultatet av de fire forrige punktene. Det er en detaljert oversikt av alle arbeidsoperasjonene i byggeprosjektet, gjerne angitt på en stor plakat. Sammenhengen mellom kontrollområder, tog, vogner og takt kan klart leses ut av taktplanen.

Foto: Tomasz Majewski





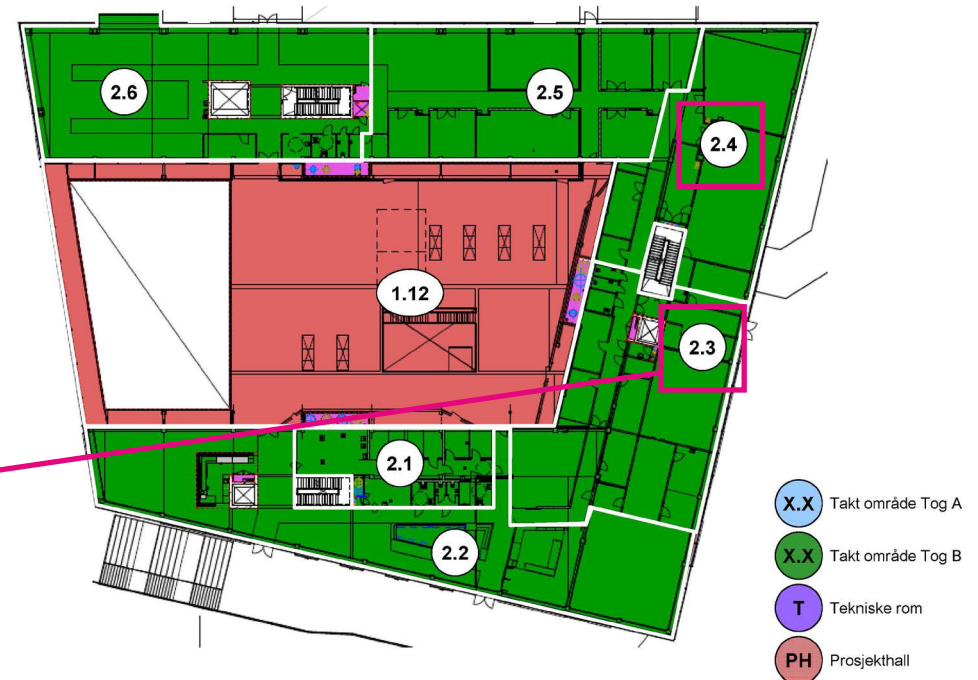


# Hvordan forstå taktplanen

Illustrasjon:  
Sammenhengen mellom taktplanen, arbeidsoperasjoner og taktområder

Plan	Innredning	2016																																																		
		01.08	08.08	15.08	22.08	29.08	05.09	12.09	19.09	26.09	03.10	10.10	17.10	24.10	31.10	07.11	14.11	21.11	28.11	05.12	12.12	19.12																														
4	4.1	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																												
	4.2	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																											
	4.3	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																										
	4.4	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																								
	4.5	12b	12a	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																						
	4.6	11	12a	12b	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																					
	4.7	11	12a	12b	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																					
3-4. etg	4.8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																							
1	1.1	FA4/16	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																						
	1.2	FA4/16	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																						
	1.3	FA4	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																						
	1.4	FA4	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																						
	1.5	FA4	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																						
	1.6	FA4	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																						
3	3.1	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																	
	3.2	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16																
	3.3	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16															
	3.4	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16													
	3.5	12a	12b	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16											
	3.6	11	12a	12b	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16										
2	2.1	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16						
	2.2	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16					
	2.3	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16				
	2.4	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16		
	2.5	12a	12b	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16
	2.6	11	12a	12b	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15
1	1.1	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16						
	1.2	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16					
	1.3	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16				
	1.4	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16		
	1.5	12a	12b	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16
	1.6	11	12a	12b	13a	13b	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11a	11b	12	13	14	15

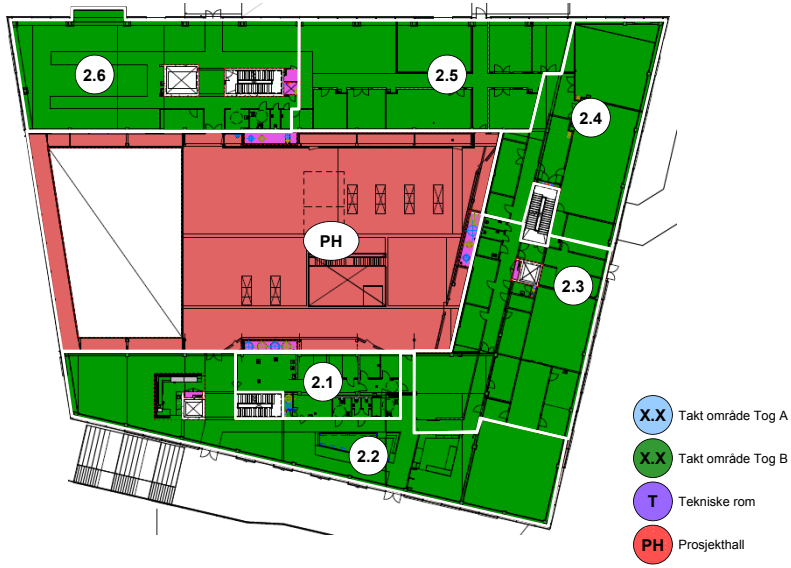
Innredning						
Entreprise	Fag	Arbeidsoperasjon	Vogn Tog A	Vogn Tog B	VOGNEIER	
					BL	Kxxx
K206	Påstøp	Isolering overkant huldekke inkl. plastfolie Armering Randisolering og fugging Påstøp Sliping og oljing Tildekking av betonggulv Eventuelt: slissing/lydfuge	I1	I1	BLB1	K206
K206	Tømrer	Brannisolering og brannmaling av stålsøyler og gitterdragere Stålstender påforing 70mm mot fasadeelementer og mot Prosjekthallvegg Stålstendere innervegger Enkling av innvendige vegger, inkl utsparinger Foring av smyg dører (systemvegger) Foring av smyg vindutsparinger Spikerslag for tunge installasjoner vegg	I2a&b	I2a&b	BLB1	K206
K206	Maler	Maling av huldekke, i spesielle rom				
K204	Blikkenslager	Innvendig beslag i karnapp.				
K204	Murer	Montering bak-toilet-systemer				
K301	Rørlegger	Installering av stålrammer for vegghengte toaletter Rør-i-rør fra fordelerskap til utstyr - inkl koblinger Montering av avløp og overvann i vegg	I3a	I3a	BLV	K301
K401	Elektriker	Montering av el-boks og trekkerer for svakstrøm og sterkstrøm i tak og vegg	I3b	I3b	BLE	K401
K302	Ventilasjon	Montering av ventilasjonskanal i vegg				
K401	Elektriker	Montering av el-boks og trekkerer for svakstrøm og sterkstrøm i tak og vegg	I3b	I3b	BLE	K401
K206	Tømrer	Oppbygging av gulv i karnapp. Isolering av innvendige vegger Dobling av innvendige vegger inkl lukking av 70mm påforingsvegger Lydfuge mellom vegg/tak og vegg/gulv	I4	I4	BLB1	K206



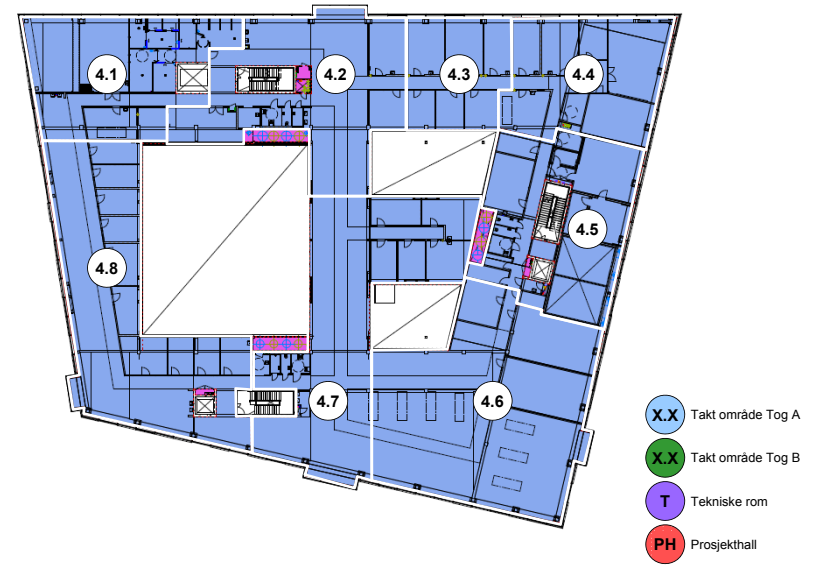
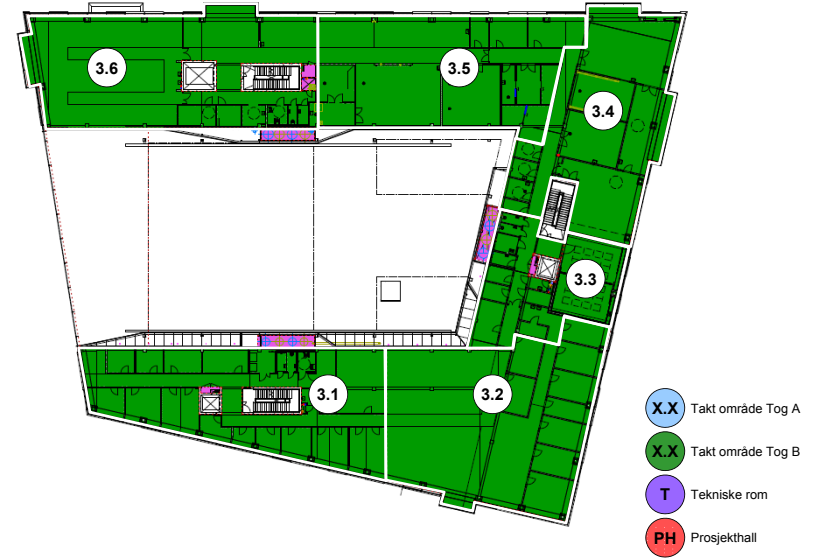
Plan 2

# Taktområder

Plan 1-2:



Plan 3-4:



Illustrasjon:  
KHIB-prosjektets taktområder



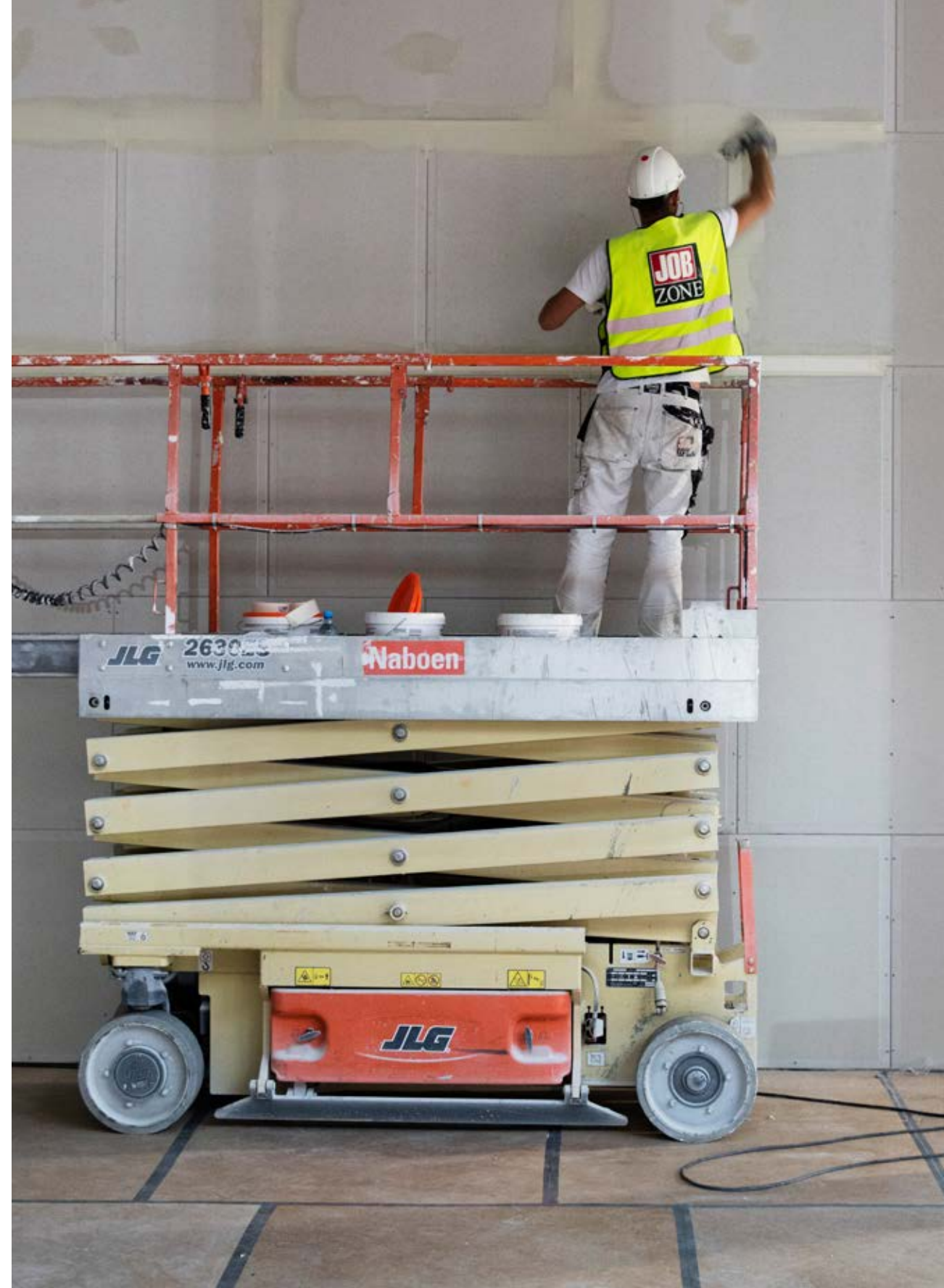
# Toget

## Rekkfølgen av arbeidsoperasjoner

Innredning						
Entreprise	Fag	Arbeidsoperasjon	Vogn Tog A	Vogn Tog B	VOGNEIER	
					BL	Kxxx
K206	Påstøp	Isolering overkant hulldekke inkl. plastfolie	11	11	BLB1	K206
		Armering				
		Randsisolering og fuging				
		Påstøp				
		Sliping og oljing				
K206	Tømrer	Tildekning av betonggulv	12a&b	12a&b	BLB1	K206
		Eventuelt: slissing/lydfuge				
		Brannisolering og brannmaling av stålsøyler og gitterdragere				
		Stålstender påføring 70mm mot fasadeelementer og mot Prosjekthalvegg				
		Stålstendere innvegger				
		Enkling av innvendige vegger, inkl utspæringer				
		Foring av smyg dører (systemvegger)				
		Foring av smyg vindusutspæringer				
		Søkerlag for tunge installasjoner vegg				
		Maling av hulldekke, i spesielle rom				
K206	Maler	Innvendig beslag i karnapp.				
K204	Murer	Membran bak toalett sistene				
K301	Rørlegger	Installering av stårammer for vegghengte toaletter	13a	13a	BLV	K301
		Rør-rør fra fordelerskap til utstyr - inkl koblinger				
K401	Elektriker	Montering av avløp og trekkerer for svakstrøm og sterkstrøm i tak og vegg				
K302	Ventilasjon	Montering av ventilasjonskanal i vegg				
K401	Elektriker	Montering av el-boks og trekkerer for svakstrøm og sterkstrøm i tak og vegg	13b	13b	BLE	K401
K206	Tømrer	Oppbygging av gulv i karnapp.	14	14	BLB1	K206
		Isolering av innvendige vegger				
		Dobling av innvendige vegger inkl lukking av 70mm påføringsvegger				
K206	Maler	Lydfuge mellom vegg/tak og vegg/gulv	15	15	BLB1	K206
K206	Maler	Sparkling og pussing av fibergips-vegger	16	16	BLB1	K206
K206	Tømrer	Grunning/porefylling av fibergips-vegger	17	17	BLB1	K206
		Maling av fibergips-vegger (2-strek)				
K206	Tømrer	Maling av akustiske plater vegg, inkl	17	17	BLB1	K206
		Direktemontert akustisk himling inkl. isolasjon, spikerslag, beslag				
K301	Rørlegger	Montering av opphengstag for akustisk himling samt wire for bafflerskinner	18	18	BLV	K301
		Montering av unistut-skinner (korridor)				
		Montering av avløpsrør og evt. isolering				
K401	Elektro	Montering sprinkler rør, korridor og rom				
K401	Elektro	Montering sprinkler hoder				
K302	Ventilasjon	Montering aspirasjon				
K501	Automasjon	Installasjon av ventilasjonskanaler	19	19	BLV	K302
		Installasjon av tilufts-ufrekvsventilator				
K301	Rørlegger	Isolering ventilasjonskanaler	110	110	BLV	K301
		Levering av utstyr				
		Montering av unistut-skinner under ventilasjonskanaler(korridor)				
		Montering av KV og VV, hovedføringer og i rom og evt. kjøling				
		Isolering av KV og VV og evt. kjøling				
K501	Automasjon	Montering trykkluft, hovedføringer og inn til rom	111a	111a	BLE	K401
		Montering av varmepanel tak inkl varmerør				
K401	Elektriker	Isolering varmerør	111b	111b	BLE	K401
		Trykktesting av alle rørsystemer i takområde				
K401	Elektriker	Levering av utstyr	112	112	BLE	K401
		Installasjon av kabelføringer				
K401	Elektriker	Feste for kabelrommel	113	113	BLB1	K206
		Kabel trekking, lys og nedlys				
K401	Elektriker	Kabel trekking, lys og nedlys	114	114	BLB1	K206
		Kabel trekking IKT				
K401	Elektriker	Kabel trekking for BUS				
		Kabel trekking for brann- og alarmsystem				
K401	Elektriker	Kabel trekking for brann- og alarmsystem				
		Kabel trekking IKT				
K206	Renholder	Kabel trekking AV-system				
		Ferdigstillelse installasjoner, inkl sol-, og komfortavskjerming, blanding, Merking				
K206	Snekker	Kompletering av brytere og uttak				
		Montering av deksel				
K206	Ventilasjon	Renngjøring over himling				
		Montering sekundærbæring akustisk nedsenket himling				
K401	Elektriker	Montering av akustiske himlingsplater inkl tekniske installasjoner.				
		Montasje av ventilasjonsventiler i nedsenket himling				
K206	Snekker	Kompletering 52, 54, 56 og kamera.				
		Montering av lys				
K206	Innredning	Montering av akustiske baller				
		Montering screen i karnapp				
K206	Innredning	Montering innvendig rekkverk i karnapp				
		Montering innvendig screen i vinduer				
K206	Gulvlegger	Montering gulvbelegg inkl. oppkant på vegg og vinyl på vegg + klemring på sluk				
		Beskyttelse gulv				
K206	Weber	Montering gulv				
		Weber gulv				

Illustrasjon:  
Utsnitt av KHiB-prosjektets  
Innredningstog med arbeidsoperasjoner

Foto neste side: Statsbygg  
Trond Isaksen







RAMIRENT



# Tidligere forberedelser

Svært mye er planlagt og forberedt før man starter opp i et kontrollområde. Byggingen er nesten det siste som gjøres, og byggingen skal fungere så smidig og rasjonelt som mulig. På KHiB-prosjektet er taktplanen utgangspunktet for alle aktiviteter. De tidlige forberedelsene telles et bestemt antall uker bakover i tid fra den uken en aktivitet skal gjennomføres i et område.

Under beskrives noen av de mange aktivitetene som gjennomføres i planleggingen og forberedelsene forut for byggingen.

## «System»: 14–10 uker før oppstart

På 14-10-møtene diskuteres kompliserte utførelser og komplekse avhengigheter. Overordnede tverrfaglige utfordringer vurderes og løsninger planlegges. Det tas beslutning om produkter med lange ledetider slik at de kan komme til byggeplassen i rett tid. Dette er de såkalte «Long Lead Items», LLI. Detaljeringnivået er grovmasket. I møtene deltar spesielt de prosjekterende, men også entreprenørene med sine UE og spesifikke leverandører deltar. På KHiB-prosjektet leder byggherren møtene.

## «Utførelse»: 6–4 uker før oppstart

6-4-møtene forutsetter at de overordnede sakene fra 14-10-møtene er avklart og lukket. Tverrfaglige og enfaglige avhengigheter diskuteres og koordineres. Tekniske og praktiske avklaringer planlegges og løses. Detaljeringnivået er finmasket. I møtene deltar spesielt de utførende med sine UE og spesifikke leverandører. Også de prosjekterende deltar. På KHiB leder byggherren ved byggeledelsen møtene.

## BIM modellgjennomgang

Gjennomgangen avholdes 4 uker før oppstart utførelse i et kontrollområde. KHiB-prosjektet benytter det digitale verktøyet Solibri for å illustrere bygget i 3D. Ved hjelp av denne 3D-modellen diskuteres, koordineres og avklares bygningsmessige og tekniske utfordringer område for område. Nivået er detaljert og praktisk rettet. Formenn/baser deltar sammen med prosjekterende. Møtet ledes av byggeleder BIM (en egen rolle).

## Logistikk møte

Møtet avholdes ukentlig, 1 uke før produksjon i et område. Logistikkbehov og inntransport skal være meldt inn 3-4 uker i forkant av møtet. Alle leveranser registreres og bekreftes,

og transparente logistikk-og leveranseplaner utarbeides for alle etasjer i bygget, med de løsningene som skaper best flyt for byggets helhet. Nivået er detaljert og praktisk rettet. Spesielle saker tas også opp i 6-4-møtene (se over). Alle aktuelle entreprenører med sine UE og leverandører deltar. Logistikk sjefen (en egen rolle) leder møtene.

## Basmøte

Møtet avholdes 6, 4 og 1 uke for utførelsen i et kontrollområde. Byggmessige, tverrfaglige og tekniske utfordringer diskuteres, koordineres og avklares. Nivået er detaljert og praktisk rettet. Alle basene deltar. Entreprenøren leder møtene.

## «Klar til start»: 1 uke før oppstart

Møtet er en utsjekk av de 7 forutsetningene for en sunn aktivitet. (Se eget avsnitt.) Saker fra 6-4-møtene skal være avklarte og lukket. Møtet gjennomføres av arbeidslaget sammen med baser og formenn uken før oppstart i et kontrollområde. Med en uke som valgt takt, skal man kunne starte produksjonen mandag morgen.

## «Geometri»: Prøverom

Prøverommet er et fullskala rom som bygges med den samme rekkefølgen på aktivitetene som innredningsarbeidene skal følge. Dermed kan byggeledere, entreprenører og prosjekterende kontrollere, lære av og justere den planlagte rekkefølgen. Man får også ytterligere verdifull erfaring for praktiske problemer som kan oppstå i byggingen.

## «Funksjon»: Tabletest

KHiB-prosjektet har også gjennomført såkalte «tabletester». Testene er en teoretisk gjennomgang av de mange tekniske systemene, med utgangspunkt i funksjonsbeskrivelsene og testprosedyrene. En tabletest er en teoretisk versjon av funksjonstesten, og den gjennomføres ved endt prosjektering. Deltakelsen varierer avhengig av systemet som skal testes. Deltakerne på møtet er prosjekterende, entreprenører, leverandører, byggeledelse, driftspersonell og brukere. (Se også kapittelet om «Systematisk Ferdigstilling».)





# De 7 forutsetningene for en sunn aktivitet

Alle de 7 forutsetningene for en sunn aktivitet skal være utkvitterte før oppstart i et nytt område (på KHiB mandag morgen). Da får man en mest mulig effektiv oppstart med arbeidene. Man sjekker ut de samme 7 punktene også 4, 6, 10 og 14 uker før oppstart i et kontrollområde, men da ser man forutsetningene i et større perspektiv. De 7 forutsetningene forklares i dette avsnittet.

## 1. Forutgående aktiviteter

Forutgående aktiviteter er helt avsluttet og har forutsatt kvalitet. Den som tar over et område har kontrollert det nye området sammen med den som skal forlate det og byggeleder.

## 2. Informasjon

Tegninger, underlag, BIM-modell og annen nødvendig informasjon skal være på rett nivå, tilgjengelig og ivareta kvalitet, helse og sikkerhet.

## 3. Materialer og komponenter

Materialer og komponenter av riktig kvalitet og i riktig mengde befinner seg på rett plass til rett tid. Mannskapet har sjekket at materialene og komponentene er som beskrevet.

## 4. Mannskap

Mannskapet har riktig kunnskap og kapasitet. Mannskapet har satt seg inn i arbeidsoppgavene som skal utføres. Eventuelle behov for variasjon i arbeidsoppgavene er ivaretatt.

## 5. Utstyr

Riktig utstyr for å utføre aktiviteten er tilgjengelig. Utstyret er effektivt, trygt og lite belastende. Sikringsutstyr er tilgjengelig. Ryddeutstyr er tilgjengelig og utplassert.

## 6. Plass og sikkerhet

Kontrollområdet er rent, ryddet og klargjort. Sikkerhetstiltak er på plass. Sikker Jobb Analyse (SJA) er avholdt.

## 7. Ytre forhold

Godkjenninger og tillatelser er gitt. Denne forutsetningen omfatter også tiltak for å motvirke dårlige værforhold.

Foto: Snøhetta  
Astrid Renata Van Veen







## Tavlemøter

### Hvorfor

Grunnlaget for fremdriften på byggeplassen er den til enhver tid gjeldende versjonen av taktplanen. De daglige takttavlemøtene skal kontrollere og bekrefte at fremdriften holdes. Møtet skal være kort. Møtet skal gi en dagsfersk beskrivelse av kontrollområdet. Det meldes fra om feil og avvik som er oppdaget og trenger justering. De registreres som egne saker og skal følges opp av en hensiktsmessig person. Man har mulighet å rasjonelt koordinere på tvers av de ulike områdene i bygget.

### Tema

På KHiB-prosjektet ble fem temaer diskutert særskilt på tavlemøtet:

- HMS-SHA
- Kvalitet
- Ryddighet, RTB = Rent Tørt Bygg
- Fremdrift
- Bemanning

Feil, avvik, mangler og lignende noteres særskilt. Det avtales med den som angis som ansvarlig for punktet når saken skal være løst. Hver fredag bekrefter den som befinner seg i et kontrollområde samt den som skal overta det, at området er klart til oppstart til kommende uke.

### Deltakere

Byggeleder, bas/formann fra entreprenør og bas/ formann fra UE/leverandør deltar på møtet avhengig av aktivitetene i kontrollområdet. Ytterligere personer fra kontrollområdet deltar etter behov.

### Når/Varighet

Tavlemøtene avholdes daglig på egne angitte tavler. Møtet skal ta maksimalt 15 minutter. På KHiB-prosjektet gjennomføres tavlemøtene for de ulike områdene i perioden mellom kl. 12:00 og 13:45. Erfaring fra prosjektet tilsier at overtakelsen fra et fag til et annet for hvert kontrollområde må tydeliggjøres og være del av tavlemøtet.



**BIM@KHiB**

# Kort om BIM

Bokstavene i BIM betyr følgende:

B = Bygning

I = Informasjon

M = Modellering (mht. prosessen) eller Modell (mht. produktet)

BIM kan benyttes og omtales både som en prosess (for modellering) og som et produkt (selve modellen). Den kan videre tilknyttes informasjon i alt fra tre til (minst) seks dimensjoner, da gjerne omtalt som 3D (lengde, bredde, høyde), 4D (+ tid), 5D (+ kostnad), 6D (+ livssyklus) med mer.

I BIM-modellen kan man på et sted knytte all ønsket informasjon til de tegnede objektene samt informasjon om byggeprosjektet. Dette forenkler informasjonsflyten, informasjonsutvekslingen og kommunikasjonen mellom alle aktørene i prosjektet. Rommet og rommets elementer formgis fra alle sider. BIM kan benyttes både i prosjekteringsfasen, byggefasen og driftsfasen.

Fra prosjekterings side er målsetningen med BIM og digital samhandling å få en bedre informasjonsflyt på tvers av de ulike fagdisiplinene, både internt i prosjekteringsgruppen og mellom prosjekteringsgruppen og entreprenørene. KHiB-prosjektets fokus har vært å optimalisere BIM som verktøy i prosjekterings- og byggeprosessen samt størst mulig bruk av BIM-modellen som underlag for bygging i utførelsesfasen.

Oppbyggingen av BIM-modellen skal baseres på åpne og internasjonale standarder. Som byggherre har Statsbygg gjennom bruken av BIM som mål å øke nytteverdien av egne bygg for både driftspersonale, leietakere og brukere. Bruken av BIM skal dermed kunne redusere feil og skader som typisk oppstår i løpet av byggefasen eller driftsfasen. I KHiB-prosjektet har BIM-modellen blitt utviklet og beriket kontinuerlig fra prosjekteringen og frem til ferdigstillingen og overleveringen. En «Som bygget»- («As built»-) modell ble overlevert til avdelingen for eiendom og drift for ytterligere beriking med FDV-informasjon (forvaltning, drift og vedlikehold).

# Informasjonsutveksling i BIM

I løpet av detaljprosjekteringen og byggefasen har prosjekteringsgruppen jobbet i samme programvare (Revit) og på samme server (Revitserver). Gjennom kontinuerlig tilgang til hverandres fagmodeller får alle til enhver tid mulighet til å være oppdatert på sist utarbeidede underlag. I tillegg er modellene sammenstilt i et felles format (IFC) som er tilgjengeliggjort for alle, også for aktører som ikke er deltakere av prosjekteringsgruppen (åpen BIM). Prosjekteringsgruppen har regelmessige samlokaliseringer: 3 dager hver annen uke og 1 dag i mellomuken. 3-dagers møtene er organisert med fast agenda som inneholder blant annet arbeidsmøter, informasjonsutveksling og felles gjennomgang av IFC-modellen.

Gjennom tilgangen til hverandres modeller (ARK, EL, VENT, RØR osv.) utviser de prosjekterende gjensidig tillit. Eksempelvis har de tekniske rådgiverne for elektro, brann og akustikk tilgang til arkitektens Revitmodell. Dermed kan de selv legge inn relevante verdier og egnede parametere for vegger, dører og glassvegger. Slik unngås feil ved manuell overføring av data mellom tegning og modell.

Revitmodellen kommuniserer med flere støtteprogrammer, som bl.a. romdatabasen dRofus, programvaren for dørmiljøet Microbuild og den tekniske informasjonsdatabasen TIDA. Informasjonen knyttet til for eksempel prosjektets mange dører er synkronisert jevnlig mellom programmene Revit og Microbuild. (Microbuild omfatter bl.a. en beslags- og produksjonsliste for dører.) I produksjonsfasen har også entreprenørene tilgang til Microbuild, og de legger inn leverandørinformasjon og produksjonsstatus. Denne informasjonen synkroniseres deretter tilbake til ARK-modellen.

I arkitektens modell er alle bygningsdeler og alt utstyr (objekter) synkronisert mot romdatabasen dRofus. dRofus tildeler objektene et unikt TFM-nummer (Tverrfaglig Merkesystem). Disse overføres tilbake til ARK-modellen til bruk for FDV, det vil si forvaltning, drift og vedlikehold av bygget. All FDV-dokumentasjonen produseres ut i fra den informasjonen som ligger i BIM-modellen. Det blir så overført til TIDA. TIDA er direkte linket til BIM-modellen gjennom en plugin i Revit. Innholdet blir dermed gjensidig synkronisert mellom modellen og TIDA-databasen.



# BIM-sesjoner/ kollisjonskontroller

KHiB-prosjektet utarbeidet en BIM-gjennomføringsplan. Planen ga føringer for ansvarsforhold og for hvordan modellene bygges opp, utveksles og håndteres i daglig drift.

I forkant av BIM-sesjonene under samlokaliseringene ble det satt krav og frister til alle de prosjekterende med hensyn til opplastingen av fagmodellene (Revit til IFC). De enkelte IFC-modellene ble deretter sammenstilt og tilgjengeliggjort i programvaren Solibri (Solibri Model Viewer). Solibri-modellen ble lastet opp til prosjektets web-baserte prosjekthotell (IT base), slik at alle med tilgang til modellene kunne åpne denne, enten ved gratis- eller betalversjonen av Solibri. I byggefasen ble Solibri-modellen sammenstilt daglig og tilgjengeliggjort på byggeplass i BIM kioskene (se under).

Med Solibri-modellen som grunnlag utførtes kollisjonskontroller ved hver tre-dagers samlokalisering. Kollisjonskontrollene gjennomførtes med spesialtilpassede kollisjonsregler. Kollisjonskontrollen ble oppsummert i rapporter som inneholdt hvem og hvordan kollisjonene skulle rettes opp. Rapportene ble laget i det åpne formatet BCF (Bim Collaboration Format) som kan importeres og leses direkte i Revit.

Modellen ble kontinuerlig brukt til visualisering og tverrfaglig samhandling både i prosjekterings- og byggefasen. I byggefasen ble papirtegninger i liten grad benyttet.

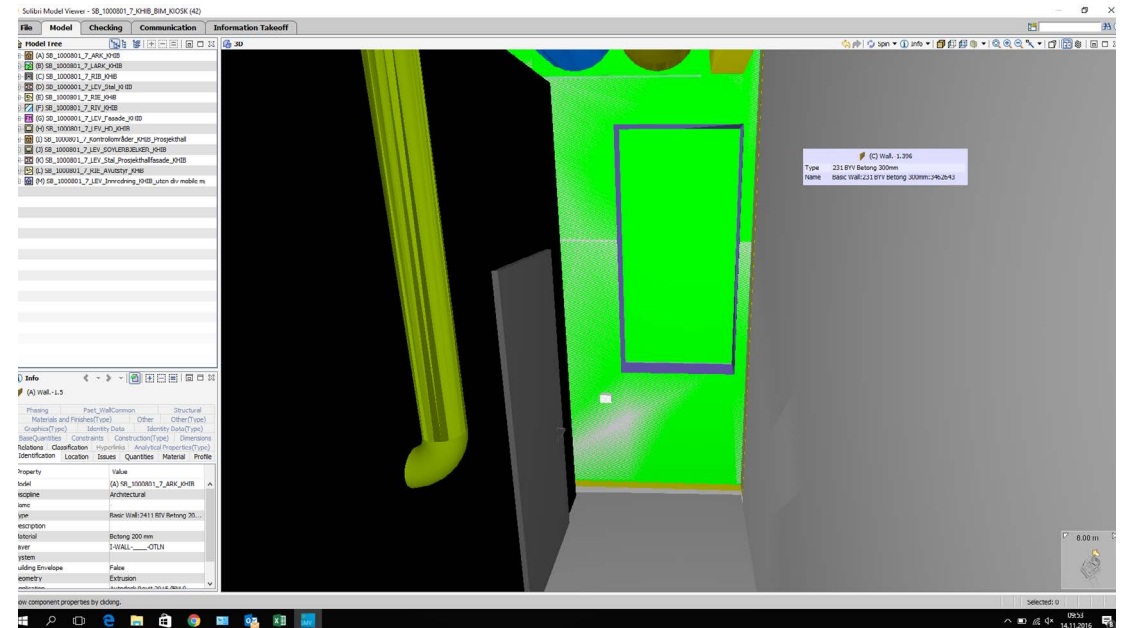


Foto: Snøhetta  
Astrid Renata Van Veen

Illustrasjon: Snøhetta  
Utsnitt BIM-modell





## BIM i leverandør-prosjektering

I råbyggfasen ble det gjennomført BIM leverandørprosjektering for prefabrikkerte betongbjelker, prefabrikkerte betongsøyler, stål og hulldekker. Etablerte krav til leverandørenes leveranser ble formidlet ved anbudsforespørsel slik at leverandørene tidlig var rigget for oppgaven.

Byggets fasader ble konstruert som prefabrikkerte sandwich elementer med utenpåliggende kassetter. Fasaden ble kontrahert som en egen entreprise med krav til full bruk av BIM. Ved kontraktsinngåelsen overtok leverandøren arkitektens fasademodell. I praksis har likevel arkitekt og leverandør delt på modelleringsarbeidet. På grunn av høye krav til nøyaktighet i grensesnittet mellom råbygg (dekkeforkantene) og fasadeelementene ble alle detaljene og overgangene modellert formriktig. Monteringsarbeidet ble fullført som planlagt.

Modelleringen av løsningene fra leverandørprosjekteringen i grensesnittet mot prosjekteringsgruppens modeller, ble definert som entreprenørens ansvar. Problemstillinger og spørsmål som ble avdekket av entreprenøren, ble formidlet til prosjekteringen ved hjelp av egne BCF-rapporter. I KHiB-prosjektet ble BCF-rapportene i hovedsak benyttet til enveiskommunikasjon, det vil si som rene rapporter til prosjekteringsgruppen. I andre tilfeller hvor man har benyttet formatets tilbakemeldingsmuligheter, har dette også fungert godt.

I ettertid er erfaringen at man ved bruk av dedikerte skyløsninger for kommunikasjon og BIM antakelig hadde gjort koordineringen enklere. I tillegg har KHiB-prosjektet besluttet å ha kun en Solibrimodell som alle bruker til å se og lese informasjonen i (view and read). Løsningen kan gi noen logistiske utfordringer fordi det ikke kan pågå parallelle kollisjonskontroller eller sammenstillinger.



# BIM på byggeplass

BIM kiosker gir meget stor gevinst til den digitale samhandlingen. En viktig premiss ved etableringen av BIM kioskene er mobilitet. Kioskernes mobilitet sikrer optimal tilgjengelighet overfor alle pågående arbeidere i bygget. I KHiB-prosjektets råbyggfase ble BIM kioskene mest brukt av de som jobbet med armeringen. I et prosjekt som har mye prefabrikkering, vil også ordinære tegninger gi nødvendig informasjon. For rene montasjearbeidere av søyler, bjelker, hulldekker og stål vil dermed supplerende informasjon fra BIM kiosker ikke nødvendigvis ha samme nytteverdi.

Kioskene i KHiB-prosjektet var plassbygde og baserte seg på en kraftig bærbar PC og en storskjerm. I råbyggfasen ble kiosken etablert i en flyttbar 8 fots container. I innretningsfasen ble kioskene bygget i en innkassing av finér montert på hjul. Denne løsningen var mye mer mobil enn containerløsningen benyttet i råbyggfasen.

KHiB-prosjektet konfigurerte BIM kioskene slik at de automatisk hentet oppdaterte modeller fra webhotellet til byggeplassens nettverk. BIM koordinatoren kan via e-post til enhver tid overvåke at oppdateringer er utført og at kiosken er på nett. (I KHiB-prosjektet var BIM koordinatoren enten en ressurs fra prosjekteringsgruppen eller den i byggefasen dedikerte BIM byggelederen. Se neste avsnitt.)

God nettilgang på byggeplassen er en viktig forutsetning. Det har vist seg at etableringen av byggeplassnettet ble mer krevende enn antatt, og det tok lang tid før dette fungerte tilfredsstillende. Mobildataløsninger kan være et godt alternativ. (Nye tekniske løsninger utvikles stadig.) BIM kioskene ble etablert med trådløs tilkobling, og det fungerer bra så lenge man sørger for at det er dekning i hele bygget. Automatiserte oppdateringer av BIM kioskene vil forenkle driften.

Det er nødvendig å tilrettelegge eksporten av data fra prosjekteringsprogramvaren slik at nødvendig byggeinformasjon er tilgjengelig i BIM kioskens modell. Eksempler på manglende informasjon i eksporten kan være installasjonshøyden på stikk og diameteren på rør.

Foto: Statsbygg  
Hans Thomas Holm

Det ble etterhvert også etablert en «romdiamant» i modellen. Romdiamanten er et geometriobjekt som legges i de rommene som inneholder spesiell informasjon. Dette kan være for eksempel romskjemaer eller særskilte detaljer. Ved å klikke på romdiamanten fremkommer en hyperlink til den aktuelle informasjonen på webhotellet. I tillegg laget prosjektet direkte linker fra IFC-modellens ulike kontrollområdeobjekter til spesielt tilrettede tegningspakker som ble utarbeidet av arkitekten for det enkelte området.

Suksessen med BIM kiosker fra flere andre byggeplasser og på KHiB har medført at det i mellomtiden også finnes kommersielle leverandører av kioskene.



## BIM-roller i prosjektet

Prosjektet har gjennom hele gjennomføringen hatt dedikerte BIM ressurser. I prosjekteringsfasen har BIM koordinatorene hos både arkitekt og de tekniske fagene håndtert modellsammenstillingen, modell koordineringen, BIM gjennomføringsplanen, kvalitetssikringen og alle datatekniske avklaringer og utfordringer rundt BIM. I byggefasen har byggherre hatt en dedikert byggeleder BIM i ca. 50% stilling. Byggelederens rolle er blant annet å få bruken av BIM på byggeplassen til å fungere optimalt. Oppgaven innebærer å bistå med opplæring og modellbruk, dataflyt, tilpasning av BIM-kiosker, oppsett av sakshåndteringsverktøy, oppfølging av BIM-kiosk for brukerne, drive prosessen med tverrfaglig modellgjennomgang og å tilrettelegge modellen for byggeplassen.

Hver entrepris hadde også krav om å stille med BIM ressurser for å håndtere modellbruk og kontroll innenfor hver kontrakt. I byggefasen har også BIM ressursene fra prosjekteringsgruppen vært tilgjengelige, da særlig de BIM ansvarlige for hver prosjekterende disiplin.

Med den raskt økende digitaliseringen i byggenæringen er bruken av dedikerte BIM ressurser en ennå undervurdert nødvendighet. Ressursene anbefales i alle ledd, både blant de prosjekterende, hos entreprenørene, hos de viktigste leverandørene, blant byggelederne, i den overtakende driftsavdelingen og hos byggherren.





# BIM i beskrivelsen

Alle byggekontraktene i KHiB-prosjektet hadde egne avsnitt med prispåbærende poster relatert til digital samhandling. Postene skulle sikre at alle fikk de samme forutsetningene for pristilbud og utførelse, herunder bruken av BIM.

## Postene skal beskrive krav til følgende:

- Bruk av nettbrett og opplæring i digital sakshåndtering.
- Etablering av byggeplass nett med krav til hastighet og dekningsspesifikasjon.
- Etablering av nødvendig antall BIM kiosker samt spesifikasjoner for utstyr, oppdatering og programvare.
- Opplæring i bruk av BIM kiosk og programvare for modellinsyn, kollisjon og byggbarhetskontroll, mengdeuttak og modellbasert kommunikasjon.
- BIM leverandørprosjektering.
- Kontroll av overlevert IFC-modell og verifisering av byggbarhet.
- Prosjektering av 3D-armering for å unngå tradisjonelle
- 2D bøyelister (som jo ofte er utgåtte på dato).
- Laserskanning av ferdig råbygg.
- Bruk av prosjektets webhotell.
- Opplysning om at tegninger kun leveres digitalt og at utskrifter ved behov må håndteres av entreprenør.
- Krav til «Som bygget»-dokumentasjon.
- Bruk av plattformene dRofus og TIDA (rom- og utstyrsdatabase). (Dette kravet gjelder spesielt for Statsbyggsprosjekter.)



Foto: Statsbygg  
Hans Thomas Holm



# BIM-kiosk

## Hva

En BIM-kiosk er en PC med en egen skjerm. Her kan hele bygget enkelt leses i en tredimensjonal (3D) modell. Man kan raskt se hvordan et ferdig rom og den ferdige bygningen skal se ut. Man kan enkelt lese og hente ut blant annet mål, avstander, dimensjoner og mye mer.

## Hvorfor

Digitale hjelpemidler gir gode muligheter til å visualisere bygget og dets detaljer i en 3D-modell. Mest mulig informasjon kan samles og deles på et lett tilgjengelig sted. Dataene skal alltid være oppdaterte. Mengden papir, antallet tegningsrevisjoner og kildene til feil kan reduseres vesentlig. Det blir lettere for håndverkerne å forstå blant annet rom, lengder, bredder, avstander og dybder. Videre kan kvalitetsoppfølgingen av egne og andres arbeider bedres vesentlig. BIM-kioskene skal være lett tilgjengelige på byggeplassen.

## Hvor

Minst en BIM-kiosk finnes i hvert plan i KHiB-bygget. De er flyttbare (på hjul), og kan derfor fortløpende være tilgjengelige der de behøves mest. KHiB-prosjektet benyttet seg av seks BIM-kiosker.

## Opplæring

Det ble tilbudt gratis opplæring i bruk og lesing av 3D-modellen i BIM-kiosken. Alle ble anbefalt å gjennomføre denne opplæringen. Byggeleder BIM (en egen rolle) kunne kontaktes ved behov for ytterligere opplæring. Byggeleder BIM kom også rundt på selve bygget for å følge opp forståelsen og bruken av BIM-kiosken.





# Modellen vs tegninger og bruk

IFC-modellen er blitt benyttet mye, både av administrativt personell, entreprenørene og leverandørene. Erfaringen er at tekniske fag har meget stor nytte av modellen, og de benytter den flittig. Byggfag har størst nytte av den tverrfaglige koordineringen i modellen, som gjøres i forkant av utførelsen.

## Modellbruken gir:

- god visualisering og tverrfaglig forståelse
- mulighet for supplerende informasjon til tegninger, bl.a. for måltaking, 3D-informasjon som ikke framkommer i tegning og informasjon om egenskaper
- diskusjonsunderlag til møter og for byggeplass
- mengdeuttak
- kollisjonskontroller
- kontroller av byggbarhet

Prosjektet etablerte prinsippet om at «modellen går foran tegningen». Det har vært flere diskusjoner om hvorvidt endringer skal oppdateres både på tegning og i modell. Selv om modellen går foran tegningen er erfaringen at håndverkerne ofte benytter tegninger. Det må derfor være samsvar mellom modell og tegning. Tegninger inneholder også informasjon som ikke alltid framkommer i modell. For eksempel er alle detaljer utarbeidet i 2D.

Der modellen ikke tilstrekkelig klarer å beskrive elementer, oppgaver, krav og lignende, har tekniske fag levert en «unntaksliste». Denne listen beskriver hva som ikke framgår i modellen og at tegning eller annen dokumentasjon må konfereres. Unntakslisten og ARK-detaljene er de eneste områdene hvor tegning går foran modell.

Et eksempel på en problemstilling der modellen har vært til hjelp: Dørstendere som ikke kan gå til tak fordi ventilasjonskanalene over døren kutter stenderne. Veggene blir dermed ikke tilstrekkelig stive. For å fange opp dette problemet, laget man en kontrollregel i Solibri som fanget opp hvor denne problemstillingen (geometrisk) opptrer. Andre tilsvarende eksempler er feilplasseringen av branddetektorene og nødvendig klaring mellom teknisk utstyr og himling.

# Målefeil i modell

For at byggeplassen skal kunne utnytte modellen som en god erstatning for tegningene, er det viktig at det finnes gode metoder for å ta ut mål fra modellen. Det foregår en rask utvikling av digitale verktøy som bedrer funksjonalitet og nøyaktighet for målinger med håndholdte enheter, men i KHiB-prosjektet har denne typen måltaking i hovedsak foregått på BIM kiosken.

Prosjektet har hatt modell tilgjengelig på nettbrett, men erfaringen var at navigering og målsetning ennå ikke fungerer godt nok. Det har vært noen feil på byggeplass relatert til måling i modellen. Feilene skyldtes oftest at målingen ikke er relatert til aksenetten.

# BIM-opplæring

Opplæring i bruk av BIM kiosker og sakshåndteringsverktøy er i KHiB-prosjektet blitt gjennomført i korte sesjoner med få deltagere. Erfaringen tilsier at det er både nødvendig og effektivt med supplerende oppfølging og opplæring av håndverkerne direkte på byggeplassen. Dette gjøres best ved å gå rundt og hjelpe de som står ved BIM kiosken med konkrete tips og triks. Det er ofte flere enn en som står ved BIM kiosken til samme tid, og man får som regel formidlet god informasjon til flere. Håndverkerne diskuterer ofte seg i mellom, og dermed får man spredd informasjonen på en rask og uformell måte. Det blir dessuten lettere for håndverkerne å spørre, noe de kan synes er ukomfortabelt i mer formelle opplæringsmøter.

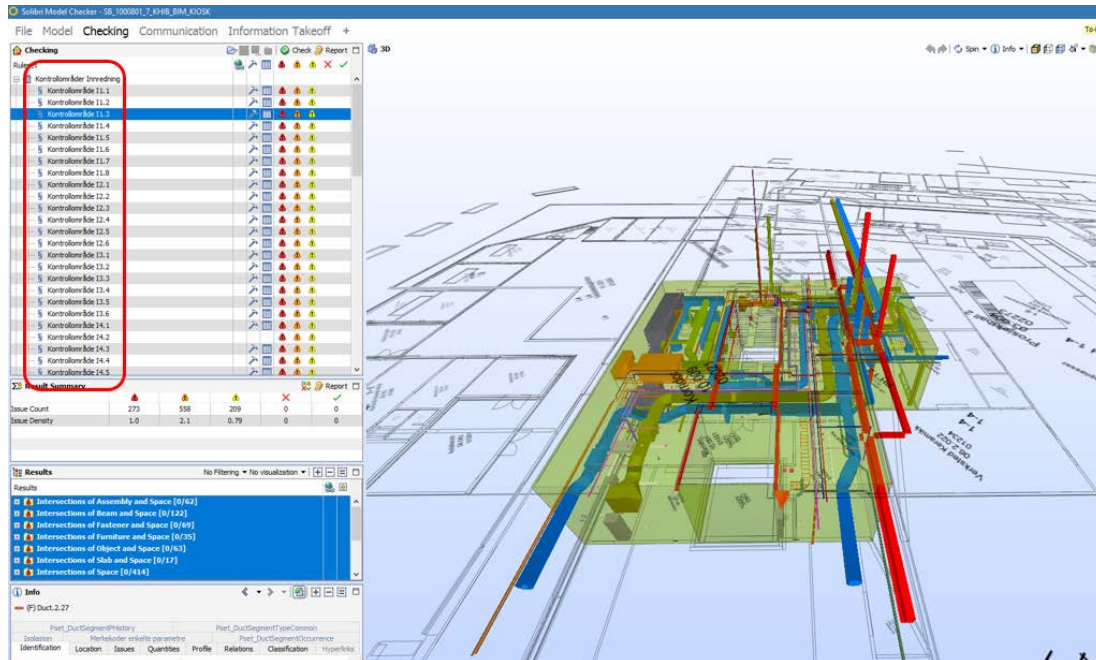
Etterhvert som flere og flere håndverkere på de ulike byggeplassene blir kjent med Solibri viewer eller tilsvarende programmer, vil behovet for opplæring reduseres tilsvarende. Det vil likevel alltid være behov for prosjektilpasset opplæring og oppfølging.





# BIM arbeidsprosesser

BIM-ansvarlig og administrativt personell hos entreprenørene har god nytte av tidlig å gjøre seg kjent med modellen. Den gir verdifull informasjon om hva som skal bygges og hvordan alt henger sammen med andre kontrakter. Modellen er et viktig planleggingsverktøy for hvordan man skal komme fram til det ferdige resultatet. Mengdekontroll og bestilling kan i stadig større grad gjøres rett fra modellen. I KHiB-prosjektet er entreprenørene i tillegg blitt pålagt å gå gjennom modellen for å vurdere byggbarhet og kompleksitet. Bygget er inndelt i kontrollområder. (Se kapittelet «Lean Bygging» for nærmere informasjon.) Prosjektet har utført tverrfaglige modellgjennomganger for hvert kontrollområde senest 4 uker før oppstart i det aktuelle området. Dermed avdekkes utfordringer for byggbarhet, kollisjoner og fremdrift. I møtene stiller entreprenører med formann/ bas og BIM ansvarlige, prosjekteringsgruppen med fagansvarlige og byggherren med byggeledere. Det lages BCF-rapporter (se tidligere avsnitt) med skjermtklipp og med kommentarer om hva som er problemet samt hvem som er ansvarlig for å lukke saken. Erfaringen tilsier at det er viktig at byggelederne benytter BIM-modellen aktivt i møter og som underlag.



# Digital avvikshåndtering

Prosjektet har benyttet løsningen BIM 360 Field (fra Autodesk) til å håndtere det meste av saker relatert til avvikshåndtering. Løsningen har et tegningsbibliotek som speiler prosjektets webhotell (ITBase) samt mulighet for å vise 3D modellen med begrenset funksjonalitet. BIM 360 Field er også benyttet til sjekklister fra vernerunder samt kontroll av ferdigstillelsen. Prosjektet har tilpasset BIM 360 Field til eget behov, men dette kan også bestilles fra leverandøren. Man må være bevisst på hvilke behov man har og hvordan de best kan benyttes.

Systemet for KHiB-prosjektet er satt opp slik at hver byggeleder har egne lister med saker til oppfølging. Saksflyten er definert slik at alle saker mellom prosjekterende og entreprenørene går via byggeledelsen. Status på åpne saker har vært et fast agendapunkt på de ukentlige byggeledermøtene. Systemet har håndtert rundt 6.000 saker som ellers ville vært registrert i et uoversiktlig antall lister og Excel ark.

Det finnes flere konkurrerende systemer til BIM 360 Field. Man må vurdere fordeler og ulemper ut fra det egne prosjektets behov. Erfaringen fra KHiB-prosjektet er at man må ha et lettforståelig grensesnitt overfor de som skal benytte programmet (det skal være enkelt og logisk i sin oppbygging, lesbarhet og bruk) og at alle prosjektdeltakerne er lojale til det valgte systemet og benytter det fullt ut. Man skal heller ikke være redd for å vrake et system man har valgt dersom det viser seg å være kontraproduktivt.

## BIM tilpassede kontrollområder

BIM modellen(e) i KHiB-prosjektet er tilpasset Lean kontrollområder. Inndelingen av kontrollområder i modellen er løst ved å lage Space objekter i prosjekteringsverktøyet som deretter er benyttet i innsynsverktøyet Solibri. I bygget ble de ulike kontrollområdene tydelig markert i gulvet. På denne måten synliggjorde vi sammenhengen mellom modell og den reelle byggeprosessen.

Vår erfaring er at modellen fungerte godt når vi skulle forberede samhandlingen og logistikken mellom de ulike aktivitetene etter hvert som de kom inn i kontrollområdene. BIM-modellen ble brukt aktivt til å diskutere montasjerekkefølger. Ofte ble praktiske ting, som ellers ville oppstått i monteringsøyeblikket på byggeplassen, løst og justert i forkant av montasjen. Noen ganger førte dette også til en justering av rekkefølgen på aktivitetene. Samtalene rundt modellen var i tillegg en god samhandlingsarena: Håndverkerne og lederne ble godt kjent og kunne ta et felles ansvar for at byggingen ble løst optimalt for flest mulig aktører.





# Fakta og Etterskrift



# Ord og uttrykk på KHiB

## Lean prinsipper på KHiB

- Å skape størst mulig flyt i arbeidsoppgavene.
- Å arbeide i takt og forflytte seg koordinert fra område til område i bygget.
- Å kontinuerlig lære av egne feil – og stadig bli bedre. (Null-feil-prinsippet / Kontinuerlig forbedring)
- Å redusere sløsing og unødvendig arbeide.
- Å se og forstå helheten.

## Helhet

For å klare å utføre oppgavene man skal utføre, må man også ha en forståelse av helheten. Blant annet skal taktplanen, dette kapitlet, transparens, visualisering og åpenhet bidra til helheten. I et prosjekt er det viktig at man både kan arbeide med egne detaljer men også se hele det store bildet, hele bygget.

## Flyt

På KHiB-prosjektet betyr flyt en jevn og stabil utførelse av oppgavene og aktivitetene med base i taktplanen. Det innebærer at ressursene skal tilpasses oppgavene. Oppgavene i et område kan kreve ulik bemanning for at flyten skal bli best mulig, spesielt i ikke-repeterbare områder. Når arbeidsoppgavene og områdene er like fra vogn til vogn, repeterbare områder, blir også bemanningen jevnere.

## Bakoverplanlegging

Ved bakoverplanlegging tar man tar utgangspunkt i når en oppgave eller arbeidsoperasjon skal være ferdig. Derfra regner man seg et gitt antall uker bakover i tid for å vite når man må begynne å løse oppgaven. Da innser man lettere om man har god eller dårlig tid på å løse oppgaven.

## Prosess

Prosess beskriver rekkefølgen av aktiviteter som kommer etter hverandre. I KHiB-prosjektet kaller vi det et «Tog».

## Transparens

For KHiB-prosjektet betyr transparens at alle kan se hva de andre gjør. Ved å dele hva en skal foreta seg bidrar en til å gjøre hverandre dyktigere. Planer, oversikter og forbedringsforslag skal være store, synlige og lette å forstå. Målsettingen er at alle skal fokusere på det samme, nemlig bygget en skal oppføre i fellesskap.

## Åpenhet

Åpenhet betyr at alle skal kunne si fra både om det som er positivt og om det som behøver å forbedres. Det skal være naturlig å gi gode og konstruktive tilbakemeldinger, oppover, sideveis og nedover i hierarkiet. Åpenhet medfører felles kontinuerlig forbedring.

## SHA/HMS

SHA = Sikkerhet-Helse-Arbeidsmiljø. HMS = Helse-Miljø-Sikkerhet. Sikkerheten skal ligge til grunn for alt arbeide som utføres. Man skal trives på jobben, og man skal hver dag kunne reise hjem til familie og nære. Det forventes at hver enkelt naturlig bruker verneutstyr, avholder sikre jobb analyser (SJA) og utfører daglig kontinuerlig rydding i kontrollområdene (RTB).

## SJA

SJA = Sikker Jobb Analyse. SJA er en risikovurdering. Man analyserer vanskelige, komplekse og tverrfaglige arbeidsoppgaver, med vekt på at de skal være trygge, før de gjennomføres.

## RTB

RTB = Rent Tørt Bygg. RTB er prosesser og regelsett som fortløpende skal sikre at bygget er rent og fritt for støv gjennom hele byggeperioden. Forebyggende påvirker byggets renhet egen helse positivt. Det påvirker også stemningen på byggeplassen og kvaliteten på alt teknisk utstyr som skal monteres inn i bygget. Et rent bygg påvirker i sin tur positivt alle de som senere skal ta bygget i bruk.

## RUH

RUH = Rapport Uønsket Hendelse. RUH er en registrering av ulike typer avvik på byggeplassen som benyttes til læring og for å unngå gjentakelser.





### **Systematisk ferdigstillelse**

Prosjektet har arbeidet systematisk og grundig med en gjennomføringsplan for hvordan bygget fortløpende skal testes og kontrolleres mens byggingen pågår og når byggingen er avsluttet. Målet er å få et mest mulig feilfritt bygg som fungerer slik det er planlagt og som ingen trenger å komme tilbake til om og om igjen for å «fikse ting». Alle disse aktivitetene er samlet i et eget kapittel som heter Systematisk Ferdigstillelse.

### **Proaktiv**

Proaktiv vil si å stille forberedt, å være i forkant, å bidra til å unngå de hindringene og feilene som normalt pleier å oppstå. Det betyr at man bedre kan påvirke sin egen arbeidsdag og sine kollegaers arbeidsdag. Man gjør sine oppgaver en gang, og man utfører dem riktig. KHiB-prosjektet arbeider for å være proaktiv på alle nivåer.

# Fakta

## Kontraktspartnere

Oppdragsgiver	Kunnskapsdepartementet
Byggherre	Statsbygg
Prosjekt- og prosjekteringsledelse	Atkins Norge
Byggeledelse	Fylkesnes AS
Prosjekteringsgruppe	Arkitektur og landskap: Snøhetta Oslo AS
	Rådgivende ingeniør: Rambøll AS
	Porsche Consulting

## Lean rådgivning

## Utførende

AF Decom	K201 (Riving/Graving)
FAS	K202 (Peling)
Bolseth Glass	K204 (Fasade)
Veidekke Entreprenør	K205/K206 (Råbygg/Bygningsarbeider)
Apply TB	K401/K301/K302 (Elektro/Rør/Luftbehandling)
Schneider Electric Norge	K501 (Automatisering/SD)
ThyssenKrupp Elevator	K601 (Heis)
Svein Boasson	K701 (Landskap)

## Rammer

Plan- og designkonkurranse	Våren 2005
Gjennomføringsbevilgning	Juni 2013
Kostnadsramme (pr. juli 2013)	1.038 MNOK (inkl. MVA)
Energinivå	Passivhus
Bruttoareal (pr. april 2015)	14.800 kvm
Entrepriseform	Byggherrestyrte sideentrepriser

## Fremdriftsplan byggefasen

2014	Riving, graving, spunting
2015	Grunnarbeider, råbygg
2016–2017	Fasade, innredning, utendørs
2017	Testing, ferdigstillelse
28. april	Klar til 9 mnd prøvedrift
17. august	Semesterstart
11. oktober	Offisiell åpning
2018	28. januar
	Endelig overtakelse

# Kontaktpersoner

## Statsbygg

Hans Thomas Holm	+47 915 73 626	statsbygg.no
hansthomas.holm@statsbygg.no		
Aleksander Svien	+47 934 15 455	
aleksander.svien@statsbygg.no		

## Atkins Norge

Sven Wertebach	+47 415 42 992	atkinsglobal.no
sven.wertebach@atkinsglobal.com		
Per Roger Johansen	+47 932 22 180	
per.roger.johansen@atkinsglobal.com		
Karoline Hauge Olsen-Skåre	+47 481 11 979	
karoline.olsen-skaare@atkinsglobal.com		

## Snøhetta

Astrid Renata Van Veen	+47 911 36 424	snohetta.com
astrid@snohetta.com		

## Rambøll

Kurt Haugland	+47 901 24 888	ramboll.no
kurt.haugland@ramboll.no		
Frode Weel	+47 996 42 881	
frode.weel@ramboll.no		

## Fylkesnes

Ronny Abrahamsen	+47 474 68 600	fylkesnes.no
ronny@fylkesnes.no		
Bjørn Gisle Hodneland	+47 454 04 657	
bjorn.gisle.hodneland@norconsult.com		



# Snøhetta og SNOflow

I 2013 la Snøhetta ut på en ambisiøs tur sammen med våre samarbeidspartnere i KHiB-prosjektet. Vi så en mulighet for nytenking i byggebransjen ved å utvikle verktøy for smidig håndtering av den komplekse veven mellom prosjektering, bygging og BIM. Vår felles plattform kom fra Lean metodikk og filosofi.

I byggebransjen var det den gang en del kjennskap til Lean innen produksjon og bygging, men vi fant ingen som hadde utviklet en god Lean metodikk for prosjektering. Som prosjekterende spurte vi oss selv:

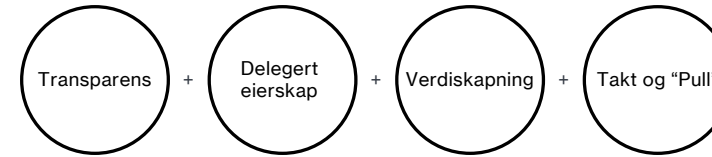
- Kan noe av tankesettet fra Lean i produksjon og bygging være overførbart til den komplekse veven av informasjonsutveksling som prosjekteringen består av?
- Kan arbeidsflyten mellom de prosjekterende ses på som en produksjonslinje?
- Kan informasjonsmengden brytes ned i mindre og håndterbare biter slik at vi som prosjekterende i større grad evner å gå framover i samme takt?

Vi ønsket å finne en metode som smidig kunne lande tverrfaglige konklusjoner basert på et felles modenhetsnivå og et omforent felles mål for det ferdige produktet. Den virtuelle BIM-modellen ble valgt som vårt felles produkt, og et av våre felles mål var sømløs overgang fra prosjektering til ferdig bygg. I dag kaller vi det «digital tvilling».

Gjennom KHiB-prosjektet fikk vi gleden av å utveksle Snøhettas mangeårige erfaringer innen agilt lederskap og nyskapende prosjektering med en enorm erfaringsbank representert ved et dyktig tverrfaglig team. I fellesskap utviklet vi et tankesett og metode som har vist seg å bli et vendepunkt i norsk byggebransje. Da KHiB-prosjektet var vel overlevert videreutviklet Snøhetta tankesettet og metode tilpasset Snøhettas organisasjon og arbeidsmetodikk og skapte SNOflow.

## Fundamentet for SNOflow

30 års internasjonalt arbeid innen arkitektfag, merkevarebygging og produktdesign har gitt Snøhetta solid kunnskap i optimalisering av komplekse tverrfaglige prosesser. SNOflow kombinerer vår egen prosessuelle tenkning med Lean metodikk og er basert i verdiplattformen **transparens, delegert eierskap, verdiskaping** og Lean prinsippene **takt & pull**.



Vår filosofi er solid forankret i menneskelige ressurser; det er den enkeltes erfaring og ekspertise som står i senter for utvikling av våre leveranser. I alle våre prosesser står optimalisering av enkeltindividet og profesjonell samhandling i fokus. Snøhettas prosesser er basert på mangfoldighet, med et vidt spenn av verktøy og kunnskap, alle kombinert med en god porsjon raushet og en dyp respekt for profesjonene. Vi kaller denne tverrfaglige samhandlingsmetodikken for «**transpositioning**».

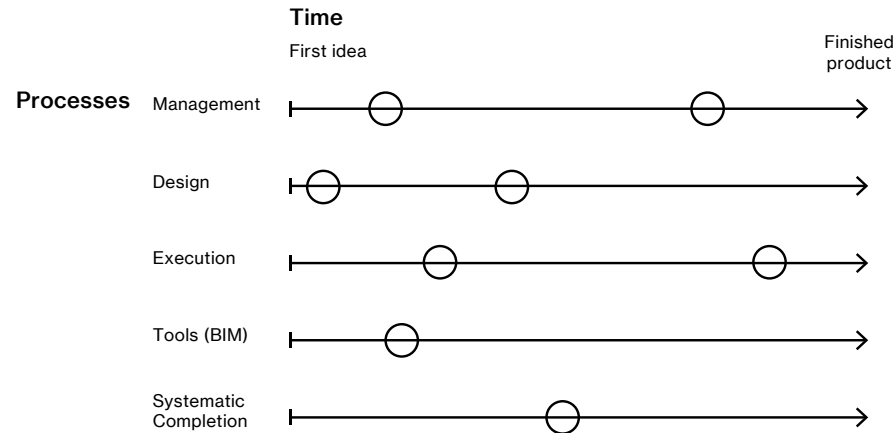
Våre unike prosjekter har med andre ord gitt oss solid kunnskap innen agil ledelse og optimalisering av kunnskapsflyt i et mylder av eksperter. Denne kunnskapen, sammen med vår arbeidsfilosofi, er systematisert og tilgjengeliggjort gjennom SNOflow. SNOflow kan guide alle våre prosesser, fra arkitektur, interiør og landskapsarkitektur, til merkevaredesign og grafisk design. Metodikken er enkel, tilpassningsdyktig og trygt forankret i vårt kvalitetssystem. **Slik virker SNOflow**

SNOflow er vår felles kunnskapsbase og består enkelt forklart av en plattform med omlag 35 dynamiske metoder, vi kaller dem «tools». Plattformen inneholder egenutviklede metoder, prosjektstyringsverktøy og Lean metoder som tilsammen danner **Snøhettas prosjektmodell**.

Verktøyene er nøye evaluert for trygt å kunne guide våre prosjektledere og team gjennom alle typologier av prosjekter, også de mest komplekse. Utvalget tilpasses hvert prosjekt, basert på en grunnleggende forståelse av at både våre oppdragsgivere og de tilhørende leveranser er unike. Gjennom skreddersøm nås felles mål.

SNOflow verktøyene er distribuert langs to akser:

- Horisontalt: Prosjektets modenhet – **tid**
- Vertikalt: Prosjektets ulike **prosesser**



Sentralt i alle Snøhettas prosjekter står to verktøy: 00 Hand-over completed og 50 Project evaluation completed. I spennet mellom disse to startes og avsluttes alle våre oppgaver. Hand-over verktøyet sikrer overføring av felles mål og formelt ansvar fra Snøhettas administrasjon til prosjektlederne i de autonomt drevne prosjektene. Det siste verktøyet, Project Evaluation, sikrer erfaringsoverføring og kompetanseheving. Evalueringen er av stor verdi i vårt alltid pågående arbeid for kontinuerlig forbedring. Utvelgelsen av andre verktøy gjøres unikt fra prosjekt til prosjekt, avhengig av typologi, fase og kompleksitet. Verktøyene består av egenutviklede metodikker, råd og veiledning til våre prosjektledere og team, kvalitetssikringsverktøy og Lean metodikk. Sentralt for utvelgelsen står vårt KS-system og ISO-sertifisering, begge fasiliteres gjennom utvelgelse av aktuelle verktøy i SNOflow.

### Hva er målet med SNOflow?

Håndteringen av store mengder informasjon og stadig økende kompleksitet er en av de største utfordringene i de fleste bransjer, og i byggebransjen spesielt. Den teknologiske utviklingen tilgjengeliggjør enorme mengder av informasjon men vi utfordres i å nyttiggjøre oss mulighetene. Bransjen fristes stadig til å levere forenklede og tidligere utprøvde løsninger. Samtidig er det lett å glemme at den største drivkraften til unike leveranser ligger i **mennesket** selv, ikke i verktøyene. Vårt mål med SNOflow er trygg og smidig håndtering av menneskelige ressurser i takt med store mengder data. Sluttproduktet er nyskapende og robuste leveranser som setter bærekraft og innovasjon i høysetet.

Vi vet at menneskelig intellekt og teknologi må gå hånd i hånd og at det er gjennom en helhetlig tilnærming vi kan levere våre unike produkter. SNOflow skal sikre Snøhettas kultur og bære fram en skreddersydd samhandling for hver eneste leveranse. Gjennom metodisk tilnærming sikres kvalitet og robusthet i løsning og verdiskapning for alle involverte. Nøkkelen ligger i en holistisk prosessledelse der metode og utvalgte verktøy samvirker. Målet er ikke nådd før produktet meningsfylt og bærekraftig fyller den funksjonen det var tiltenkt.



## Etterskrift Statsbygg

De meget gode erfaringene fra KHiB-prosjektet vil bli benyttet igjen og igjen, og de vil bli forbedret ytterligere. Fordi noen hefter ble skrevet på et tidlig tidspunkt, har teamet fortsatt å lære av og utvikle temaene i takt med prosjektet. Mye ny kunnskap har også blitt utviklet og tilkommet i ettertid. Hver enkelt på sin måte.

Ved den avsluttende sammenstillingen av denne boken, i mars 2019, har teamet (dessverre) av naturlige årsaker blitt spredt i ulike retninger.

### Byggeledelsens tilbakemeldinger

Byggelederne fra Fylkesnes, som i starten på KHiB-prosjektet hadde sitt hovedfokus på å bygge et så korrekt bygg som mulig, har nå endret sitt utgangspunkt betydelig. De har lært at den magiske nøkkelen til suksess er en tidlig og organisert plan basert på systematisk ferdigstillelse. Altså funksjon. Flere prosjekter under Fylkesnes ledelse i Bergen har nå blitt levert på tid, på budsjett, tett inntil null feil og ingen korrigeringsarbeider etter ferdigstillingen. I tillegg har alle de involverte forlatt prosjektet med hevet og stolt hode etter et perfekt og godt samarbeid.

### Driftsavdelingens tilbakemeldinger

Eiendomsforvaltningen i Statsbygg har sett det som et privilegium å følge KHiB-prosjektet. Prosjektet har blitt gjennomført på en særdeles forbilledlig måte. Suksessfaktorene kan kort beskrives ved integrert og systematisk samarbeid gjennom prosjektet faser og beslutningsporter, formell overlevering av bygget til drift og forvaltning, og godt planlagt og gjennomført prøvedrift og reklamasjonsfase.

Hovedtyngden av suksessen er begrunnet gjennom en systematisk dokumentert prosess for uttesting av selve bygget og de tekniske anleggene.

Proessen for en vellykket ferdigstillelse og overlevering av bygget kan skisseres slik:

- Hovedprosess: Systematisk ferdigstillelse
- Underprosesser: Tester, Opplæring, FDV, Serviceavtaler
- Grunnlag: Systemliste, Funksjonsbeskrivelser (enkeltvis og integrerte, inklusive akseptkriterier), Systemskjemaer, Testprosedyrer



Det har medført vesentlig merverdi for Statsbygg at bygget ble overlevert uten nevneverdige feil og mangler til driftsavdelingen, og før kunden og brukeren flyttet inn i bygget. Alle byggets tekniske anlegg, herunder brukerutstyr, byggtekniske konstruksjoner og innretninger, var tverrfaglig testet ut i tett samarbeid med driftsorganisasjonen i Statsbygg gjennom hele byggeprosessen.

Prosjektet og eiendomsforvaltningen samarbeidet gjennom alle typer møter. En egen styringsgruppe for prøvedriften ga forankring på ledelsesnivå. Disse møtene var avtalt med regelmessige intervaller. Ved at driftsorganisasjonen ble trukket inn i prosjektet fra første dag, fikk man en gjensidig læringseffekt av det komplekse bygget som også gav merverdi for etterfølgende drift. Forvaltning, drift og vedlikehold av bygget ble helt smertefritt fordi feil og mangler fortløpende var blitt rettet opp gjennom byggefasen og før prøvedriften ble satt i gang. Gjensidig og forpliktende samarbeid og klare ansvarsforhold mellom byggherre- og forvaltningsorganisasjonen var en av nøkkelfaktorene for suksess.

Lean-filosofien i prosjektet var en konsekvent rød tråd fra dag en. Metodikken med bruk av Lean, systematisk ferdigstilling og integrert samarbeid og forankring på ledelsesnivå, har resultert i et forbilledlig prosjekt. Prosjektet har samtidig blitt brukt som en pilot for kvalitetsheving av Statsbyggs prosjektmodell. I sum har KHiB-prosjektet gitt merverdi for Statsbygg gjennom læring og samarbeid, og ikke minst sparte kostnader i form av gjennomarbeidet kvalitet, god funksjonalitet, uttestede tekniske anlegg og leveranse til rett tid og kostnad.

«For driftsorganisasjonen har dette prosjektet vært en suksess. Vi har fått et bygg uten feil, en bred kompetanseheving og kostnadseffektiv drift også i et LCC-perspektiv. Tusen takk for et særdeles vellykket prosjekt og et flott samarbeid!»

#### Veien videre for Prosjektadministrasjonen

Noen sentrale teammedlemmer fra Statsbygg og Atkins har siden januar 2018 kunnet fortsette å arbeide sammen i prosjektet Livsvitenskapsbygget for Universitetet i Oslo. Prosjektet er et svært komplekst forsknings- og utdanningsbygg, og det skal være ferdigstilt ved utgangen av desember 2024. Nøkkeltall for prosjektet: Ca. 70.000 kvm til et byggebudsjett på 5,7 mrd. NOK og et brukerutstyrsbudsjett på 1,1 mrd. NOK. (Juli 2018-tall.) Vår visjon for prosjektet er «Et enda bedre prosjekt». Med et team og en kultur.

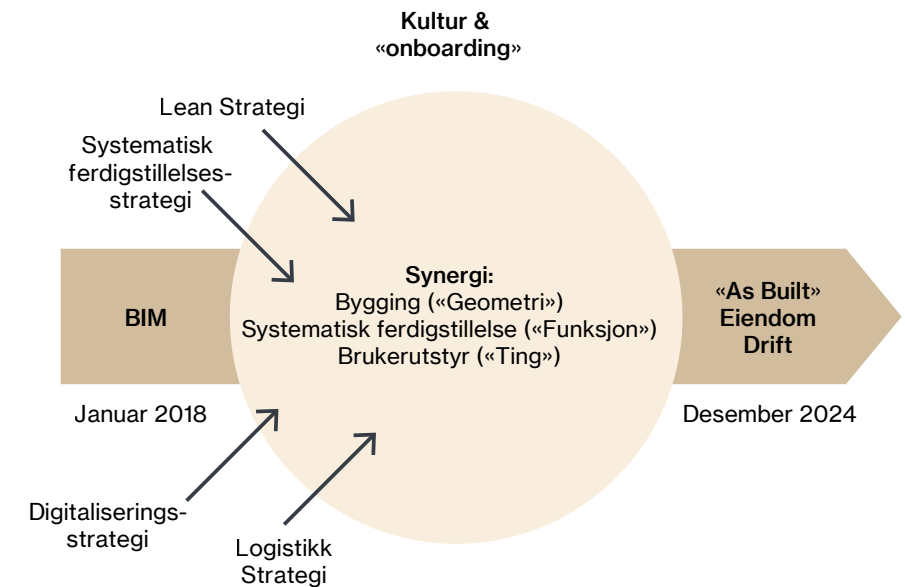
Under er gjengitt noen illustrasjoner fra prosjektet. De er ment å være til inspirasjon for enhver som har lyst til å ta kontakt for å lære mer. De skal også vise hvordan vi tenker i prosjektet Livsvitenskapsbygget.

Den første illustrasjonen viser hvordan prosjektet baserer seg på fem sentrale strategier:

- 1) Kontraktstrategien: Samhandling først. Ferdig prosjektert. Deretter syv parallelle totalentrepriser.
- 2) Lean strategien
- 3) Strategien for Systematisk Ferdigstilling
- 4) Digitaliseringsstrategien
- 5) Logistikkstrategien

Alle de fem strategiene hører sammen fordi «Alt henger sammen». Fra dag én tenker vi også helhetlig på byggingen, brukerutstyret og den systematiske ferdigstillingen. BIM er verktøyet som benyttes gjennom hele prosjektet.

#### Helhet og strategier i prosjekt Livsvitenskapsbygget



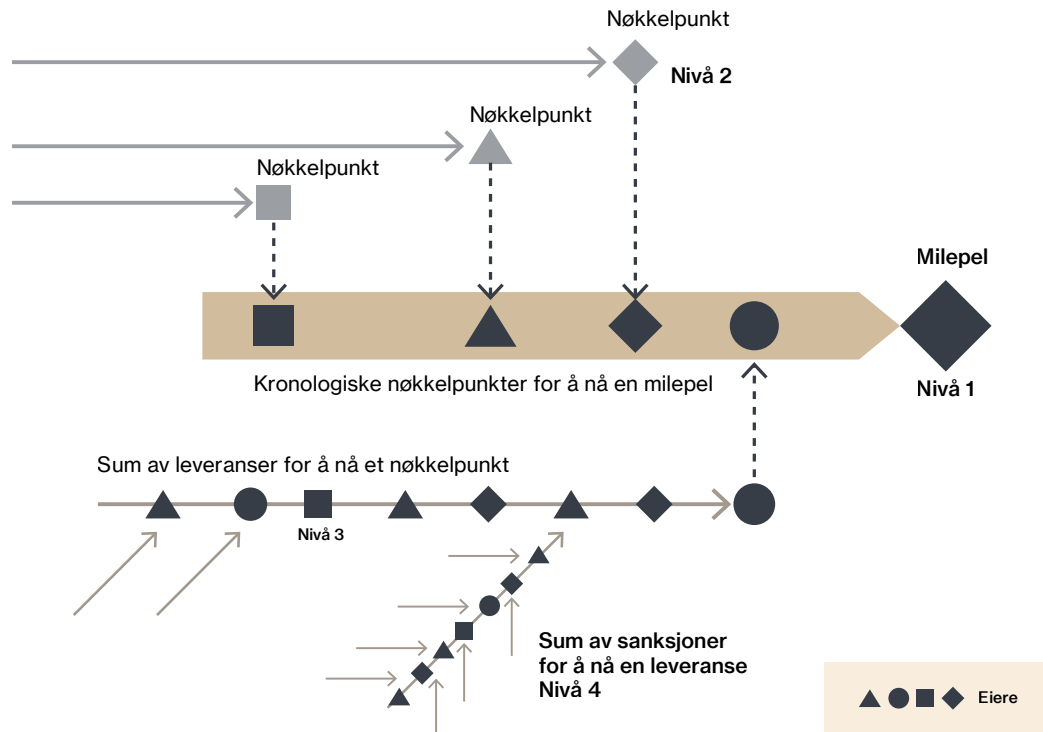
Kontraktstrategi: Totalentreprise med forutgående Samspill. Involverer entreprenører og leverandører svært tidlig. Taktplanlegging. «7 forutsetninger for en sunn aktivitet»



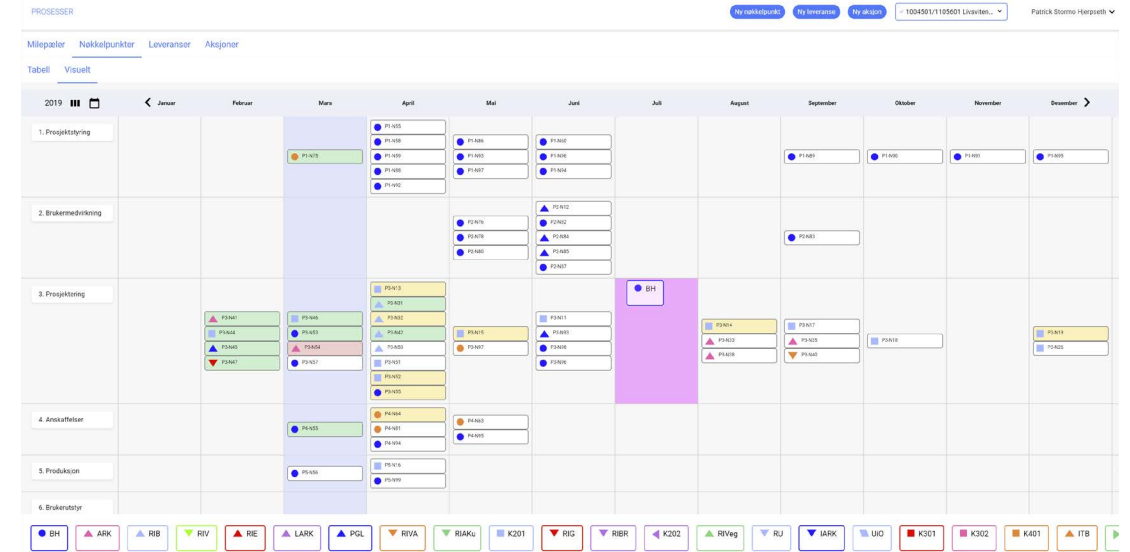
Videre utvikler prosjekt Livsvitenskap en arbeidsmetodikk som setter prosjekteringsprosessen inn i et standardisert, organisert, transparent og tværfaglig system. «Cogito Project» har blitt valgt som verktøyet for en visualisert prosessplanlegging (CogitoProject.com). Verktøyet visualiserer hovedprosessene i prosjektet, og den visualiserer de fire nivåene milepeler, nøkkelpunkter, leveranser og aksjoner. Nivåenes sammenheng illustreres logisk i et eget skjermbilde, og punkter til de fire nivåene kan enkelt lages og flyttes ved drag-and-drop-metoden. Smarte kurvediagram illustrerer blant annet også PPU'ene, det vil si Planlagt Prosent Utført, og årsakene til avvik.

De neste figurene viser hvordan milepeler, nøkkelpunkter, leveranser og aksjoner kombineres generisk, og hvordan de kan visualiseres i det valgte verktøyet.

**Lean Prosessplanlegging i prosjekt Livsvitenskap**  
 Sammenheng Milepel–Nøkkelpunkt–Leveranse–Aksjon



Til tross for den ekstreme kompleksiteten til det nye prosjektet, sikter vi mot å gjennomføre prosjektet raskt og vise til enda en suksessfylt ferdigstillelse i løpet av 2024.



Illustrasjon forrige side: Den generiske sammenhengen mellom milepeler, nøkkelpunkter, leveranser og aksjoner.

Illustrasjon denne side: Et skjermbilde fra «Cogito Project».

















**Linker til Atkins' infofilmer om prosjektet:**

<https://youtu.be/dRR6xeuQdaM>

<https://youtu.be/GyL11KJDB2k>

**Infoheftene ble ferdigstilt på følgende datoer:**

Lean Strategi	10. august 2017
Lean Prosjektering	8. august 2018
Systematisk Ferdigstillelse	20. januar 2017
Lean Bygging (versjon 2)	14. november 2017
BIM@KHiB	19. september 2018



**Prosjekt KHiB har for både detaljprosjekteringsfasen og byggefasen hatt som mål å arbeide i omfattende grad med Lean prinsipper, Lean mentalitet og Lean metoder. Prosjektet utviklet sin egen metodikk for å kunne arbeide smartere og riktigere med det omfattende prosjekteringsarbeidet. Vi kalte det Lean prosessplanlegging (også kjent som milepælsplanlegging) og Lean prosjektering. Tankegodset kan på mange måter anses å være pionerarbeid.**

**Prosjektet utviklet også den svært viktige prosessen systematisk ferdigstillelse, som er en strukturert fortløpende testing av alle systemer og funksjoner: Arbeidet må begynne mye tidligere enn det som er tradisjonelt, og det skal til slutt lede til en vellykket og feilfri overlevering av bygget.**

**I løpet av KHiB-prosjektet ble det utarbeidet totalt fem info-hefter. De omhandler Lean Strategi, Lean Prosjektering, Systematisk Ferdigstillelse, Lean Bygging og BIM@KHiB. I denne boken er de fem heftene blitt samlet. Intensjonen med denne boken er å gi en god oversikt over hva vi har gjort i prosjektet og hvordan. Følgelig håper vi også å kunne gi et bidrag til en stadig bedre næring.**

**Team KHiB**

