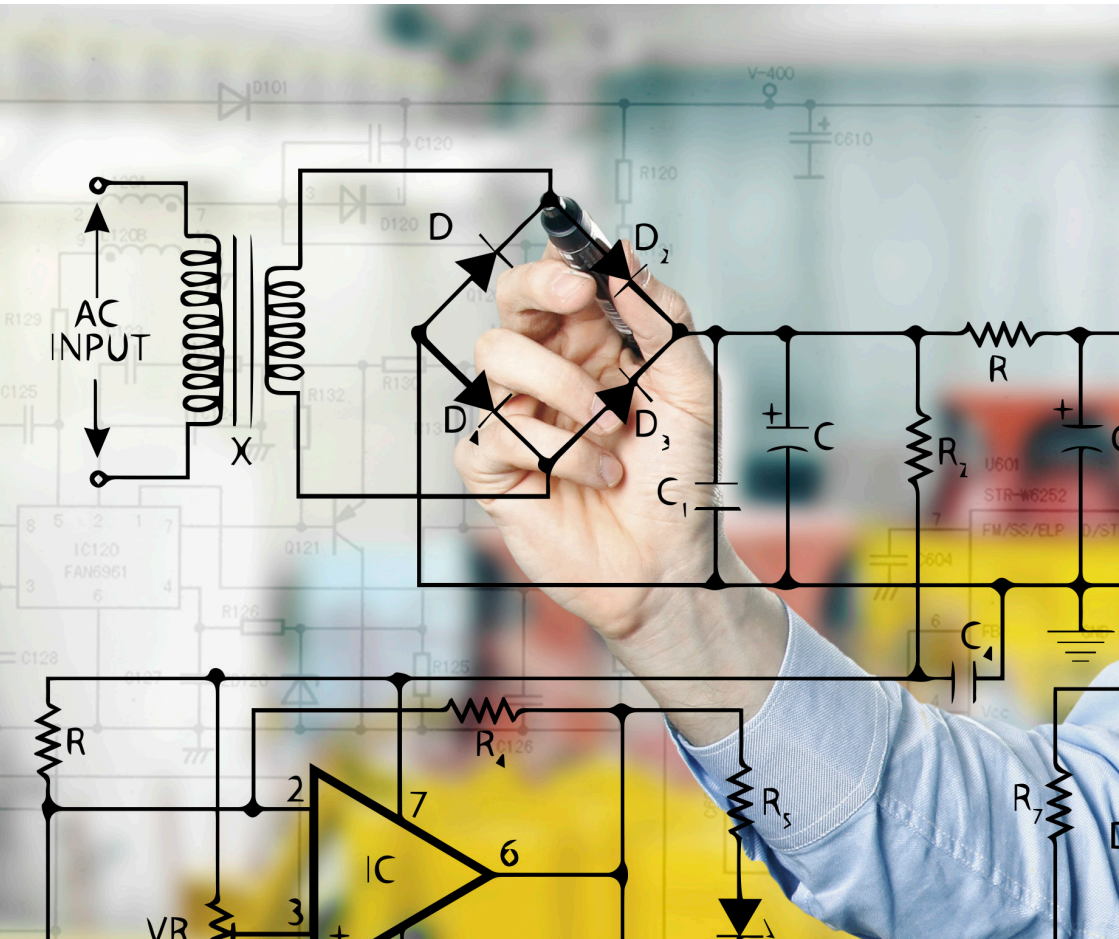


SYSTEMATISK FERDIGSTILLELSE

Veiledet



Veileder – Systematisk ferdigstillelse

Dato: 26.01.2016

Utarbeidet og kvalitetssikret av:

Per Roger Johansen, Atkins Norge -

Tor I. Hoel, ÅF Advansia

The logo for Atkins, consisting of the word "ATKINS" in a bold, blue, sans-serif font.

OM BA2015s VEILEDERE:

BA2015s veiledere har til hensikt å gi norsk BA bransje større innsikt og kompetanse innen sentrale områder av prosjektfaget. Veilederne er utarbeidet av partnere i BA2015 som er eksperter på området, og har utstrakt erfaring med rådgiving og implementering av det temaet som omhandles. Ved behov for ytterligere avklaringer eller assistanse, anbefales det å kontakte den som er oppført som ansvarlig/kontaktperson.

BA2015s serie av veiledere omhandler følgende tema:

- BREEAM
- HMS
- Lean
- OPS
- Samtidig prosjektering
- Systematisk ferdigstillelse
- Tidligfase

INNHOOLD

1	Innledning.....	4
2	Terminologi.....	5
3	Bakgrunn.....	6
4	Målgruppe.....	8
5	Definisjon og hensikt.....	9
6	Oppbygging.....	10
6.1	Prosjektmetodikk.....	11
6.2	Produktfokus og rapportering på avvik.....	11
7	Tre elementer i Systematisk Ferdigstillelse.....	12
7.1	Ledelse.....	13
7.2	Innholdskompetanse.....	13
7.3	Systematikk.....	14
8	Riktig første gang.....	15
8.1	Brukerinvolvering og programmering.....	18
8.2	Hovedprinsipper for å sikre riktige løsninger.....	19
8.3	Leveranser.....	19
8.4	Milepælsstyring med målbare milepæler.....	20
8.5	Bruk av KPI'er.....	21
9	Prosjektering og bygging.....	23
9.1	Prosjektering.....	23
9.2	Bygging.....	32
9.3	Test og verifisering.....	34
9.4	Overtakelse og overlevering.....	40
10	Verktøy.....	42
11	Beste praksis i bransjen.....	43

1. INNLEDNING

Byggenæringen har i de siste årene hatt en lavere produktivitetsutvikling enn andre bransjer, og mange byggeprosjekter preges av at de tekniske systemene/de prosjekterte funksjonene ikke fungerer som de skal når bygget står ferdig. Denne veilederen er et bidrag til BA2015, og gir en innføring i Systematisk Ferdigstillelse, som skal hjelpe byggeprosjekter å unngå feil og uoverensstemmelser i prosjektene. Hensikten med Systematisk Ferdigstillelse er at man ved hjelp av prosesser som går gjennom hele prosjektets levetid, sikrer at sluttproduktet faktisk er det kunden har bedt om. Et bygg som oppfyller alle funksjonskrav og har tekniske systemer som fungerer slik de er beskrevet, både hver for seg og satt i system.

Prosessen starter i oppstartsfasen av prosjektet og følger det hele veien gjennom prosjektering, bygging, overtakelse og drift. Veilederen beskriver hvordan arbeidet med Systematisk Ferdigstillelse kan deles opp i de tre elementene Ledelse, Innholdskompetanse og Systematikk.

Ved å ivareta disse tre elementene gjennom arbeidet med prosjektet, vil man bidra til at flere bygg ferdigstilles og overleveres til byggherre med færre feil og systemer som oppfyller alle funksjonskrav.

Systematisk Ferdigstillelse bryter med den tradisjonelle tankegangen rundt prosjektering. Metodikken henter inspirasjon fra arbeidsmetoder man finner i IKT-prosjekter, og introduserer både Agil og LEAN-tankegang i prosjekteringsarbeidet.

Systematisk Ferdigstillelse tydeliggjør prosessen fra krav til gjennomføring og kontroll med tilhørende testing og akseptkriterier. Den tydeliggjør prosessen slik at testing og verifisering kan gjennomføres på en forutsigbar måte og med tydelige forventninger til leveranser.

For å sikre at Systematisk Ferdigstillelse blir implementert i prosjektet, kan denne veilederen brukes som underlag eller et hjelpemiddel når man skal utarbeide tilbudsbeskrivelser til de ulike rollene som skal inn i prosjektet. Dette vil være nyttig for både prosjektledere, byggeledere og entreprenører. På denne måten kan man sikre at sentrale aktører i prosjektet tenker Systematisk Ferdigstillelse helt fra oppstarten.

2. TERMINOLOGI

Agil

Agile (smidig) metoder er en metodikk som baseres på iterativ og inkrementell utvikling, der krav og løsninger utvikles gjennom samarbeid mellom tverrfaglige team. Oppgaver deles opp i mindre deler og den iterative utviklingen gjøres i korte tidsperioder. Et eksempel på en agile metode er Scrum.

FAT

Factory Acceptance Test

Iterativ

En handling som stadig blir gjentatt.

LCC

Livssyklus kostnader (LCC) omfatter alle kostnader i løpet av en bygnings levetid, dvs. både kapitalkostnad og alle kostnader til forvaltning, drift og vedlikehold av bygget.

LEAN

LEAN er en prosess-filosofi hvor hovedprinsippet er å eliminere sløsing i en produksjonsprosess, og på den måten redusere produksjonstid, ressursinnsats, kostnader osv.

Overlevering

Byggherrens overlevering av arealene og/eller de tekniske bygningsinstallasjonene til brukerne og driftsorganisasjonen.

Overtakelse

Byggherrens overtakelse av ansvar for arealene og/eller de tekniske bygningsinstallasjonene samt bruksrett fra entreprenøren(e).

SD-anlegg

Sentralt driftskontrollanlegg (anlegg for sentral styring av drift).

3. BAKGRUNN

Den norske bygg- og anleggsnæringen har lenge hatt en lavere produktivitsvekst enn øvrige deler av norsk industri/næringsliv. Næringen har etter hvert begynt å innse dette selv, og har begynt å ta tak i utfordringene sine, for å høyne produktiviteten.

En annen utfordring næringen står ovenfor, er den stadig økende kompleksiteten i prosjektene. Et byggeprosjekt har i dag et teknologinivå som er av en helt annen karakter enn det byggeprosjekter som ble gjennomført for få tiår siden hadde. Dette medfører at de som skal planlegge og gjennomføre prosjektene må håndtere en vesentlig større informasjonsmengde enn det som tidligere var vanlig. Økt kompleksitet krever større grad av tverrfaglig samhandling og forståelse blant de involverte aktørene.

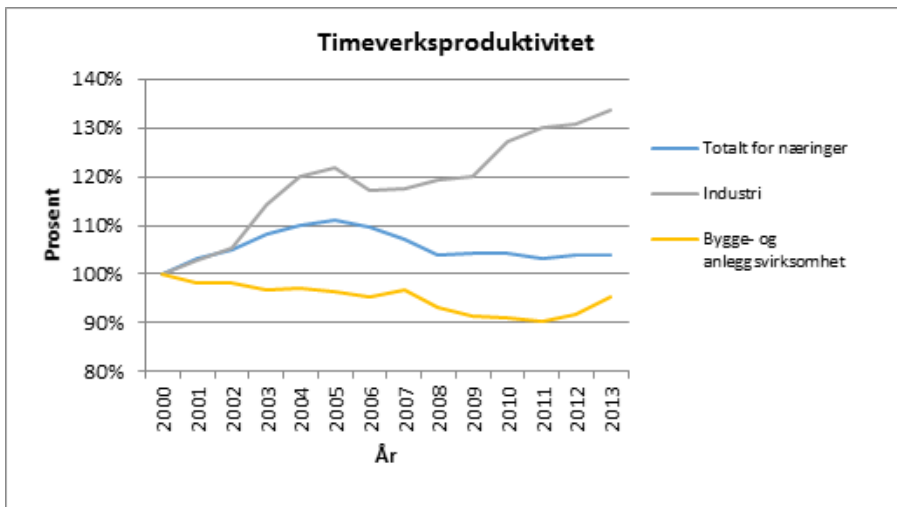
Det krever også at man endrer måten man arbeider på, for å sikre:

- Kontinuerlig overføring av innholdet i prosjektet
- God forståelse av hva som faktisk skal bygges
- Hvordan man skal bygge
- Hvordan systemene i bygget skal fungere når prosjektet er ferdigstilt

For at prosjektet skal nå målene sine må man legge til rette for at denne kunnskapen blir ivaretatt og videreført gjennom hele prosjektets levetid. Det innebærer at man må sørge for god informasjonsflyt mellom/ivareta følgende grensesnitt:

- De ulike fasene av prosjektet
- De ulike fagene i prosjekteringen
- De prosjekterende og de utførende
- De ulike fagene i utførelsen
- Ledelse og utførende

Norske bygge og anleggsprosjekter sliter med produktiviteten ifølge undersøkelser utført av Sintef. Tall hentet fra Statistisk sentralbyrå viser det samme.



Figur 1: Utvikling i timeverksproduktivitet i perioden 2000-2013. År 2000 = 100%. (Basert på tall fra SSB, 2014)

En unødvendig stor del av investeringer i bygg- og anleggsbransjen brukes på retting av feil i prosjektering, utførelse eller produkter. Dette medfører en merkostnad for kundene for produkter som ikke oppfyller alle de krav som de var tiltenkt.

I et forsøk på å ferdigstille prosjektering og bygging med færre feil og med bedre oversikt enn det som fremkommer i de ulike statistikkene som eksisterer, er det utarbeidet en veileder for Systematisk Ferdigstillelse.

Denne veilederen er utarbeidet som et generisk dokument til bruk i alle byggeprosjekter, uavhengig av entreprisemodell, og skal beskrive hvorfor, når og hvordan arbeidet med Systematisk Ferdigstillelse utføres samt hva det er viktig å fokusere på. Vedlagt denne veilederen ligger mal for plan for Systematisk Ferdigstillelse. Planen skal, når den er utarbeidet, være prosjektspesifikk og legge føringer for hvordan prosjektet skal arbeide for å oppnå fordelene ved å arbeide systematisk mot ferdigstillelse i alle faser av prosjektet.

Ved tidlig fokus på Systematisk Ferdigstillelse og et kontinuerlig arbeid gjennom prosjektets levetid vil prosjektene kunne oppnå:

- Feil (både i prosjektering og utførelse) oppdages før driftsfasen- ingen dyre utbedringer / reklamasjoner
- Bedre kvalitet på bygg og installasjonene
- Riktigere driftskostnader (LCC – lifecycle cost)

- Bygg med bedre inneklima
- Bedre involvering og opplæring av driftsorganisasjonen
- God sluttdokumentasjon
- Mindre stress og konflikter i prosjektet og i bransjen.
- Fornøyde brukere

BA2015 har ønsket å bidra til å heve kunnskapsnivået om Systematisk Ferdigstillelse fordi den norske byggebransjen har noen av de samme utfordringene som finnes internasjonalt ved at byggene ikke yter som de skal og inneholder for mange feil ved ferdigstillelse. I Danmark har Bygningsstyrelsen satt fokus på det samme temaet. Økt kompetanse på hele prosessen fra kravstilling, planlegging, utførelse og testing, med fokus på å kunne måle kvaliteten i leveranser underveis, vil øke verdien for kunden og samtidig øke effektiviteten i bransjen.

BA2015 har derfor bedt Atkins Norge om å etablere en veileder i Systematisk ferdigstillelse. Hovedforfatterne av rapporten er Per Roger Johansen i Atkins Norge og Tor I. Hoel i ÅF Advansia. I tillegg har Ørjan Ringstad Kristiansen og Magnus Hanæs i Atkins Norge bidratt sammen med en referansegruppe som har lest gjennom og kommet med innspill til rapporten.

4. MÅLGRUPPE

Målgruppen for denne veilederen innbefatter en rekke av de tradisjonelle rollene man finner i et byggeprosjekt. Hovedmålgruppen er byggherrer og prosjektledere, men både prosjekteringsledere, byggeledere og entreprenører vil kunne nyttegjøre seg av metodikken som beskrives.

Den kan i tillegg være relevant for byggherrer som ønsker en bevissthet rundt inngåelse av kontrakter. Da spesielt med tanke på hvilke kontraktuelle krav som bør stilles til de involverte aktørene når det gjelder ferdigstillelse av kontraktsarbeidene, enten det gjelder planlegging, prosjektering eller utførelse.

Veilederen vil også være et nyttig verktøy for driftsorganisasjoner. Ved hjelp av denne veilederen kan de høyne eget kunnskapsnivå, slik at de kan stille de krav som trengs for å overta ferdigstilte prosjekter med få feil og løsninger som har avtalt funksjonalitet. I motsetning til det som ofte er tilfelle i mange prosjekter i dag.

5. DEFINISJON OG HENSIKT

Definisjon av Systematisk Ferdigstillelse:

«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 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.

Arbeidet må starte ved oppstart av prosjektet og pågå i iterasjoner gjennom hele prosjektet. Dette krever bakoverplanlegging der en starter med hvordan en ønsker at resultatet skal være.

Veileder for Systematisk Ferdigstillelse er et generisk dokument som er ment som bevisstgjøring av den prosessen et prosjekt må gjennom for å sikre riktige løsninger som fungerer. Den er utarbeidet med fokus på hva byggherren og prosjektledelsen må legge til rette for i sin ledelse og styring av prosjektet.

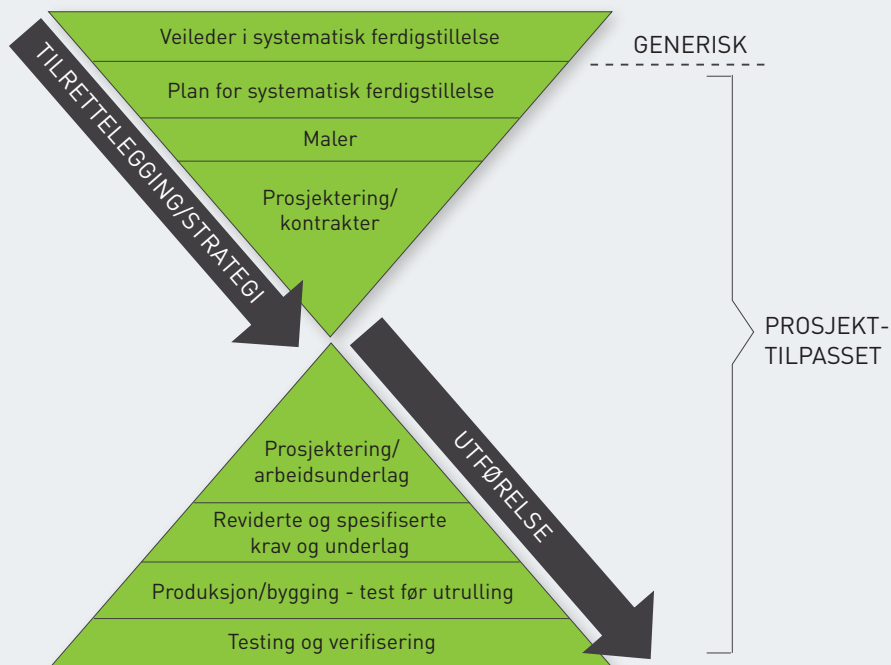


Dagens kompleksitet og hastighet på bygge- og anleggsprosjekter gjør at det i prinsippet er tre elementer i Systematisk Ferdigstillelse som må være på plass for å få et prosjekt planlagt, gjennomført og ferdigstilt på en måte som skaper gode og feilfrie prosjekter:

1. Ledelse
2. Innholdskompetanse
3. Systematikk

6. OPPBYGGING

Systematisk Ferdigstillelse er en prosess som starter ved prosjektoppstart, og går gjennom hele prosjektets levetid. Det handler ikke bare om de avsluttende testene, men om veien dit gjennom prosjektmodellens faser og gjennom oppgaver i de ulike fasene for de ulike aktørene. Som Figur 3 viser, er det oppbygging av prosjektets dokumenter for å styre prosessen med Systematisk Ferdigstillelse, samt nedbrytningen av dokumenter fra prosjektering til bygging som er essensielt i Systematisk Ferdigstillelse. Figuren viser også denne veilederens plassering i et slikt hierarki.



Figur 2: Oppbygging av prosjektdokumenter og nedbryting fra dokumenter til bygging og testing.

Dersom Systematisk Ferdigstillelse skal ha tyngde og legitimitet i prosjektet er det viktig at metodikken beskrives i prosjektmandat og styringsdokument. Bruk av Systematisk Ferdigstillelse må etableres som et av suksesskriteriene for prosjektet. Figur 2 viser at det skal utarbeides en Plan for Systematisk Ferdigstillelse, tilpasset det enkelte prosjekt. Dette dokumentet skal være en del av prosjektets grunnlagsdokumenter. Det vil være en fordel om det i prosjektets styringsdokument settes inn mål og krav til systematisk ferdigstillelse slik at det kommer tydelig frem at dette er en prosess prosjekteier ønsker gjennomført. Planen for Systematisk Ferdigstillelse skal gi en spesifikk beskrivelse av prosessen, med tilhørende krav til roller og leveranser. Dersom prosjektet ved oppstart utarbeider plan for Systematisk Ferdigstillelse, kan denne gjerne benyttes som en del av grunnlaget for å stille krav til både prosesser og leveranser for rådgivere og entreprenører.

Hvilke kontrakter som benyttes i prosjektet er ikke kritisk for hvorvidt man kan benytte seg av Systematisk Ferdigstillelse eller ikke.

6.1 PROSJEKTMETODIKK

For å sikre at prosjektet når sine mål, bør man følge en prosjektmetodikk.

En veletablert prosjektstyringsmetodikk er PRINCE2® (Projects In Controlled Environments). Denne metodikken sikrer en konsistent gjennomføring av alle typer prosjekter, uavhengig av bransje.

PRINCE2 hjelper prosjektorganisasjonen med å definere hva som skal gjøres, hvem som skal gjøre det og når det skal gjøres. Metoden sier imidlertid ikke noe om hvordan prosjektet skal gjennomføres.

Systematisk Ferdigstillelse egner seg godt til bruk sammen med ulike prosjektmetodikker som har stort fokus på produkter, noe prosjekter i bygge- og anleggsbransjen kan sies å ha.

6.2 PRODUKTFOKUS OG RAPPORTERING PÅ AVVIK

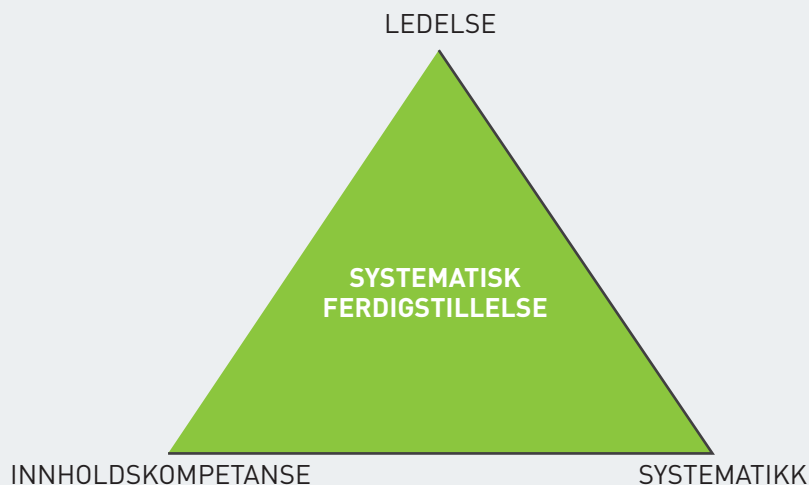
Systematisk ferdigstillelse har et tydelig produktfokus. Dette gjør det enkelt for alle involverte parter å forstå hva prosjektet skal levere, hvorfor, når, fra hvem og til hvem. Prosjektet deles opp i hensiktsmessige produktleveranser som alle er med å sikre at prosjektets hovedleveranse blir ferdig til riktig tid og med riktig kvalitet.

På samme måte som PRINCE2, legger Systematisk Ferdigstillelse stor vekt på avviksrapportering.

Noe av det viktigste som gjøres når produktleveransene beskrives, er å definere akseptansekriterier for de ulike leveransene. Dette gjelder både prosjekteringsleveransene, leveranser under byggefasen samt leveranser under testing og verifisering. I løpet av et prosjekt vil man ofte komme til et punkt hvor det må tas en beslutning om å gå videre til neste aktivitet i prosessene/prosjektet. Systematisk Ferdigstillelse sier at dette kun kan gjøres dersom akseptansekriteriene for den pågående aktiviteten er tilfredsstillende. I byggeprosjekter i dag er det ikke uvanlig at det gjennomføres tester, men det er ofte ikke stilt krav til hvordan testene skal gjennomføres, og hva som er et akseptabelt nivå på testresultatet for at man skal gå videre. Ofte er slike tester knyttet opp mot milepæler, derfor vil uklarheter i akseptansekriteriene kunne bli ytterligere forsterket. Ved å ta i bruk Systematisk Ferdigstillelse får man definert tydelige krav til prosjektets leveranser og resultater.

7. TRE ELEMENTER I SYSTEMATISK FERDIGSTILLELSE

Systematisk ferdigstillelse er en prosess som starter ved prosjektoppstart, og går gjennom hele prosjektets levetid. For å få mest mulig ut av den beskrevne prosessen og innholdet, er det tre elementer som bør være til stede.



Figur 3: Tre hovedelementer i Systematisk Ferdigstillelse

7.1 LEDELSE

Både virksomhetsledelsen (byggherre/oppdragsgiver) og prosjektledelsen bør ha fokus på Systematisk Ferdigstillelse helt fra oppstarten av prosjektet.

Dette er nødvendig for å få allokert de riktige/nødvendige ressursene som trengs for å planlegge og gjennomføre alle elementene i Systematisk Ferdigstillelse som er beskrevet i denne veilederen.

Ledelsen skal blant annet:

- Etablere forankring i byggherreorganisasjonen og prosjektorganisasjonen for at denne prosessen skal ha sterkt fokus gjennom hele prosjektet
- Etablere strategier for planlegging og gjennomføring av Systematisk Ferdigstillelse
- Motivere prosjektets deltakere til å jobbe aktivt med Systematisk Ferdigstillelse
- Tilrettelegge for arbeidsprosesser som støtter opp under Systematisk Ferdigstillelse
- Etablere mål for kost, tid og kvalitet som ivaretar og sikrer bruken av Systematisk Ferdigstillelse
- Ta beslutninger som støtter opp under Systematisk Ferdigstillelse og som driver prosessen videre
- Definere tydelige roller og ansvar i arbeidet med Systematisk Ferdigstillelse
- Organisering for idriftsettelsesfasen slik at involvering av interessenter skjer på riktig tidspunkt
- Bruke KPI'er i prosjekt for kontinuerlig forbedring

7.2 INNHOLDSKOMPETANSE

For å kunne gjennomføre et prosjekt med fokus på Systematisk Ferdigstillelse er prosjektet avhengig av personer som har kompetanse på blant annet:

- Funksjoner
- Gode tekniske løsninger i det endelige bygget
- Etablering av arbeidsprosesser for Systematisk Ferdigstillelse

Videre er det også spesielt viktig å kunne etablere tydelige og målbare krav til funksjonalitet, gode planer for testing og verifisering samt tydelige rolleavklaringer og krav til grensesnittshåndtering i prosjektets kontrakter.

Prosjektet er ikke bare avhengig av sterke og gode fagmiljøer, men også av personer med sterk tverrfaglig kompetanse for å skape gode helhetlige og tverrfaglige løsninger med forankring i drift og vedlikehold.

Prosessen Systematisk ferdigstilling skal bidra til at den nevnte innholdskompetansen struktureres og materialiseres. Dette skjer gjennom planlagte aktiviteter som resulterer i at prosjektet utarbeider riktige planer og krav. Dette gir prosjektet riktig fokus slik at sluttproduktet kan verifiseres levert i henhold til de forutsetninger og krav som ble lagt til grunn.

7.3 SYSTEMATIKK

En kritisk suksessfaktor for et prosjekt som gjennomføres med Systematisk Ferdigstilling som en av hovedprosessene er en klart definert systematikk i prosjektet. Dette må i tillegg suppleres med nødvendig verktøy for informasjonshåndtering i prosjektet.

Systematikk må minimum etableres med følgende fokus:

- Plan for Systematisk Ferdigstilling utarbeides ved oppstart av prosjektet og revideres i faseovergangene.
- Det må etableres tydelige krav til dokumentleveranser og kvalitetssikring av disse.
- Det må etableres gode beskrivelser av målbare funksjonelle krav for de ulike systemene.
- Etablering av tidlig kontroll av første produksjon med fokus på å eliminere feil før utrulling av løsningene.
- Grensesnitthåndtering i systemer og i kontrakter må struktureres, beskrives og håndteres.
- Testplaner og –metodikk etableres tidlig og kommuniseres til aktørene som påvirkes samtidig som dette forankres gjennom ytelsene beskrevet i de ulike kontraktene.
- Planlegging av opplæring for driftspersonell som integrert del av Systematisk Ferdigstilling både gjennom krav, testing og utbedring.
- Definisjon av krav i prøvedrift (pr NS6450 Idriftsetting og prøvedrift av tekniske bygningsinstallasjoner)

- Entydig og planlagt prosess for overtakelse og overføring av eierskap
- Verktøy for informasjonshåndtering bør defineres og tas i bruk allerede ved oppstart av prosjektet. Verktøyene bør blant annet ivareta krav, planer, registreringer og avvikshåndtering. Dette sikrer at informasjonsflyten mellom aktører og på tvers av faser ivaretas på en tydelig og effektiv måte. Bruken av riktig verktøy vil også kunne støtte opp om og forenkle bruken av KPI'er.

8. RIKTIG FØRSTE GANG

Et hovedprinsippet med Systematisk Ferdigstillelse er som nevnt i definisjonen at en sikrer at prosjektet oppfyller alle funksjonskrav i prosjektet. Det er vesentlig at arbeidsprosessene i den tidlige fasen av prosjektet støtter opp under Systematisk Ferdigstillelse gjennom klare krav til hvordan anlegget og/eller bygget skal fungere. Det er derfor essensielt at prosjektledelsen også innser viktigheten av å sikre en tidlig planlegging som understøtter virksomhetens strategier i realiseringen av prosjektet. Et annet av hovedprinsippene i Systematisk Ferdigstillelse er en trinnvis testing. Dette bidrar til at man unngår å ende opp med en stor mengde feil – systemfeil – på slutten av prosjektet. Systematisk ferdigstillelse legger opp til at man prøvebygger før utrulling slik at man får testet komponenter først, for deretter å teste systemer, før fokus flyttes mot integrasjonen av systemer og totale tester.

Dette kan illustreres med V-modellen (Figur 4) som blir brukt både i IKT-prosjekter og i bygge- og anleggsprosjekter. Dette er grunnlaget for hvordan nedbrytningen bør være i et prosjekt hvor metodikken Systematisk Ferdigstillelse benyttes.

Venstrebeinet i V-modellen illustrerer en iterativ prosess med aktiviteter der en kontinuerlig kvalitetssikrer at de løsningene som velges oppfyller de krav som er stilt i foregående aktivitet.

Opp langs høyrebeinet vil en etter hvert som byggingen skrider frem få muligheten til å verifisere de krav som er beskrevet på venstresiden av modellen.



120

87

30

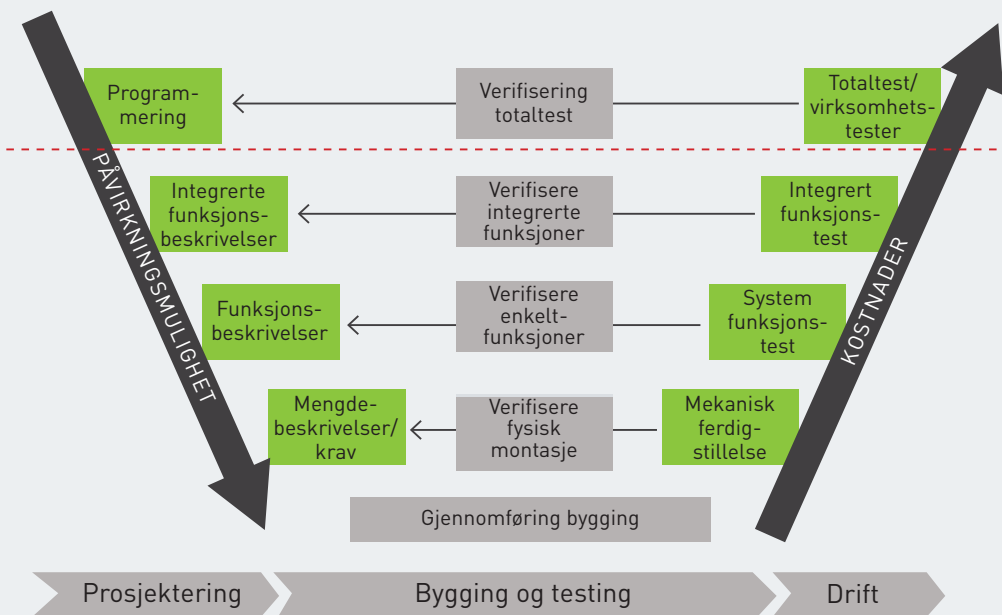
75

ANALYSIS

IDEA

TEAM

PLANNING



Figur 4: V-modell for bygge- og anleggsprosjekter

Som Figur 4 viser, starter planleggingen på et overordnet nivå. Det er vesentlig at en her involverer ressurspersoner som ser hvilke muligheter som ligger i fremtidens teknologi og hvilken påvirkning tidlige valg medfører i forhold til utforming av så vel arealer som tekniske installasjoner og de funksjonelle kravene som må beskrives og håndteres.

Det er vesentlig billigere å gjøre vurderinger og endringer i en tidlig fase av prosjektet enn i de senere fasene. Dette er et sterkt incentiv for å lande løsningsalternativer tidlig, være fokusert på å vurdere alternativene samt å være modig nok til å åpne for ny teknologi og visjonære tanker.

Figuren illustrerer også at det er avgjørende for prosjektets investeringskostnad at det fokuseres på Systematisk Ferdigstillelse i tidlige faser i prosjektet. Dette ser man ved at påvirkningsmulighetene faller utover i prosjektet mens kostnadene for endringer øker betydelig.

8.1 BRUKERINVOLVERING OG PROGRAMMERING

Involvering av brukere krever ulik kompetanse og fokus fra tidlig fase og frem til bygging starter. I prosjekter hvor det tar lang tid fra tidlig planlegging til ferdig prosjekt er det spesielt viktig å involvere fremtidsorienterte og strategisk sterke brukere. I de senere fasene er det viktigere å involvere ressurser med sterk fagkompetanse for å spesifisere systemenes funksjoner og detaljer.

En slik tidlig involvering av brukerne har de senere årene blitt spesielt viktig, og vil bli et enda viktigere suksesskriterie i tiden som kommer. Dette skyldes i hovedsak den store økningen i bruken av IKT i bygg og «The Internet of Things» som med stor sannsynlighet vil endre både måten vi bygger på og måten vi drifter bygg og anlegg på.

Med dette som utgangspunkt er det viktig å klargjøre følgende i den tidlige planleggingen:

1. Hvordan skal dette anlegget / bygget brukes i fremtiden?
2. Hvordan skal dette driftes i fremtiden?

Det er altså ikke et spørsmål hvordan virksomheten og driften fungerer der man kommer fra i dag, men hvordan den skal fungere ved ferdigstillelse av bygget og den etterfølgende driftsfasen.



Den overordnede programmeringen verifiseres med virksomhetstester, og er synliggjort over den røde stiplede linjen. Det er her grunnlaget for virksomhetsproduktiviteten ligger. Starter prosjektet med feil eller unøyaktig programmering kan resten av prosjektet være godt gjennomført og likevel ende med for lav virksomhetsproduktiviteten. I ytterste konsekvens kan dette bety et mislykket prosjekt.

8.2 HOVEDPRINSIPPER FOR Å SIKRE RIKTIGE LØSNINGER

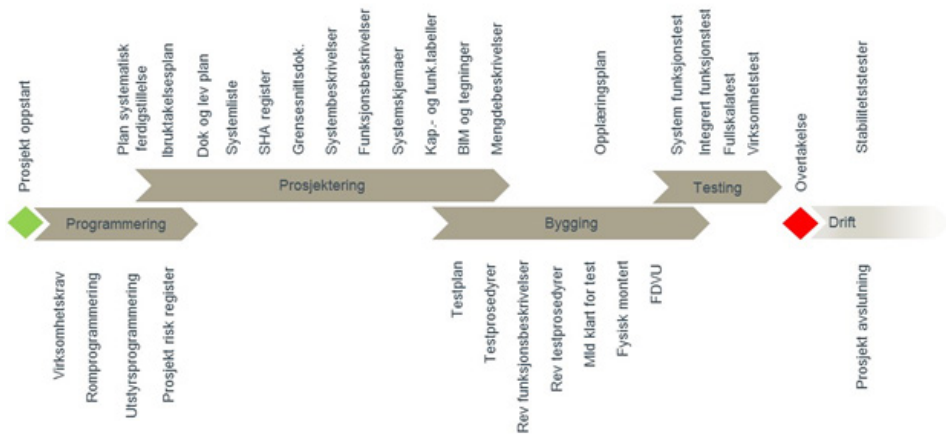
Programmeringen beskriver virksomhetens bruk og driftsorganisasjonens modell for å drifte anleggene. Når denne er ferdigstilt brytes prosjektet ned i beskrivelser som viser hvordan de ulike systemene og arealene funksjonelt henger sammen, såkalte integrerte funksjonsbeskrivelser. Deretter beskrives de ulike systemenes funksjoner i funksjonsbeskrivelser før en endelig beskriver hva som skal til for å bygge de ulike arealene og systemene i mengdebeskrivelsene.

V-modellen (Figur 4) illustrerer utarbeidelsen av dokumenter nødvendig for å kunne kvalitetssikre at det som bygges oppfyller det man har beskrevet av funksjonelle og kvalitative krav. For å sikre riktig løsning må prosjektet verifiseres gjennom et testhierarki. Disse testene må under prosjekteringen beskrives i form av testprosedyrer. Det er disse prosedyrene som danner grunnlaget for verifiseringen som gjennomføres inntil en endelig og feilfri fullskalatest eller virksomhetstest er gjennomført.

8.3 LEVERANSER

En prinsipiell oversikt over leveransene i et prosjekt illustreres i Figur 5. I Systematisk Ferdigstillelse har alle disse leveransene en viktig funksjon. Det er derfor viktig at de følger den prinsipielle rekkefølgen og at leveransene har den nødvendige kvalitet før en kan gå videre med de neste leveransene.





Figur 5: Tidslinje Systematisk Ferdigstillelse

8.4 MILEPÆLSSTYRING MED MÅLBARE MILEPÆLER

Det er ofte en utfordring å definere målbare milepæler i prosjekter. Det er ikke uvanlig at det bestemmes milepæler med navn av typen «Gjennomført test». Gjennom å etablere testplaner med tilhørende testprosedyrer har en også mulighet til å etablere akseptkriterier for de samme testene. Akseptkriteriene vil dermed danne grunnlag for kontraktuelle milepæler formulert som «Gjennomført og akseptert test». Dette betyr ikke at testene ikke kan ha mindre mangler uten at milepælen er oppnådd, men at det er forutsigbarhet og målbart om kravene er godt nok tilfredsstillt til at milepælen er oppnådd. Det er som tidligere nevnt svært viktig at det da er definert et klart ansvar i fht å ta beslutning om test er godkjent og at man kan gå videre eller om utbedringer må gjennomføres og ny test gjennomføres. Det er svært viktig at det i kontraktsdokumentene er beskrevet hvilke kriterier som skal til for at testene er å anse som godkjent. Dette minker muligheten for uenighet mellom partene om testresultat er rettmessig eller urettmessig underkjent.

Dersom et eller flere testresultat ikke blir godkjent, vil det kunne være aktuelt å stanse hele eller deler av prosjektet inntil feil er utbedret og ønskede testresultater er oppnådd. Dette for å hindre at feil og mangler akkumulerer seg i prosjektet.

8.5 BRUK AV KPI'ER

Ved bruk av KPI'er vil prosjektene kunne sette fokus på de områdene der man av dokumentert erfaring ser at de største forbedringsmulighetene finnes. Dette vil være KPI'er som berører ulike aktører, hvilket medfører en bevissthet hos de ulike aktørene rundt mulighetene for å forbedre eget arbeid. I tillegg til at dette bedrer prosjektene, vil det med stor sannsynlighet også bedre aktørens muligheter til å øke egen fortjeneste og konkurranseevne.

Bygge og anleggsbransjen har tradisjonelt vært styrt etter KPI'ene økonomi og fremdrift. Dette er markedet og aktørene nå i ferd med å innse. Ved bruk av Systematisk Ferdigstillelse sammen med verktøy for å håndtere informasjonsflyten vil det bli enklere for alle aktørene i prosjektet å benytte enkle og nyttige KPI'er for sine arbeider og sine prosjekter. En kan dermed enklere innføre felles kvalitative og prestasjonsrettede KPI'er.

Ved å etablere en felles plattform for gjennomføring av planlegging, prosjektering, utførelse og testing, vil bransjen kunne ta i bruk flere felles KPI'er. Dette vil i sin tur gjøre det enklere for både byggherrer, prosjektledere, prosjekterende, byggeledere og entreprenører å sammenligne prosjektenes og egne KPI'er fra gang til gang for dermed å kunne bedre både sine egne og prosjektenes prestasjoner.

Noen KPI'er som kan nevnes:

1. Hvor stor andel av systemene hadde ikke godkjente funksjonsbeskrivelser utarbeidet til riktig tid?
2. Hvor stor andel av arbeid utført ble ferdigstilt og kvalitetssikret til riktig tid (montert, idriftsatt, systemtestet og integrert testet)?
3. Hvor stor andel av bekreftet ferdig arbeid er siden underkjent av byggeleder eller byggherre?
4. Hvor lang tid tar det fra arbeid blir underkjent til dette er utbedret?
5. I hvor stor andel av testene identifiseres feil som skulle vært funnet i egenkontroll før test?
6. Hvor stor andel av systemene har beskrevet en funksjon som ikke er riktig og som oppdages under testing?



9. PROSJEKTERING OG BYGGING

Systematisk ferdigstillelse baseres på produktleveranser. Det betyr at det må være tydelig hva som skal leveres av de ulike aktørene, når det skal leveres og hva leveransen skal brukes til. Dette beskrives i Plan for Systematisk Ferdigstillelse. Det bør også defineres hvilken rolle som har ansvar for å stanse eller utsette påfølgende aktiviteter dersom en eller flere leveranser ikke foreligger til riktig tid eller kvalitet.

Tradisjonelt er både prosjekt og prosjekteringsgruppen organisert i fagområder som har tydelig definerte roller når det gjelder fagansvar. For å ivareta helheten i et prosjekt er det også nødvendig å etablere klare ansvarsforhold for tekniske og funksjonelle krav, grensesnitt og tverrfaglige leveranser. Dette synliggjøres i organiseringen av prosjektet ved at man definerer en rolle som har myndighet over fagmiljøene til å prioritere til det beste for helheten. Dette må defineres i rollebeskrivelsene for prosjektet og i Plan for Systematisk Ferdigstillelse.

Det er viktig at det defineres hvem som har funksjonsansvar for systemer med tilliggende grensesnitt i prosjekteringen, og hvem dette ansvaret transporteres videre til i utførelsen. Dette tydeliggjør hvem som har ansvar for at funksjonaliteten oppfylles gjennom prosjektering, bygging og testing. Dette Funksjonsansvaret må vies spesiell oppmerksomhet i faseoverganger.

9.1 PROSJEKTERING

Tradisjonelt sett har prosjekteringsarbeid foregått ved seriell prosjektering. Med det menes at når en aktør har utarbeidet et underlag, overleveres dette til en annen aktør for videre foredling, før det deretter sendes tilbake eller eventuelt videre til neste aktør. Prosjekteringsmøter har ofte vært gjennomført ved at hele prosjekteringsgruppen har sittet rundt bordet og gått gjennom oppgaver og sjekket av om prosjekteringen er på plan eller ikke.

Systematisk ferdigstillelse fokuserer på en mer dynamisk prosjektering, med hovedfokus på krevende tekniske grensesnitt og leveranser. Dette medfører behov for en endring av arbeidsform i prosjekteringsfasen. Ett av tiltakene er å ta i bruk samtidig prosjektering og en agil tilnærming. Dette kan med fordel løses med bruk av mindre og dynamiske arbeidsgrupper med ansvar for å løse tverrfaglige tema.

Arbeidsgruppene samlokaliseres for felles prosjektering der de prosjekterende har ansvar for ulike funksjonsområder. Arbeidsgruppene vil variere i både antall deltakere og hvilke fag deltakerne representerer, avhengig av hvilke problemstillinger som skal løses.

Disse arbeidsgruppene etableres for å arbeide med to primære fokusområder:

1. Geometri (fysisk utforming)
2. Funksjonalitet (tekniske funksjoner og krav)

Prosjekteringen gjennomføres etter prinsippet om iterativ prosjektering. Med dette menes at man kontinuerlig vurderer, justerer, kvalitetssikrer og produserer løsninger. Disse løsningene vurderes og videreutvikles i ytterligere iterasjoner i de tverrfaglige arbeidsgruppene som beskrevet over.

Det kan med fordel benyttes LEAN metodikk i prosjekteringsfasen, slik det eksempelvis er gjort i Statsbyggs prosjekt på Kunst- og designhøgskolen i Bergen. Der ble det definert tverrfaglige temaer som hver hadde én ansvarlig eier i prosjekteringsgruppen. Eieren ledet arbeidet for å løse problemstillingene innenfor sitt tema og var ansvarlig for å innhente all nødvendig informasjon fra de andre prosjekterende. Dette ble gjennomført ved at man hadde samlokaliseringer som varte i 2-3 dager, der møtebehovene fra hver enkelt temaeier ble innmeldt og samtidige arbeidsmøter ble satt opp. Dermed kunne en styre de ulike ressursene og prioritere de ulike temaene ut ifra hva som var viktig å løse først og sist. Mellom samlokaliseringene var hver temaeier ansvarlig for å drive sine oppgaver videre mot en endelig løsning. Dette skapte større dynamikk i gruppen og større eierskap til de ulike problemstillingene. En suksessfaktor i prosjekteringsfasen er å etablere forutsigbarhet i forventningen til prosjekteringen.

Systematisk ferdigstillelse skal bidra til at prosjekteringen oppfyller følgende funksjoner:

- Gi byggherren en god oversikt over hva bygget / anlegget skal inneholde.
- Tydeliggjøre de prosjekterendes krav til leveransene.
- Gi en god beskrivelse av ytelsene og produktene som skal leveres av entreprenør, slik at riktig kvalitet og funksjonalitet faktisk leveres.
- Danne grunnlaget for riktig pris fra entreprenørene.
- Danne grunnlaget for riktig testing og verifisering av produkt, enkeltsystemers funksjoner og integrerte funksjoner.

Et prosjekt vil bestå av et varierende antall leveranser etter hvert som prosjektet utvikler seg. Dette må en ta inn over seg under planleggingen av prosjekteringen. Det er ikke alt en vet når man starter og dette må det også være rom for. En kan likevel beslutte at når en velger å implementere en løsning så skal arbeidet følge en definert prosess som beskrevet i dette dokumentet.

Legg merke til at leveransene i prosjekteringen kan komme fra ulike leverandører, avhengig av hvem som har det med i sin kontrakt å utarbeide dette. Det kan altså komme både fra de prosjekterende eller fra entreprenører.

Et prosjekt kan bestå av ulike kontraktsformer. Dette medfører at en totalentreprise i et prosjekt vil kunne ha leveranser inn i prosjekteringen for entrepriser som er byggherrestyrte. I tillegg skal byggherren ha samme mulighet til å kontrollere leveranser både under testing og verifisering, for opplæring av drift og for FDV slik at det er viktig å sette de samme krav til hvilke dokumenter som skal leveres i prosjekteringsfasen fra totalentreprenøren som fra en prosjekteringsgruppe i byggherrestyrte entrepriser.

9.1.1 Dokument- og leveranseplan

For at prosjekteringen skal oppfylle de krav som stilles til leveranser, kvalitet og fremdrift er det viktig at dette defineres i en dokument- og leveranseplan. Denne skal beskrive alle dokumentene og leveransene som skal komme fra de prosjekterende i prosjektet. Etter hvert som prosjektet utvikler seg detaljeres dokument- og leveranseplanen.

Det er essensielt at det settes opp en felles dokument- og leveranseplan for hele prosjektet, slik at en har total oversikt over hvilke dokumenter som påvirker hverandre. Det gjelder samme prinsipp her som under bygging; det må defineres akseptansekriterier for de ulike leveransene, samt hvem som har rett og plikt til å stanse produksjonen dersom det er leveranser som uteblir eller ikke har en akseptabel kvalitet. Det vil være naturlig om slike akseptansekriterier og ansvarsroller beskrives i Plan for Systematisk Ferdigstilling for det enkelte prosjekt.

Det er viktig at Dokument- og leveranseplanen brukes for å kontrollere at leveransene fra prosjekteringsgruppen er i henhold til plan. Det kan med fordel knyttes flere KPI'er opp mot denne for å måle prosjektets leveranser.

Det må også etableres en metode for å kontrollere at modelleringen av bygget er i henhold til plan. Dette kan være utfordrende da dette ikke er et sett dokumenter som skal leveres, men en BIM som skal utvikles. Det vil være en nøkkel til suksess å etablere KPI'er knyttet til utvikling av prosjektets BIM.

9.1.2 Systemliste

Et viktig element for å forstå innholdet i prosjektet er systemlisten. I denne skal alle systemer som etableres i prosjektet føres opp. Dette er et viktig dokument for å skaffe oversikt over systemene i prosjektet, men også som grunnlag for senere dokumenter. Eksempelvis en overordnet beskrivelse av teknisk infrastruktur, funksjonsbeskrivelse, grensesnittsmatrise, etc. Systemlisten vil utvikles og kompletteres utover i prosjektet, etter hvert som de valgte løsningene blir mer detaljerte og tydeligere definert. Systemlisten skal inneholde unike systemnumre og skal angi hvor systemene er plassert og hvilket område i bygget de skal betjene. Dette er viktig for å kunne knytte systemlisten opp mot testplanen og ferdigstillelse av ulike områder i prosjektet. Systemlisten bør settes opp i et verktøy som gjør at det er mulig å trekke ut informasjon og bruke dette statistisk.

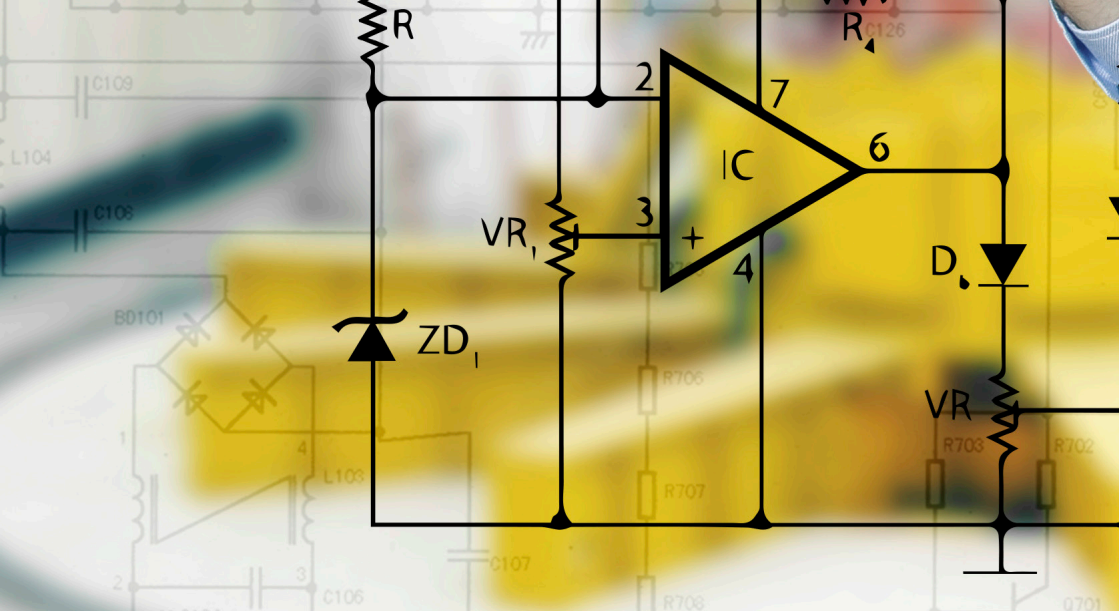
9.1.3 Overordnet beskrivelse av teknisk infrastruktur

For den tekniske infrastrukturen skal det etableres overordnede beskrivelser av teknisk infrastruktur. Beskrivelsene skal etableres i en tidlig fase (skisseprosjekt eller forprosjekt), på et overordnet nivå og ha fokus på funksjonene infrastrukturen skal ha. Det er ikke nødvendig å utarbeide dette for hvert enkelt system i systemlisten. Et eksempel på dette kan være strømforsyningen. Denne kan være bygget opp av flere systemer, eksempelvis normalkraft og nødstrøm, bestående av både aggregater og UPS'er.

9.1.4 Grensesnittsmatrise

En grensesnittsmatrise skal dokumentere de tekniske grensesnittene som etableres i prosjektet. Grensesnittene bør håndteres på to nivåer. Det første er i en tidlig fase der en etablerer et grensesnitt mellom ulike systemtyper. Dette skjer gjerne i forprosjektet eller tidlig detaljprosjekteringen. På dette nivået defineres et generisk grensesnitt som senere skal detaljprosjekteres. Det fastlegges hvilken aktør som er grensesnittsansvarlig (ansvarlig for å koordinere og prosjektere grensesnittet) og hvordan grensesnittet skal håndteres og dokumenteres.

På det andre nivået detaljeres løsningen og rulles ut på de spesifikke systemene og kontraktene. Her fastlegges eksakt hvordan grensesnittet skal utføres og hvem / hvilken kontrakt som har ansvaret for at det utføres riktig og verifiseres. Dette nivået skal beskrive alle grensesnittene på systemnivå (inkl løpenummer) slik at dette beskrives entydig og spesifikt, og kan følges opp i funksjonstester og integrerte tester.



9.1.5 Funksjonsbeskrivelse

Noen av de aller viktigste dokumentene som utarbeides i Systematisk Ferdigstillelse er funksjonsbeskrivelsene. Disse skal utarbeides for alle systemene som har en funksjon og skal utarbeides for hvert løpenummer. Funksjonsbeskrivelsen danner grunnlaget for prosjekteringen, utførelsen og ikke minst for testing og verifisering.

Detaljprosjekteringen vil være en iterativ prosess der de prosjekterende utarbeider en funksjonsbeskrivelse som beskriver detaljert hvilke funksjoner som skal aktiveres, gitt en forutgående betjening eller hendelse. Etter at funksjonsbeskrivelsen er utarbeidet, detaljprosjekteres systemløsningen før funksjonsbeskrivelsen igjen revideres.

Dette kan gjerne medføre flere iterasjoner, avhengig av kompleksitet og tverrfaglig koordinering. Funksjon ved kritiske hendelser som strømbrudd, brann, sabotasje, etc. skal være en del av funksjonsbeskrivelsene.

Funksjonsbeskrivelsene, samt kapasitets- og funksjonstabeller og systemskjemaer, danner grunnlaget for testprosedyrene. Dette danner også grunnlaget for akseptkriteriene som skal benyttes for å avgjøre om testen kan aksepteres eller ikke. Funksjonsbeskrivelsene er i tillegg et viktig dokument i kommunikasjonen med både virksomheten og driftsorganisasjonen. En funksjonsbeskrivelse vil redegjøre for hvordan systemer styres og reguleres både individuelt og i forhold til hverandre. Dette er designinformasjon som er viktig å forankre i driftsorganisasjonen før

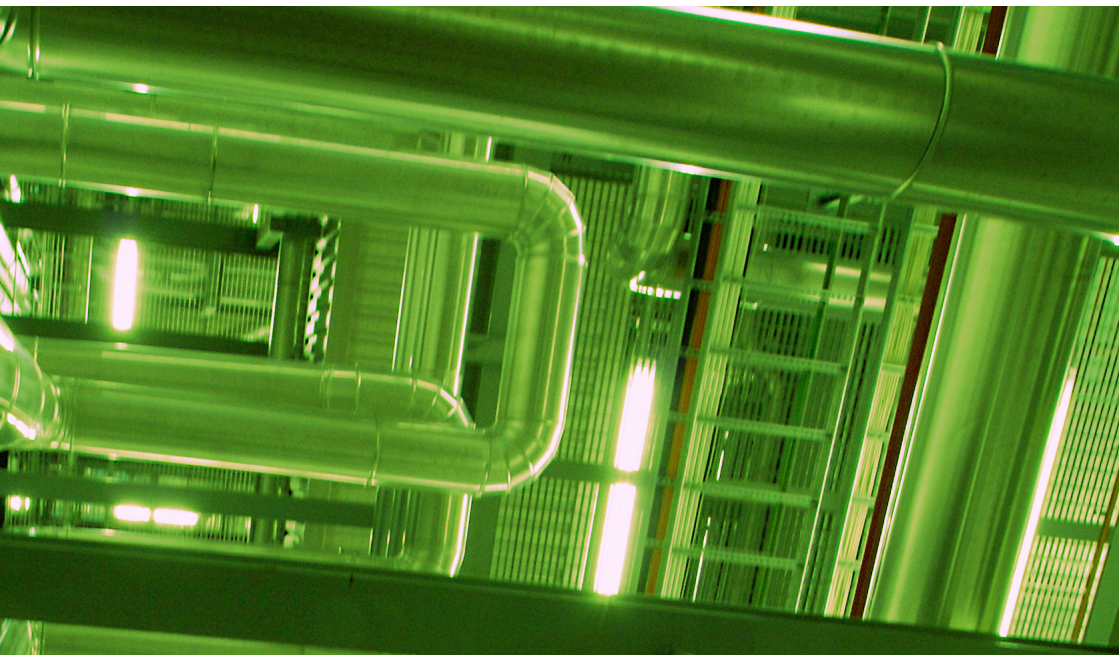
prosjekteringen har kommet så langt at endringer blir kostbare.

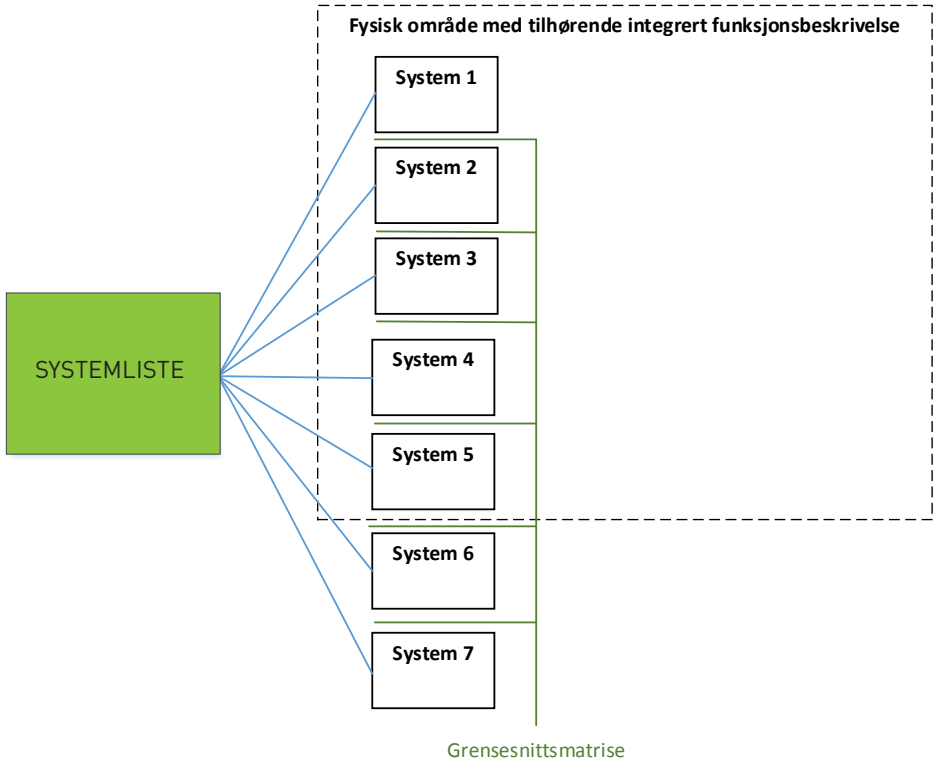
Det er ofte en utfordring å få overlevert nok kunnskap fra utbyggingsprosjektet til driftsorganisasjonen og virksomheten. Bruk av funksjonsbeskrivelser samt gode dokumenterte testplaner og testprosedyrer vil forbedre driftsorganisasjonens opplæring i de tekniske systemene.

9.1.6 Integrerte funksjonsbeskrivelser

I et prosjekt vil det i enkelte tilfeller være funksjoner og arealer hvor flere system må virke sammen som en helhet for å oppnå ønsket funksjonalitet. Dette kan eksempelvis være gjeldene i spesielle arealer som operasjonsstuer, auditorier, isolater og laboratorier, eller for helhetlige funksjoner som ved utløst brann- eller innbruddsalarm.

Prosjektet skal utarbeide integrerte funksjonsbeskrivelser for disse funksjonene og arealene. De integrerte funksjonsbeskrivelsene skal utformes slik at de binder sammen de ulike funksjonsbeskrivelsene som er utarbeidet for de ulike systemene. Der funksjonsbeskrivelsene kun beskriver hvordan ett system fungerer skal de integrerte funksjonsbeskrivelsene beskrive hvordan alle systemene virker sammen for å oppnå den ønskede funksjonaliteten.





Figur 6: Visualisering av sammenheng mellom system, systemliste, grensesnittmatrise og integrert funksjonsbeskrivelse

9.1.7 Testplan

Som grunnlag for en testplan må byggherren utarbeide en plan for ibruktakelse. Dette er en plan som viser rekkefølgen for ibruktakelse av ulike arealer.

Denne planen vil så danne grunnlaget for prosjektledelsens hovedmilepæler, som ut fra plan for ibruktakelse definerer:

- når et areal eller et system skal være «fysisk montert»
- når rød sone skal være implementert
- når tekniske rom inkludert IKT-rom skal være ferdigstilt

Det er også viktig at en har definert når spredenetten skal være satt i drift, slik at SD-anlegget kan benyttes under testing og verifisering.

Etter at plan for ibruktakelse og hovedmilepælene er definerte, skal det etableres en detaljert testplan. Denne skal vise hvilke systemer som forsyner de ulike områdene i bygget. Dette for å synliggjøre hvilke avhengigheter man må forholde seg til når det skal gjennomføres tester og verifisering av systemer og områder i bygget/anlegget. Testplanen skal vise følgende:

- Hvilke systemer som skal testes
- Rekkefølgen de skal testes i
- Hvem som er ansvarlig for å planlegge testene
- Hvem som er ansvarlig for å utføre testene
- Hva som er forutsetningene for at test skal kunne gjennomføres.

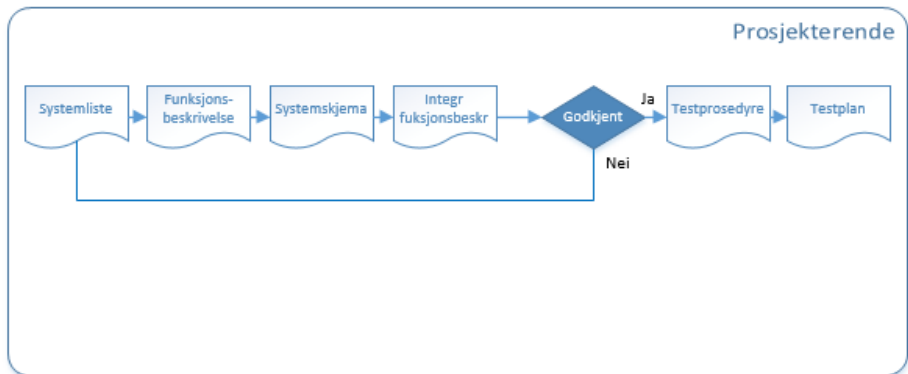
En godt utarbeidet testplan vil være med å danne grunnlaget for entreprenørens mulighet for å prise ytelsene.

9.1.8 Testprosedyrer

Testprosedyrene for de ulike testene er basert på følgende dokumentasjon:

1. Systemlisten
2. Grensesnittmatrisen
3. Funksjonsbeskrivelsene
4. Integreerte funksjonsbeskrivelser
5. Systemskjema
6. Kapasitets- og funksjonstabeller

Det er vesentlig at det defineres hvem som er ansvarlig for å utarbeide denne dokumentasjonen, men det vil ikke være unaturlig om det er de prosjekterende selv som utarbeider disse for systemer de har ansvar for å beskrive. Senere bør denne revideres av entreprenør før testene gjennomføres. Testprosedyrene bør også inneholde akseptanskriterier slik at det, før testene gjennomføres, ikke er noen tvil om hva som skal til før hele testen underkjennes og må gjennomføres i sin helhet en gang til. Testprosedyrer for virksomhetstester skal utarbeides med utgangspunkt i virksomhetens krav til funksjon i arealene. Det vises til V-modellen beskrevet i Figur 4. Disse testprosedyrene skal utarbeides i tett samarbeid med virksomheten.



Figur 7: Prosessflyt for prosjekteringsunderlag for testprosedyrer

9.1.9 Andre prosjekteringsytelser og forutsetninger

For å sikre at prosjektet er på rett kurs når man starter prosjekteringsarbeidet er det mange forutsetninger som må være på plass. Eksempler på dette er:

1. SHA
2. Miljø
3. Merkesystem
4. BIM strategi
5. BIM / DAK manual
6. Krav til FDV-leveransene

Det er mange overordnede beskrivelser som må være på plass før prosjekteringen av de tekniske systemene kommer for langt. Noe stilles det krav om i forskrifter og ulike standarder, mens andre leveranser vil ulike byggherrer stille krav om.

Dette kan være f.eks:

1. Brannstrategi
2. Soneplan
3. Opplæringsplan

9.2 BYGGING

Systematisk ferdigstillelse underbygger en byggemetode basert på «trimmet bygging» eller LEAN. I de tilfellene der prosjektet gjennomføres på tradisjonelt vis vil Systematisk Ferdigstillelse bidra til en planlagt og dokumentert prosjektgjennomføring, hvor man foretar de nødvendige kontrollene underveis, og har planlagt avsluttende testing og verifisering. I tillegg vil det være tydelig definert hvordan prosjektet kan stanses dersom det oppstår for store avvik fra det planlagte resultatet.

LEAN i byggebransjen har utviklet seg mye de siste årene, men det har vært ulike former for LEAN tilnærming i byggebransjen gjennom mange år. Det ble blant annet benyttet «trimmet bygging» under byggingen av St.Olavs hospital i Trondheim. I den senere tid er det forsøkt LEAN bygging på blant annet Domus Medica i Oslo. Per i dag er det flere prosjekter som gjennomføres i regi av Statsbygg som tester gjennomføring med LEAN bygging, blant annet Kunsthøgskolen i Bergen, UR-bygningen på Ås og UiN i Bodø.

Å gjennomføre byggingen med LEAN krever at prosjektet gjennomfører en omfattende planlegging av byggeprosessen (tacting). Dette inkluderer også definisjon og kontroll av akseptanskriterier. Resultatet av en slik prosess er at enkelte av disse prosjektene gjennomføres med færre feil enn andre. Dette er imidlertid en påstand som ikke kan underbygges med erfaringstall fra de nevnte prosjektene.

Under byggeprosessen er det viktig at entreprenøren tidlig får eierskap til testing, opplæring av driftspersonell og avslutning av egne arbeidere og tverrfaglige integrerte systemer. Dette gjøres gjennom involvering i planleggingen av de nevnte elementene. En slik involvering må være tydelig beskrevet i kontrakten i form av eksempelvis prisbærende poster.

I tillegg må det være klart definert:

- Hvilke leveranser denne planleggingsdelen inneholder
- Hvem i prosjektledelsen som har ansvar for oppfølging av aktivitetene
- Hvilke akseptkriterier som legges til grunn for at leveransene er fullførte.

Det er alltid kontraktene som er grunnlaget for utførelsen i et prosjekt. Det er derfor svært viktig at kontraktene inneholder krav til Systematisk Ferdigstillelse, slik metodikken omtales i dette dokumentet. Dette vil bidra til å sikre både

forutsigbarhet, riktig pris og riktig kompetanse i det utførende leddet. Det er nødvendig med etablering av klare akseptkriterier for leveransene. Ved avvik mellom krav og utførelse på et produkt må det være en rett og en plikt å stanse arbeider som bygger videre på produktet inntil avviket er korrigeret. Dette gjelder avvik både i planer, dokumenter og fysiske leveranser. Det må være tydelig beskrevet hvem i prosjektorganisasjonen som skal ta en slik beslutning. Konsekvenser for entreprenøren av slik stans må være tydelig beskrevet i kontrakten.

Gjennom bruk av systematikk og planer er det enklere å identifisere hvilke elementer som erfaringsmessig skaper utfordringer og dermed hvilke elementer som bør testes som en enkelt installasjon / montasje før det rulles ut i stor skala. Slik reduseres muligheten for å implementere gjentatte feil i prosjektet. Eksempler på slike prøve-montasjer kan være rom, dørssystem, styresystem, etc.

9.2.1 Produksjonsplanlegging

Gjennom en produksjonsplanlegging som starter med ibruktakelsen, slik det beskrives i 9.1.7, er det større sikkerhet for at man starter de ulike aktivitetene til riktig tid.

Et viktig element i dette arbeidet er å identifisere hvilke leveranser det tar lang tid å anskaffe. Disse settes opp i en «Long lead items»-liste som aktivt brukes for å sikre riktig underlag for bestilling samt å sikre at bestilling blir gjort til riktig tid. Det vil være viktig å tenke på prøvemontasje i utarbeidelsen av «Long lead items»-listen.

9.2.2 Revisjon av dokumenter

Etter at entreprenørene har valgt hvilke spesifikke leverandører av produkter de skal benytte, er det viktig at de reviderer funksjonsbeskrivelsene og de tilhørende testprosedyrer. Disse revisjonene bør videre legges frem for godkjenning av byggherrens rådgivere for å unngå misforståelser i funksjoner, og for at byggherren kan gi sin aksept til de nye funksjonsbeskrivelsene og testplanene før produkter og systemer leveres.

9.2.3 Rapportering på status eget arbeid for entreprenørene

Gjennom å etablere et system der det rapporteres ferdigstilling av eget arbeid på definerte oppgaver, vil en kunne ha større mulighet til å følge opp både fremdriften og kvaliteten på arbeidet til alle aktørene i prosjektet. Dette vil bidra til at avvik oppdages tidligere og at korreksjoner kan gjøres slik at avvik er lukket i god tid før tester skal gjennomføres.

Eksempler på slik status kan være:

1. Fysisk montert i rom eller for et system
2. System ferdig tilkoblet
3. Innregulert / kontrollmålt
4. Ferdig FDV lastet opp for system
5. Varsel Klart for system funksjonstest
6. System funksjonstest akseptert
7. Opplæring for system avholdt
8. Varsel Klart for integrerte tester
9. Integrerte tester akseptert

Gjennom en planlagt, styrt og forutsigbar produksjon, både av dokumenter og fysisk utførelse på byggeplass, sammen med kontinuerlig rapportering av fremdriftsstatus, vil prosjektet oppnå:

- Mulighet til å kunne kvalitetssikre arbeider som kan definere ønsket kvalitetsnivå for videre arbeid
- At kvalitetssikring utført av BL kun gjennomføres på de delene av arbeidet som entreprenøren anser seg ferdig med.
- Enklere avdekking av aktiviteter som ligger bak skjema i god tid før man når en planlagt milepæl
- Mulighet til å få en status på hele prosjektets fremdrift mye tidligere (og mer nøyaktig) enn man klarer ved å benytte befaringer og sette opp i en fremdriftsplan hvor langt de ulike elementene og arealene er kommet

Entreprenøren kvitterer på at kvalitetssikring er utført, slik at BL og PL kun kontrollerer entreprenørens allerede kvalitetssikrede utførelse.

9.3 TESTING OG VERIFISERING

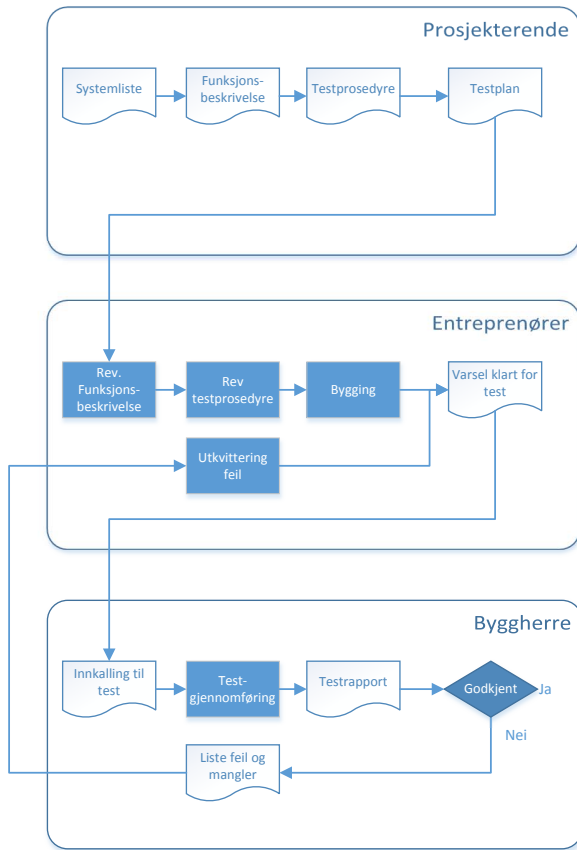
Mange vil hevde at det i utgangspunktet skulle være unødvendig for byggherren å gjennomføre egne tester i et byggeprosjekt så lenge det er bygget etter norske eller internasjonale standarder der det stilles krav til kvalitetssikring.



Det har imidlertid vist seg at så ikke er tilfelle. Noen argumenter for at testing er en absolutt nødvendighet er:

1. Entreprenørene gjør mange feil som kvitteres ut som kvalitetsikkert.
2. Det prosjekteres løsninger som ikke fungerer slik de i utgangspunktet skulle ha gjort for å oppnå riktig funksjonalitet. Dette oppdages ofte ikke før anlegg testes med fullskala funksjonstester.
3. Entreprenører er opptatte av egne kontraktuelle forpliktelser og er i mindre grad opptatt av byggherrens krav til funksjonalitet. Dette kan medføre at krav til integrasjon mellom systemer, og/eller prosjekterte eller fysisk utførte feil ikke blir oppdaget.
4. Mange av aktørene i bransjen har ikke tilstrekkelig erfaring til å gjennomføre tester på en slik måte at alle feil blir avdekket. Gjennom Systematisk Ferdigstil-else vil testingen ha en beskrevet ytelse og en oppfølging av personer med riktig kompetanse slik at feil ikke blir oversett.
5. Bransjen har en tradisjon for å bygge ferdig først, for så å kontrollere om utførelsen er som den skal. I prosjekter hvor løsninger benyttes gjentakende ganger er det et stort behov for å teste utførelse underveis, slik at man får testet første montasje før man ruller ut løsningen i stor skala.
6. Prosessen for testing starter som nevnt under prosjekteringen og ferdigstilles ved godkjent test. Prosessen er vist i Figur 8.





Figur 8: Prosesskart for utførelse av tester



9.3.1 «Varsel Klart for test»

For at tester skal gjennomføres som planlagt, er det viktig at alle aktører får varsel når det nærmer seg testgjennomføring. Dette skal skje selv om testen står oppført i testplanen. Dette fungerer som en erklæring på at alle forberedelser er gjennomført og innkalling til test kan gjennomføres. Hensikten med et slikt varsel er også for å skjerpe aktøren som kan påvirke resultatet av testen. Eventuelle konsekvenser av at testresultatet ikke godkjennes vil da også kunne føres tilbake til aktøren som har bekreftet at det er klart for test. Ved å sende «varsel klart for test», bekrefter entreprenøren at det som skal testes er klart og feilfritt. Entreprenøren må derfor ha gjennomført tilstrekkelig egenkontroll til å sikre at det som skal testes fungerer etter hensikten. Prosjektet skal i «Plan for Systematisk Ferdigstillelse» definere krav til varslingsstid for «Varsel klart for test» samt hvordan varselet utformes og sendes.

9.3.2 Gjennomføring av tester

Entreprenøren er som alltid ansvarlig for sin egenkontroll, med kontroll av både fysisk montert og ulike funksjonstester innenfor sitt kontraktsområde.

Som dette dokumentet beskriver, er det nødvendig for byggherren gjennom sin prosjektledelse å sikre at leveransene totalt sett kan godkjennes, og at de oppfyller de krav til funksjonalitet som driftsorganisasjonen og virksomhet har. Dette sikres ved å etablere et testhierarki som prosjektet skal følge. Dette krever at prosjektet har en i prosjektledelsen som er ansvarlig for å drive denne arbeidsprosessen gjennom hele prosjektførløpet. Når det kommer til selve gjennomføringen av testene, skal den ansvarlige sørge for at testene gjennomføres etter testprosedyren og utarbeide testrapporter. Prosjektledelsen skal også sørge for at det utarbeides liste over feil og mangler, samt beslutte om testresultatet skal godkjennes eller ikke.

Entreprenørens rolle under de ulike funksjonstestene er å vise at kontraktens krav er fulgt. Under virksomhetstestene vil entreprenøren ha en mer passiv rolle.

Teknisk driftspersonell skal delta på de ulike testene og aktivt bruke disse i opplæringsøyemed. Driftspersonellets deltakelse i denne avslutningsfasen gir dem et større eierskap til anleggene de skal overta etter at prosjektet er ferdigstilt.

De ulike testene som skal gjennomføres vil bl.a. være:

- **System funksjonstest**

Test av system på byggeplass med relevant utstyr tilkople, som dokumenterer at de tekniske ytelsene er i henhold til kravspesifikasjon

- **Integrerte tester**

Test av samspillet mellom to eller flere tekniske systemer som dokumenterer at grensesnittene fungerer i et samspill på tvers av system- og entreprisegrenser

- **Fullskalatest**

Test som dokumenterer at lokalenes og bygningens funksjon, med alle relevante delsystemer sammenkople, fungerer som forutsatt

- **Virksomhetstest**

Test som dokumenterer at lokalenes og bygningens funksjon, med alle relevante delsystemer sammenkople, fungerer som forutsatt sammen med alt av virksomhetens utstyr i normal bruk

- **Stabilitets- og ytelsestest**

Test for å dokumentere at de tekniske systemene fungerer stabilt og at ytelsene er som forutsatt i kravspesifikasjon

9.3.3 Avhengighet mellom produksjon og test

Systematisk ferdigstillelse deler prosjektet inn i faser for programmering, prosjektering, bygging og testing. I disse fasene er det behov for endret organisering, innholdskompetanse og struktur i prosjektet. Gjennom ulike deler av prosjektet vil det være ulikt behov for fokus på virksomhet, fysiske områder eller systemer.

Ved å følge V-modellen i Figur 4 kan faseskiftene deles opp som følger:

- Under programmering trenger prosjektet kompetanse innen funksjonsområder og virksomhetens behov. Det vil si at planverk og regime for verifisering av programmeringen (virksomhetstester) må bygges opp på tvers av systemer, kontrakter og aktører, med basis i test av virksomheten.
- Under prosjekteringen utvikles funksjonsbeskrivelser og integrerte funksjonsbeskrivelser. Planverk og verifiseringen av enkelte systemers funksjoner og integrerte funksjoner må bygges opp basert på systemgrenser og betjeningsområdene til systemer og integrerte systemer. Disse går som oftest på tvers av flere funksjonsområder.

- Under den fysiske bygging frem til fysisk montert baseres planverk og fremdrift om oftest på planområder eller fysiske fremdriftsområder. Disse er som regel basert på å få en effektiv fysisk fremdrift, og er uavhengig av systemene og virksomhetens funksjonsområder.

Dette er faseskifter som bør reflekteres i prosjektorganisasjonen gjennom prosjektets levetid. Når man følger Systematisk Ferdigstillelse skal disse faseskiftene og planlagte justeringer i prosjektorganisasjonen synliggjøres i starten av prosjektet.

9.4 OVERTAKELSE OG OVERLEVERING

Overtakelse av kontrakter følger kontraktsdokumentene, som ofte er basert på norsk standard. Med fokus på det ferdige produkt skal Systematisk Ferdigstillelse også håndtere overleveringen fra prosjektorganisasjon til prosjekteier eller driftsorganisasjon på en god måte. Mens overtakelse mellom kontraktspartene er en juridisk prosess, er overleveringen fra prosjekt til prosjekteier/driftsorganisasjon ofte en konsensusprosess eller en prosess der eier/driftsorganisasjon føler seg tvunget til å overta prosjektet.

Kjernepunktene i å få til en god overleveringsprosess er:

- **Forventningsavklaring.**
Det må være samsvar mellom de funksjoner byggeier forventer å få overlevert og de funksjoner som byggeprosjektet faktisk leverer.
- **Transparente feil- og mangellister.**
Disse må være satt med frister som overholdes av prosjektet.
- **Komplett og god FDV-dokumentasjon.**
Viktig at FDV er klar før oppstart av tester. I FDV-leveransene inngår også BIM modell.
- **Opplæring.**
Opplæring må være planlagt slik at dette gjennomføres som en del av verifisering av underlag for tester, ferdig FDV og gjennomføring av tester både på system funksjon og integrerte funksjoner.

Forventningsavklaring kan bedres ved tett samarbeid mellom prosjektet og fagpersoner hos byggeier. Fagpersoner skal være til stede under prosjekteringen

for å kvalitetssikre løsninger. I tillegg skal det arrangeres periodiske befaringer på byggeplass med byggeier/fagpersoner for å informere og for å gi byggeier/fagpersoner mulighet til å påvirke detaljer i løsningene som bygges, basert på driftserfaringer. Det er imidlertid viktig å presisere at det er byggherren som har myndighet og ansvar for hva som bygges. Byggeier/fagpersoner har kun en rådgivende funksjon, så fremt det ikke dreier seg om kontraktspørsmål mellom prosjektet og byggeier.

Transparente feil og mangellister er viktig for å synliggjøre prosjektets evne til å rette opp feil og mangler før overlevering. Feil og mangellistene skal være på et detaljert nivå for hver enkelt byggeleder og bas, med mulighet for å aggregere opp status til prosjektledelse og byggherre. Dette krever en felles feil og mangelliste for alle fag og kontrakter. Feil og mangelutbedring vil være en viktig KPI i byggeprosjektet, hvor en av de viktigste parameterne er at man klarer å rette feil og mangler innen de tidsfrister som er satt.

FDV-dokumentasjonen må prioriteres og sees på som en vesentlig suksessfaktor i Systematisk Ferdigstillelse. FDV-dokumentasjon skal leveres etter hvert som komponenter blir levert på byggeplass, arealer blir fysisk ferdig og system blir fysisk montert. Leveranseplaner og dokumentplaner skal synliggjøre fremtidige leveranser, og suppleres etter hvert som prosjektet utvikles. De skal ikke kun suppleres når dokumenter og tegninger er ferdig utarbeidet. Leveranseplaner og dokumentplaner vil også være en viktig KPI i byggeprosjektet, hvor man måler leverte, forsinkede og kommende dokumenter og leveranser i henhold til leveranse- og dokumentplanene.

Dette vil også være et verktøy for å kunne gi tilbakemeldinger fra prosjektet til prosjekteier/driftsorganisasjon om hva som mangler. Det er også et nyttig verktøy for å planlegge ressurspådraget for FDV-ansvarlige i prosjektet, og hos prosjekt eier/driftsorganisasjon.

Opplæring er vesentlig i Systematisk Ferdigstillelse, og også for en vellykket overlevering. Det må utarbeides opplæringsplaner til eier/driftsorganisasjon i god tid før idriftsettelsen av bygget. En del av opplæringen skal være driftsorganisasjonens og virksomhetens deltagelse i verifiseringen av funksjoner, fra FAT til virksomhetstester. For å få til en god overlevering er det viktig at byggeier er en aktiv medspiller, i henhold til punktene over.

9.4.1 Prøvedrift, Akseptanskriterier for overtakelse (fra entreprenør)

Prøvedrift er beskrevet i NS6450 Idriftsetting og prøvedrift av tekniske bygningsinstallasjoner. Det er viktig at ytelsene som entreprenørene skal levere i prøvedriftsperioden er beskrevet i kontraktene, og at akseptkriteriene for start og avslutning av prøvedrift er tydelig definert. Som i den øvrige delen av Systematisk Ferdigstillelse er det viktig at det på forhånd defineres et verktøy som kan benyttes til å holde orden på all informasjonen i prøvedriften. Her er også bruk av KPI'er vesentlig for å kunne følge opp de ulike aktørene og de ulike prosjektene med tanke på kontinuerlig forbedring.

10. VERKTØY

Systematisk ferdigstillelse som prosess er i utgangspunktet uavhengig av hvilket verktøy en benytter for planlegging, gjennomføring og utførelse. Det er identifisert flere verktøy som kan benyttes i ulike prosjektfaser og til ulike oppgaver, men ingen verktøy som kan ivareta prosessen fra prosjektoppstart og frem til prosjektet er ferdig testet, komplett og overlevert. I bygge- og anleggsbransjen skjer det nå en utvikling innenfor IKT som vil ha stor innvirkning på måten prosjekter gjennomføres på, eksempelvis ved bruk av BIM. Dette verktøyet ivaretar foreløpig ikke Systematisk Ferdigstillelse, men vil kunne være ett av flere verktøy som kan støtte opp under prosessen. Foreløpig er det Excel, Microsoft Project, dRofus og enkelte andre programvarer som egner seg best til å støtte opp om Systematisk Ferdigstillelse. Det er imidlertid et behov for en utvikling i bransjen slik at en bedre kan ivareta kontinuerlig forbedring og benytte KPI'er for både prosjektering, utførelse og testing. Det vil tjene bransjen dersom en i tillegg kan vektlegge innsamling av statistisk materiale slik at en kan benytte statistikk som dokumentert underlag for å forske på ulike elementer og trender i bransjen. Det er et stort behov for å kunne forklare hvorfor noen prosjekter lykkes bedre enn andre, og hva som skiller dem i de ulike fasene av et prosjekt.

Den teknologiske utviklingen har gjort at mobile enheter som nettbrett og mobil kan benyttes for å håndtere informasjonsutveksling på en annen måte enn tidligere.

Dette gjelder også bruk av BIM og muligheten for enkel visualisering av:

1. Hvilke systemer som betjener ulike områder.
2. Testområder – hvilke systemer påvirker områdene som skal ferdigstilles
3. Planlagt fremdrift og montasjerekkefølge
4. Reell fremdrift basert på entreprenørens egen status
5. Reell fremdrift basert på gjennomførte tester
6. Opplæring av virksomhetens ansatte

BIM er først og fremst et verktøy for å håndtere geometrien i et prosjekt. Det er derfor essensielt at en i tillegg definerer og gjennomfører prosessen Systematisk Ferdigstillelse parallelt med bruken av BIM, slik at en sikrer et prosjekt som, i tillegg til å være skrudd sammen riktig, fungerer slik det var tiltenkt.

11. BESTE PRAKSIS I BRANSJEN

I løpet av de siste 15 årene har bransjen utviklet seg i riktig retning innenfor testing og verifisering i den forstand at det planlegges for en verifikasjon på slutten av et prosjekt. For mange av disse prosjektene er det imidlertid prosjekt- og byggeledelsen som starter planleggingen av testing og verifisering i slutten av byggefasen.

Flere prosjekter er nå under gjennomføring der en tar i bruk deler av Systematisk Ferdigstillelse. Eksempelvis at en starter med planleggingen av testing og verifisering tidlig i detaljprosjekteringen. To slike prosjekter er OSL T2 og Kunsthøgskolen i Bergen. Det er ikke gjort vitenskapelige målinger i disse prosjektene for å måle effekten av å starte planlegging av testing og verifisering tidlig. Erfaringer fra tidligere prosjekter viser med all tydelighet at manglende fokus på Systematisk ferdigstillelse i prosjekteringsfasen, sammen med manglende kontroller underveis i byggefasen, er hovedårsaken til det store antall feil og mangler som avdekkes under avsluttende testing og verifisering. Det faktum at man heller ikke har verktøy for å håndtere den enorme informasjonsmengden som behøves for å ha full kontroll på prosessen, medfører at det er svært liten mulighet for å lykkes med prosjektet uten vesentlige problemer i sluttfasen.

BA

2015 



Jernbaneverket

