



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Offshoreteknologi/ Industriell teknologi og driftsledelse	Vårsemesteret, 2016 Åpen / Konfidensiell
Forfatter: Martin Gromsrud, 227986 (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Prof. Jayantha Prasanna Liyanage, UiS Veileder(e): Erling Salicath, Utdanningsetaten, Oslo Kommune Prof. Jayantha Prasanna Liyanage, UiS	
Tittel på masteroppgaven: FDV-kostnadsberegning basert på produktspesifikk informasjon lagret i en BIM-modell Engelsk tittel: OAM- cost estimating from product-specific information stored in a BIM-model	
Studiepoeng: 30	
Emneord: BIM, FDV, Forvaltning, Drift, Vedlikehold. LCC, Livssyklus kostnader, nøkkeltall, Oslo kommune, vedlikeholdsetterslep	Sidetall: 72 + vedlegg/annet: 3 sider vedlegg Stavanger, 15 juni /2016. dato/år

I. Forord

Denne rapporten er siste ledd i det 2-årige masterprogrammet «Offshore Technology - Industrial Asset Management» ved Universitetet i Stavanger. Ved første øyekast kan oppgavens problemstilling tenkes irrelevant for nevnte studieprogram da den ikke omhandler et tema innen olje- eller gassrelatert virksomhet.

Sitert Universitet i Stavangers (2016) definisjon av studiet er Industrial Asset Management «... et tverrfaglig studium bygget opp rundt emner innenfor industrielle tjenester, samhandling menneske, teknologi og organisasjon, kvalitet, drift og vedlikehold, tilstandsovervåkning, risiko og styring».

Valg av problemstilling for denne oppgaven begrunnes med at jeg har en bachelorgrad som bygningsingeniør, og ønsket med det å anvende tilegnet kunnskap fra masterprogrammet i en kontekst jeg kjenner fra før.

Ordet *Bygningsforvaltning* går ifølge Bjørberg, et al., (2008) ut på å «... ta hensyn til brukerens behov gjennom hele byggets levetid, fra å ivareta hensyn til bruksfasen i planlegging og bygging av nybygg eller ombygging, via drift og vedlikehold til rivning evt. restaurering». Nøkkelordene; *industrielle tjenester, samhandling menneske, teknologi og organisasjon, kvalitet, drift og vedlikehold, tilstandsovervåkning, risiko og styring* er med andre ord høyst relevante i denne sammenheng og blir belyst i oppgaven.

Gjennom arbeidet med oppgaven har jeg fått bedre innsikt i tidsaktuelle temaer som vedlikeholdsplanlegging, kostnadsbesparing og optimalisering.

Jeg vil rette en stor takk til min veileder fra Utdanningsetaten, Erling Salicath, for fantastisk oppfølging og informative innspill. I tillegg vil jeg takke Jotne AS og spesielt Kjell Bengtsson for hjelp med utarbeidelsen av problemstilling, samt utlån av BIM-programvare. Veidekke ASA takkes for innsatsen og åpenheten rundt utlevering av informasjon vedrørende Munkerud skole.

II. Sammendrag

Vedlikeholdsplanlegging er ikke et fremmedord innen bygge- og anleggsbransjen. Likevel har det seg slik at stadig flere offentlige og private bygninger forfaller i takt med det økende vedlikeholdsbehovet. For å kunne ivareta en bygning gjennom hele dets forventede levetid, er det essensielt at byggets eier kjenner til alle kostnader vedrørende forvaltning, drift, vedlikehold og utskiftninger (FDVU) allerede før bygget prosjekteres. Slike kostnader er på fagspråket omtalt som levetidskostnader, eller LCC. Den vanligste metoden for å beregne levetidskostnader, er å bruke erfaringsbaserte nøkkeltall. Eksempelvis har man erfart at det koster om lag 105 kroner årlig å rengjøre en kvadratmeter bygningsmasse i Oslo kommune. Ulempen ved slike nøkkeltall er at de er generelle, og ikke nødvendigvis helt korrekte eller representative for alle type bygninger. Dersom nøkkeltallene lagt til grunn i en LCC-analyse viser seg å være lavere enn de reelle kostnadene, vil byggets eier etter alt å dømme få økonomiske utfordringer gjennom byggets levetid. Slike utfordringer dreier seg som regel om hva pengene skal gå til, ofte nedprioriteres penger til vedlikehold. Ulempen med en slik prioriteringen er at vedlikehold har en tendens til å eskalere i kostnad etter hvert som tiden går.

Oppgavens problemstilling har derfor vært å undersøke om produktspesifikk informasjon hentet direkte fra en BIM-modell ville øke nøyaktigheten vedrørende FDV-kostnadsberegning, sammenlignet med tradisjonell beregningsmetode der nøkkeltall anvendes. Per dags dato finnes det ikke kommersielle BIM-programvarer som tillater en direkte beregning av FDV-kostnader gjennom et byggs livsløp. Detaljnivået på produktspesifikk informasjon lagret i BIM-modellen, samt produktspesifikk FDV-dokumentasjon har derfor vært av interesse. Munkerud skole har blitt brukt som eksempel da skolen er et nybygg under oppføring med tilhørende «moderne» BIM-modell antatt representativ for tiden og bransjen (bygget ferdigstilles høsten 2016). Selve analysen av skolen ble avgrenset til å gjelde en garderobe med to tilhørende toaletter, samt ett klasserom. Argumentet for selekteringen begrunnes med at det var ønskelig å analysere komponenter og produkter i både «vanlige» rom og spesialrom. Etersom Munkerud skole er nettopp en skole, vil dessuten flesteparten av rommene enten være klasserom, korridorer, kontorer eller garderober og toaletter. Det ble også antatt at produkt- og materialvalg var gjennomgående for skolen og at de valgte rommene derfor ville være representative for resten av bygget.

Gjennom analyse av produktene anvendt i de nevnte rommene, med utgangspunkt i BIM-modellen, ble det klart at tilgjengelig produktinformasjon (FDV-dokumentasjon) fra produsentene ikke er detaljert nok, og derfor ikke kan brukes som grunnlag i en LCC-kalkulasjon. Informasjonen som spesielt var av interesse for oppgaven, var detaljer vedrørende vedlikeholdsbehov, vedlikeholdsintervaller, samt produktets forventede levetid. Dette fordi nøkkeltallspostene; renhold, vedlikehold og utskiftinger står for over 60% av de totale FDV-kostnadene gjennom et byggs levetid. Det bemerkes at all FDV-dokumentasjon innhentet er i henholdt til TEK10.

Konklusjonen på problemstillingen er at FDV-beregning basert på produktspesifikk informasjon hentet fra en BIM-modell ikke vil være mulig, verken i dag eller i nær fremtid. For at en slik beregningsmetode skal være mulig, må myndighetene kreve at byggevareprodusentene opplyser om nettopp vedlikeholdsbehov, vedlikeholdsintervaller og forventet levetid. Videre fremkom det at FDV-kostnadsberegning i BIM må suppleres med nøkkeltall, ettersom fåtallet av dagens erfaringsbaserte nøkkeltall faktisk påvirkes av produkt- og materialvalg. Dersom det hadde blitt påvist at enkelte FDV-beregninger faktisk var mulig å gjennomføre basert på informasjon tilgjengelig i en BIM-modell, antas det likevel at løsningen til bedre forvaltning ligger i utforming av de erfaringsbaserte nøkkeltallene som allerede anvendes i dag.

III. Innhold

I. Forord	1
II. Sammendrag.....	2
III. Innhold	4
IV. Figurliste	6
V. Tabelliste.....	7
VI. Begrepsavklaring	8
1 Innledning.....	10
1.1 Oppgavens tema og aktualitet.....	10
1.2 Oppgavens problemstilling.....	12
1.3 Avgrensinger og videre fremstilling.....	13
1.4 Struktur og disposisjon	14
2 Munkerud Skole.....	16
2.1 Generelt	16
2.2 Aktører.....	17
2.3 Leieavtalen.....	17
3 Ett byggverks livssyklus –fra konseptutredning til sanering.....	19
3.1 Generell forklaring av de ulike fasene i en byggeprosess	20
4 FDV-dokumentasjon «Forvaltning, Drift og Vedlikehold»	22
4.1 Bakgrunn for FDV-dokumentasjon	22
4.2 Grunnleggende begreper.....	23
4.2.1 Forvaltning (F)	24
4.2.2 Drift (D).....	24
4.2.3 Vedlikehold (V).....	24
4.2.4 Utvikling (U).....	25
4.2.5 Service (S).....	26
4.2.6 Potensialet (P)	26
4.3 Innholdet i en FDV-dokumentasjon	27
4.4 Når krav om FDV-dokumentasjon bortfaller	27

4.5	Byggevareprodusenters FDV-ansvar og oppgaver	28
4.6	Oppdatering av FVD-dokumentasjon.....	28
4.7	FDV i byggverkets livssyklus.....	29
5	Livssyklus kostnader (LCC)	30
5.1	Generelt	30
5.2	Definisjoner	31
5.3	Kalkulasjonsmodell	35
5.4	Beregningsnivåer	36
5.4.1	Nivå 1: Grovtallsnivå	37
5.4.2	Nivå 2: Nøkkeltallsnivå.....	37
5.4.3	Nivå 3: Bygningsdelsnivå	39
5.5	Kalkulasjonseksempel - Nivå 2: Nøkkeltallnivå	39
5.6	Kalkulasjonseksempel - Nivå 3: Bygningsdetaljnivå.....	41
6	Vedlikeholdsplanlegging og tilstandsanalyse	44
6.1	Vedlikeholdsplan	44
6.2	Vedlikeholdstrategier.....	45
6.2.1	«Reaktivt vedlikehold»	45
6.2.2	Forebyggende vedlikehold	47
6.2.3	Forutsigbart vedlikehold	49
6.3	Tilstandsanalyse.....	50
7	BIM.....	52
7.1	BIM «Bygningsinformasjonsmodell»	52
7.2	Åpen BIM Standarder.....	55
7.3	Bruk av BIM til å vedlikeholde og oppdatere FDV-informasjon.....	56
7.4	Kalkulere LCC-kostnader fra data i BIM-modellen.....	56
7.5	Vedlikeholdsplanlegging via BIM-modellen	58
8	Resultat og diskusjon.....	60
8.1	Sammenligning av FDV-kalkulasjon i BIM og tradisjonell FDV-beregning med nøkkeltall	60
8.2	Analyse av tilgjengelig produktinformasjon fra produsent	61
8.3	Utfordringer knyttet til å beregne FDV-kostnader basert på produktspesifikk informasjon.....	64
8.4	Forvaltningsperspektiv med tanke på vedlikeholdsetterslep	65

9	Konklusjon.....	66
9.1	Oppgavens utgangspunkt og oppsummering.....	66
10	Referanser.....	68
11	Vedlegg.....	73
i.	FDV-dokumentasjon «Royal kledning», Moelven	73
ii.	Vedlikeholdsplan- Undervisningsbygg	75

IV. Figurliste

Figur 2-1	Skisse av nye Munkerud Skole	16
Figur 3-1	Byggverkets livssyklus.....	19
Figur 4-1	FDV-begrepets utvikling.....	23
Figur 4-2	Utvikling med- og uten vedlikehold.....	25
Figur 4-3	Et byggverks utviklingspotensial over tid.....	26
Figur 5-1	Kompleksiteten av en LCC-analyse illustrert som et isfjell.....	30
Figur 5-2	De ulike kostnadsbegrepene.....	31
Figur 5-3	Årskostnader.....	32
Figur 5-4	Estimert fordeling av FDV-kostnader for skolebygg.....	34
Figur 6-1	Kobling mellom tilstandsanalyse, vedlikeholdsplan og budsjett	45
Figur 6-2	Badekarskurve	48
Figur 7-1	Kommunikasjonssvikt.....	53
Figur 7-2	Sammenhengen mellom påvirkningsmulighet og byggekostnader.....	54
Figur 7-3	Tavle på gruppe rom.....	57
Figur 7-4	Egenskapene til tavlen.....	57
Figur 7-5	Tenkt eksportert data fra BIM-modellen til Excel.	58
Figur 8-1	Møbleringsplan 3. etasje Munkerud skole	60

V. Tabelliste

Tabell VI-1 Begrepsavklaring	8
Tabell 1-1 Rapportstruktur	14
Tabell 3-1 Byggeprosessen	19
Tabell 3-2 Detaljering av byggeprosessen	20
Tabell 5-1 Annuitetstabell	36
Tabell 5-2 Inndeling av kostnader etter NS3454.....	37
Tabell 5-3 Nøkkeltall for skoleanlegg i Oslo kommune	38
Tabell 5-4 Produktspesifikk informasjon om linoleum og keramiske fliser	42
Tabell 5-5 LCC-beregning av linoleum og keramiske fliser.....	42
Tabell 5-6 Diskonteringsfaktor	43
Tabell 5-7 Invers annuitetsfaktor	43
Tabell 6-1 Utgifter i forbindelse med reaktivt vedlikehold.....	46
Tabell 6-2 Tilstandsanalyse- registreringsnivå etter NS 3424	50
Tabell 6-3 Tilstandsgrader etter NS 3424	51
Tabell 8-1 Gjeldene nøkkeltall ved FDV-beregning i BIM	61
Tabell 8-2 IFC-filer som utgjør BIM-modellen	61
Tabell 8-3 Komponenter i ulike rom ved Munkerud skole	62
Tabell 8-4 Tilgjengelig FDV-informasjon for valgte komponenter/installasjoner	63

VI. Begrepsavklaring

Gjennom denne rapporten vil det bli benyttet byggfaglig terminologi. En detaljert fremstilling av alle ord og uttrykk vil ikke bli gjennomgått, men jeg finner det hensiktsmessig å definere de mest brukte begrepene/forkortelsene.

Tabell VI-1 Begrepsavklaring

Begrep/forkortelse	Definisjon/forklaring
2D	Todimensjonalt
3D	Tredimensjonalt
BIM	Bygningsinformasjonsmodell
Prosjektering	Ethvert bygg- og anleggsarbeid må planlegges nøye. Før arbeidet kan settes i gang må utførelsen beskrives, det må lages tegninger og det må gjøres beregninger (...) slik at resultatet blir trygt og innenfor gjeldene lover og forskrifter. Arbeidet med å beskrive, tegne og beregne kalles prosjektering. (Codex, 2016)
Byggherre	Personen(e) eller organisasjonen som eier eiendommen arbeidet skal utføres på (Codex, 2016)
Entreprenør	Enkelt personer eller firmaer som tar på seg jobben med å utføre et bygg- eller anleggsarbeid. (Codex, 2016)
Totalentreprenør	En entreprenør som både prosjekterer og utfører arbeidet. Når byggherren engasjerer en totalentreprenør trenger ikke byggherren gjøre mer enn å beskrive hvilke funksjoner det ferdige resultatet (bygget) skal oppfylle. (Codex, 2016)
Underentreprenør	En entreprenør hyret inn av totalentreprenøren for å gjøre deler av jobben totalentreprenøren har tatt på seg å utføre. (Codex, 2016)
FDVU	Forvaltning, Drift, Vedlikehold og Utvikling
FDV-dokumentasjon	FDV-dokumentasjon er ment å være en «brukermanual» for samtlige forvaltnings-, drifts- og vedlikeholdsoppgaver i hele byggverkets driftsfase. (...) Dette innebærer at all dokumentasjon som er relevant for det ferdige byggverkets aktører i driftsfasen skal være tilgjengelig ved overlevering av byggverket. (Byggtjeneste, 2011)

Forvaltning	Økonomisk styring og administrasjon av drift og vedlikehold i et byggverk. (dibk, 2010)
Forvaltningskostnader	Kostnader som påløper bygningen uansett om den er i drift eller ikke. Dette er kommunale skatter og avgifter, forsikringer og administrasjon. (Bjørberg, et al., 2007)
Drift	Alle oppgaver og rutiner som er nødvendig for at et byggverk skal fungere som planlagt. (dibk, 2010)
Driftskostnader	Kostnader til løpende drift, renhold, vakt, sikring, energi. (Omfatter også løpende vedlikehold, skade og hærverk. (Bjørberg, et al., 2007)
Vedlikehold	Nødvendige tiltak for å opprettholde byggverket med de tekniske installasjonene på et fastsatt kvalitetsnivå. (dibk, 2010)
Vedlikeholdskostnader	Med vedlikeholdskostnader menes kostnader som er nødvendige for å opprettholde bygningen og de tekniske installasjoner på et fastsatt kvalitetsnivå, og dermed gjør det mulig å bruke bygningen til sitt tiltenkte formål innenfor en gitt brukstid. Kostnader som skal dekke standardheving skal betraktes som en investering og inngår i utviklingskostnadene. (Bjørberg, et al., 2007)
LCC	Livssyklus kostnader (Life Cycle Cost) er summen av investeringskostnad og alle kostnader til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling i bruksfasen av et bygg eller anlegg, fratrukket restverdi ved avhending. Alle offentlige byggeiere og byggherrer er pålagt å vurdere LCC i forbindelse med anskaffelser. (difi, 2016)
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
TEK10	Forskrift om tekniske krav til byggverk (Teknisk forskrift 2010)
SAK10	Forskrift om byggesak (Byggesak forskrift 2010)

1 Innledning

1.1 Oppgavens tema og aktualitet

Åpen Bygningsinformasjonsmodell (Open BIM - ISO 16739:2013) er en metode for å digitalisere informasjon i et byggeprosjekt. I praksis omhandler dette datasystemer som lager avanserte plantegninger, hvorav alle bygningselementene er inkludert. Modellen er tilgjengelig for alle de ulike aktørleddene i byggeprosessen, fra snekkere og flisleggere til byggherre, arkitekter, ingeniører og arealplanleggere. Gjennom forbedret kommunikasjon mellom de ulike byggeaktørene, spares det både tid, penger og miljø (Hansen, 2015).

Til tross for at BIM har eksistert i flere tiår, har ikke dets fulle potensiale blitt realisert i praksis. Slik Åpen BIM anvendes i dag, er intensjonen kun å forenkle planleggingen og utførelsen av byggeprosjekter. Grunnet manglene kompetanse om BIM blant eiendomsforvaltere, blir BIM-modellen anvendt i særs liten grad etter at bygget er ferdig prosjektert. Dette er en uheldig holdning da BIM-modellen inneholder viktig informasjon om bygget som er relevant når det gjelder forvaltning, drift og vedlikehold.

Trenden i dagens marked er at nye konstruksjoner dimensjoneres med lang levetid. Lengre levetid betyr lengre forpliktelser og mer usikkerhet. Økt levetid øker også potensielt betydningen av fremtidige FVD-kostnader, og er avhengig av organisasjonen sin «policy» og forvaltningsstrategi.

Selv om et bygg er dimensjonert for å vare i 100 år, betyr ikke det at vedlikehold ikke må påregnes. Til illustrasjon trenger bærende strukturer sjeldent omfattende vedlikehold. Dører, vinduer, våtrom, el-anlegg, ventilasjonsanlegg o.l. har derimot kortere levetid (enkelte har levetid på et par tiår) (Oslo kommune, 2012). Korrekt detaljplanlegging, tilsyn og oppfølging av de forskjellige byggekomponentene gjennom byggets levetid er derfor en nødvendighet dersom en skal ivareta et funksjonelt bygg gjennom hele dets dimensjonerte brukstid.

Oslo kommune, gjennom Undervisningsbygg, er forvalter av 178 skolebygg og ca. 750 bygninger fordelt over 1.4 millioner m², hvorav deres budsjett relatert til FDV er begrenset for husleiekontrakter signert før 2014. Utviklingskostnaden er ikke inkludert i disse FDV-budsjettene. Undervisningsbygg har fått avsatt midler i perioden 2016-2019 på ca. 1.9 milliarder kroner til å utvikle bygningsmassen i porteføljen deres. I skrivende stund sliter flere og flere Oslo-skoler med enorme vedlikeholdsetterslep (Salicath, 2014). En av årsakene til

dette er at husleien per kvadratmeter bygningsmasse er underbudsjetert i kommunal sektor, sett i sammenheng med reelt vedlikeholdsbehov og medfølgende kostnader. Grunnet stramt budsjett blir vedlikehold som favoriserer daglig operativ drift prioritert fremfor mer latente vedlikeholdsposter med kanskje større behov, men med mindre estetisk synlighet.

I rapporten State of the Nation (2015), utgitt av Rådgivende ingeniørers Forening, fremkommer det at Forsvarsbygg og Statsbygg har vært ledende forbilder innen bygg- anlegg- og eiendomsbransjen i offentlig sektor. Dette fordi de blant annet har tatt høyde for årlige vedlikeholdsbehov i sine leiekostnader. Rådgivende Ingeniørers Forening påpeker at også kommuner og fylker bør kunne ta lærdom å gjøre det samme. Det er også tilfeller der forvalter bruker unødvendig mye penger på vedlikehold like før ny eier overtar bygget.

Med en vedlikeholdsstrategi basert på «reaktivt vedlikehold» -prinsippet er det nærmest umulig å ligge i forkant av skjema, likeledes komme à jour. Dette gjelder både de økonomiske og praktiske aspektene av vedlikeholdet. Det er viktig å ta høyde for praktiske aspekter ved vedlikehold, så vel som økonomiske konsekvenser ved forsømt vedlikeholdstiltak.

En hypotese til underdekningen av vedlikeholdsposten hos eiendomsforvaltere er at dagens metode for FDV-kalkulasjoner ikke er tilstrekkelig. Dette fordi FDV-budsjettet ikke differensierer kostnadene mellom klasserom og spesialrom (våtrom/toalett/garderobe/kantine, osv.). Bestandighet, slitasje og miljøpåkjenninger som fukt og temperatursvingninger blir med andre ord ikke synlig nok med dagens metode.

1.2 Oppgavens problemstilling

Per i dag finnes det flere Åpen BIM-verktøy som utfører tids- og kostnadsestimater ved prosjektering av bygg. Enkelte verktøy tillater også brukeren å analysere livssyklus kostnader (LCC) (buildingSMART, 2015). Det finnes derimot ingen (kjente) fullverdige programvareverktøy tilknyttet Åpen BIM for estimering av tids- og kostnadsbruk (FDV-kostnader) gjennom et byggs forvaltningsperiode.

Jotne AS, et internasjonalt teknologifirma med kontorer i Norge, er leverandør av programvareutviklingspakker for BIM-løsninger i et bygd miljø basert på Åpen BIM-standarder –buildingSMART. De ønsker å få undersøkt nye potensialer i BIM, og om det gjennom en Åpen BIM prosess kan utarbeides bedre estimerte FDV-kostnadsberegninger gjennom hele byggets levetid sammenlignet med tradisjonell FDV-kostnadsberegning hvor erfaringsbaserte nøkkeltall anvendes. Nøkkeltallestimatene som er av interesse for oppgaven er; *renhold, planlagt vedlikehold og utskiftninger*. Dette begrunnes med at disse postene står for over 60% av de totale FDV-kostnadene, samt at disse postene vil påvirkes mest av produkt/materialvalg. Eksempelvis vil renholdskostnadene på et flisbelagt gulv differensieres fra et gulv belagt med linoleum.

Selve case-studiet i oppgaven omhandler Munkerud Skole, dets eksisterende nøkkeltall lagt til grunn for LCC-analysen, samt BIM-modellen av bygget. Munkerud skole er valgt da dette er en ny skole under oppføring. BIM-modellen anses derfor som representativ for tiden. De eksisterende nøkkeltallene som foreligger skal sammenlignes opp mot produktspesifikke tall fra utvalgte komponenter og produkter tegnet inn i enkeltrom i BIM-modellen. Hensikten er å undersøke om FDV-kostnaden per kvadratmeter blir forskjellig ved bruk av de to kalkulasjonsmodellene. Rommene som skal sammenlignes er avgrenset til ett klasserom, samt en garderobe med to tilknyttede toaletter. Argumentet for selekteringen er at det er ønskelig å undersøke både «vanlige» rom og spesialrom. Ved å se på vanlige rom og spesialrom, vil forskjeller med tanke på materialers bestandighet, slitasje i form av ulik bruk, vedlikeholdsbehov, samt miljøpåkjenninger forhåpentligvis kunne belyses.

Hovedproblemstillingen til oppgaven lyder derav som følger:

«Kan produktspesifikk informasjon hentet direkte fra en BIM-modell øke nøyaktigheten vedrørende FDV-kostnadsberegning, sammenlignet med tradisjonell beregningsmetode der nøkkeltall anvendes?»

1.3 Avgrensinger og videre fremstilling

I forbindelse med bygging av ny Munkerud Skole, skal det i tillegg til et skoleanlegg, bygges en flerbrukshall og en barnehage. Oppgaven avgrenses til kun å gjelde selve skolebygget da eie/leieforholdet ved skolen er forskjellig fra flerbrukshallen og barnehagen. Forskjellene gjelder spesielt bruksområde og kostnadsgrunnlag for husleie. Likevel er det et poeng å belyse at problemstillingen vedrørende detaljnivået i en FDVU-kalkulasjon er av relevans for alle typer byggverk gjennom hele levetiden.

Ettersom det finnes få nøkkeltall og lite historisk datagrunnlag for kostnader relatert til *utvikling*, avgrenses oppgaven ytterligere til kun å gjelde kostnader relatert til forvaltning, drift og vedlikehold, også omtalt som FDV-kostnader.

FDV-kalkulasjon er en omfattende og tidkrevende prosess der mye data skal gjennomgås og bearbeides. For å kunne belyse en eventuell forskjellen mellom FDV-kalkulasjon med nøkkeltallsinput (dagens metode) og FDV-kalkulasjon med input fra BIM-modellen, er det nødvendig å avgrense hvilke rom i skolebygget som skal analyseres for å gjøre regnestykkene så informative og nøyaktige som mulig. Dette omfatter spesielt kalkulasjonene som bygger på data fra BIM-modellen. Merk at dersom det hadde eksistert verktøy som støttet FDV-kalkulasjon i BIM, kunne beregninger for hele skolebygget ha blitt utført automatisk.

Dersom det eventuelt ikke finnes tilstrekkelig produktinformasjon i BIM-modellen, eller at entreprenøren ikke kan fremskaffe annen nødvendig FDV-dokumentasjon relevant for de nevnte rommene, vil informasjon fra lignende installasjoner og komponenter av andre leverandører bli benyttet. Der hvor dette eventuelt blir aktuelt, vil bli presisert i teksten.

Livssyklusen som legges til grunn er 25 år, ettersom dette tilsvarer leieperioden mellom Undervisningsbygg og Utdanningsetaten, jf. punkt 2.3 «leieavtalen». Investeringsregimet for øvrig sier at skoleanlegg skal ha en analyseperiode på 40 år jf. Forskrift om årsregnskap og årsberetning (for kommuner og fylkeskommuner) §8 (2000).

1.4 Struktur og disposisjon

Opgaven består av 11 kapitler fordelt på 4 seksjoner. Tabell 1-1 gjør rede for tematikken diskutert i de forskjellige seksjonene, samt hvilke kapitler som faller inn under hver enkelt seksjon.

Tabell 1-1 Rapportstruktur

Seksjon	Tematikk	Kapittel
I	<i>Innledning</i> med bakgrunn og formål med oppgaven.	1 og 2
II	<i>Teoretisk rammeverk</i> med relevant teori, eksisterende metoder og modeller	3,4,5,6,7
III	<i>Case-studie</i> med tilhørende analyser og resultat og diskusjon.	8
IV	Konklusjon, oppsummering, referanser og vedlegg	9, 10 og 11

Seksjon I

De første to kapitlene er ment som en innføring med den hensikt å gi leseren et overblikk over oppgaven, samt fastsette et rammeverk. Her inngår både oppgavens tema og relevans i dagens samfunn, forskningsspørsmålet, samt avgrensinger.

Seksjon II

For å kunne gi et tilfredsstillende svar på den valgte problemstillingen er det brukt både kvalitative- og kvantitative tilnæringsmetoder i oppgaven. Kapittel 3 til 7 danner det teoretiske rammeverket for oppgaven, og er basert på litteratursøk og empirisk forskning hvor data har blitt innhentet. Hensikten med denne seksjonen har vært å kartlegge dagens metode for estimering av FDV-kostnader, vedlikeholdsplanlegging, samt potensialet i prosessen- og verktøyet BIM/ Åpen BIM.

Seksjon III

I case-studiet har kvalitative vurdering av gjeldene metoder for FDV-kalkulasjoner blitt kombinert med en kvantitativ analyse av relevant byggingdata og eksisterende nøkkeltall for Munkerud Skole. I praksis innebærer dette at produktinformasjon lagret i den allerede velutviklet BIM-modell av Munkerud skole har blitt vurdert med tanke på om det også danner et tilstrekkelig grunnlag for FDV-kostnadsberegning. Der hvor produktinformasjonen i modellen ikke var tilstrekkelig, har respektive FDV-dokumenter fra produsent for gjeldene produkter blitt analysert. Det kvalitative datagrunnlaget har deretter blitt bearbeidet og vurdert.

Seksjon IV

Konklusjonen og oppsummeringen tar for seg suksessfaktoren vedrørende potensialet i en FDV-beregningsmetode basert på produktspesifikk informasjon tilgjengelig i en BIM-modell. Forbedringspotensialet, eventuelle feilkilder i oppgaven, samt eventuelt videre arbeid blir også diskutert her.

Kilder

Når det angår kildeinnhenting, har det blitt lagt vekt på å finne faglitteratur, bransjestandarder, lover, pensumlitteratur, forskningsartikler, masteroppgaver o.l. Typiske søkeord anvendt i litteratursøket har vært: BIM, Åpen BIM, Open BIM, FDV, LCC, kostnadsberegning, LCC-analyse, nøkkeltall, forvaltning, levetidsforlengelse, vedlikeholdsetterslep, vedlikeholdsbehov og Oslo kommune.

2 Munkerud Skole



Figur 2-1 Skisse av nye Munkerud Skole

2.1 Generelt

Munkerud Skole tilhører Bydel Nordstrand. Skolen ble oppført i 1959, og senere utvidet med paviljonger på midten av 1990-tallet. I 2009 hadde skolen 50 årsjubileum, og kort tid etter ble det bestemt at skolen skulle oppgraderes. Flere forslag ble lagt frem i tidlig fase, under er det listet opp et utvalg av konseptutvalgsutredningen:

- Beholde eksisterende bygningsmasse og gjennomføre mindre investeringer
- Rehabiliterer og utvide skolen, samt bygge en barnehage
- Bygge en ny skole med barnehage, samt liten flerbrukshall.

Alternativet som til slutt ble valgt, var rivning av eksisterende bygningsmasse og bygge en helt ny barneskole (1-7 trinn) med tilhørende barnehage og flerbrukshall (pwc, 2012). Barnehagen og flerbrukshallen vil ikke bli omtalt videre.

Skolen bygges i perioden 15.10.2014-29.01.2016 (18 mnd.), og tas i bruk 06.05.2016. Prøvedriftsperioden starter 09.05.2016 og varer til 05.05.2017.

2.2 Aktører

«... Veidekke Entreprenør har skrevet kontrakt med Undervisningsbygg Oslo KF om å bygge nye Munkerud skole på Nordstrand i Oslo. Kontraktssummen er på 224 millioner kroner ekskl. merverdiavgift. Totalentreprisen på ca. 7.500 m BTA omfatter bygging av ny barneskole med plass til 840 elever og 120 ansatte, samt et kroppsøvingsbygg delvis nedgravd i terreng. Rundt skolen skal det opparbeides flotte utomhusområder og tilstøtende adkomstveier skal oppgraderes» (Veidekke, 2013).

Undervisningsbygg er eier av tomten og skolen (byggherre). De ønsker effektive bygg og gode skoler, og er opptatt av at byggene har god kvalitet og er drifts- og vedlikeholdseffektive.

Utdanningsetaten med Avdeling for Skoleanlegg (ASA), er leietaker av Munkerud Skole. Sammen med HMS-seksjonen og EtatsHovedVernOmbudene (EHVO) er de opptatt av at skolen tilfredsstillende funksjonelle- og tekniske kravene som stilles, og at det bygges med lavest mulig levetidskostnad (Undervisningsbygg, 2011).

2.3 Leieavtalen

Leieforholdet mellom Undervisningsbygg og Undervisningsetaten er kontraktsfestet til 25 år med mulighet for forlengelse. Prisen på husleien kalkuleres etter prinsippet om kostnadstekkende husleie, og består av kapitalkostnader, avskrivning, innleiekostnader, samt utleiers kostnad til forvaltning, drift og vedlikehold. Den årlige leiesummen består derav av tre poster; *kapitalkostnad*, *FDV-leie* og *innvendig vedlikehold*. I tillegg til leien, betaler leietaker en forholdsmessig andel av eiendommens fellesutgifter og energiforbruk.

I leiekontrakten står det videre at «... Undervisningsbygg som utleier har ansvar for ytre vedlikehold og drift av bygningens faste tekniske anlegg. De skal også sørge for at bygningen med faste tekniske anlegg holdes i tilsvarende stand som ved avtaleinngåelse, eller bedre, dog slik at alminnelig slitasje må aksepteres av leietaker.

Likeledes påhviler det utleier å skifte ut tekniske anlegg når disse ikke lengre lar seg vedlikeholde på regningssvarende måte, det vil si når kostnadene knyttet til vedlikehold overstiger anskaffelseskostnadene ved å kjøpe nytt. Utleiers vurdering skal forelegges leietaker i god tid før utskiftning finner sted. Utleier skal føre regelmessig tilsyn med hele eiendommen.

Dersom utføring av vedlikehold medfører at hele eller deler av leieobjektet ikke kan anvendes etter sitt formål, (...), skal bruttoarealet som ligger til grunn for leien reduseres tilsvarende.

Leietaker (Undervisningsetaten) plikter å behandle så vel leieobjektet som eiendommen for øvrig med tilbørlig aktsomhet.

Leietaker har ansvar for drift og vedlikehold av de leide lokaler og faste tekniske anlegg (...). Utleier har ikke ansvar for vedlikehold eller utskiftning av innrettinger anbragt i lokalene av leietaker. Alt arbeid leietaker plikter å utføre, skal han foreta uten ugrunnet opphold, med normale intervaller i leieperioden og på en håndverksmessig god måte, jf. eventuelle FDV-dokumentasjon.

Leietakers vedlikeholdsplikt omfatter også skader etter innbrudd og/eller hærverk i leieobjektet. (...) Oppfyller ikke leietaker sine plikter vedrørende drift og vedlikehold, er utleier berettiget til, (...), å utføre drifts og vedlikeholdsarbeidene for leietakers regning.

(...) Leietaker blir erstatningsansvarlig for all skade eller mangler som skyldes ham selv eller folk i hans tjeneste, faste eller midlertidig tilsatte/engasjerte, elever samt fremleiere, kunder, leverandører og/eller andre personer som han har gitt adgang til eiendommen. Erstatningsplikten omfatter også utgifter som måtte følge av utrydding av utøy.

(...) Leietaker kan foreta endringer av leieobjektet etter skriftlig samtykke fra utleier. Dersom leietaker skal utføre og bekoste slik endring skal utleier sitt samtykke redegjøre for endringens konsekvenser for drift og vedlikehold av leieobjektet. Kostnadskonsekvensene skal reflektere prisnivået for FDV-kost. (...) Endringsarbeid tilfaller utleier etter endt leieperiode, med mindre utleier forlanger leieobjektet satt tilbake til sin opprinnelige stand» (Undervisningsbygg, 2012).

3 Ett byggverks livssyklus –fra konseptutredning til sanering

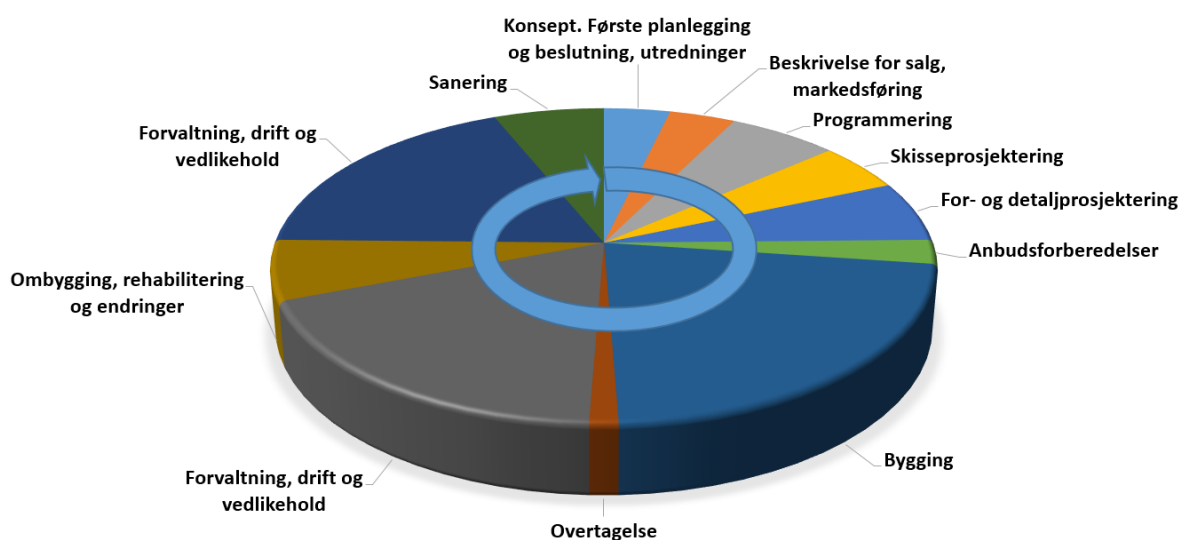
Proessen med å oppføre et nybygg eller utføre omfattende oppgraderinger på et eksisterende byggverk består av mange ulike faser. Tabell 3-1 illustrerer i enkelthet de forskjellige fasene av prosessen, fra konsept til sanering. Både produksjonstid og brukstid er variabler som vil variere med ulike typer byggeprosjekt.

Tabell 3-1 Byggeprosessen

Produksjon 3-5 år					Bruk 60+ år	
Tidlig fase		Prosjektering	Utførelse		Drift og vedlikehold	
Programmering	Forprosjektering	Detaljprosjektering	Montasje	Overtagelse	Garantitid	Vanlig drift

Kilde: (AktivHMS, 2016)

Rekkefølgen på de forskjellige fasene vil foregå skjematisk slik som illustrert. Likevel vil de i praksis overlappe hverandre noe og flyte litt sammen. Dette fordi ulike aktører (arkitekt, rådgivende ingeniører, tekniske konsulenter, underentreprenører osv.) har roller i flere forskjellige faser. Enkelte faser vil også bli repetert gjennom byggets livsløp slik som illustrert av figur 3-1.



Figur 3-1 Byggverkets livssyklus Kilde (Juliebø & Rolfsen, 2010)

3.1 Generell forklaring av de ulike fasene i en byggeprosess

Tabell 3-2 Detaljering av byggeprosessen (AktivHMS, 2016)

Tidlig fase		
Prosjektering 3-5 år	Programmering	<p>I programmeringsfasen (utredningsfasen) fastsettes byggets formål og kvalitetsnivå. Flere analyser gjennomføres, deriblant en funksjonsanalyse og en rom-analyse. Hensikten med disse analysene er blant annet å fastslå hvor store areal som trengs til de ulike aktivitetene underlagt byggets formål. Eksempelvis trenger man i et skolebygg å definere antall klasserom samt størrelse på klasserommene. I Oslo kommune er dette håndtert med en standardkrav spesifikasjon for skoleanlegg, samt standardisert arealprogram for standardiserte klassestørrelser jf. «Standard kravspesifikasjon for skoleanlegg» (Oslo kommune, 2016) Skolestørrelsen avhenger av behovet i området.</p> <p>Det må også tas stilling til eksempelvis grupperom, kantine, gymsal, musikkrom, omkleddingsrom osv.</p> <p>Etter at romprogrammet er utarbeidet, etableres et byggeprogram. Arkitekten lager deretter de første skissene av bygget. FDV-premissene inkluderes også i denne fasen.</p>
	Forprosjektering	<p>Under forprosjektering genereres arbeidstegninger med tilhørende korrekte dimensjoner. Praktiske beregninger av eksempelvis energiforbruk og ventilasjonsluftmengder blir også foretatt.</p> <p>Sammen med produktdokumentasjon på valgte tekniske løsninger skal det også fremlegges beregninger og vurderinger av investeringskostnader og FDV-kostnader.</p>

	Prosjektering	
	Detaljprosjektering	<p>I detaljprosjekteringsfasen lages det detaljerte byggetegninger.</p> <p>Disse tegningene inngår som del av anbudsgrunnlaget i en tilbudskonkurranse Etter kontrahering av entreprenør blir tegningene anvendt som monteringsveiledning for utførende håndverkere som skal reise bygget.</p>
	Utførelse	
	Montasje	Bygget bygges og alle dets tekniske installasjoner monteres.
Bruk 60+ år	Overtagelse	<p>Etter at bygget er reist, overleveres bygget fra entreprenør til byggets eier, jf. Bustadoppføringslova § 14 (1998).</p> <p>Overtagelse av nybygg skal normalt skje ved overtagelsesforretning. En overtagelsesforretning er et formelt møte mellom entreprenør og byggets eier. Agendaen for møte er å gjennomgå bygget. Eventuelle mangler iht. kontrakt skal logges og utbedres. Først etter at manglene er utbedret kan dato for overtagelse fastsettes. Ved formell overtagelse begynner reklamasjonsfristene å løpe.</p>
	Drift og vedlikehold	
	Garantitid	<p>Garantiavtaler varierer fra installasjon til installasjon og fra bygningskomponent til bygningskomponent. Byggets eier er ansvarlig for å ha kontroll på de forskjellige garantiperiodene. Dersom en installasjon eller bygningskomponent svikter innen dokumentert garantitid skal byggets eier få den utbedret uten ekstra kostnad.</p>

		Før installasjoner tas i bruk er det vanlig at de funksjonstestes. På den måten kan entreprenør/leverandør og byggets eier/forvalter være trygge på at vilkårene for garanti oppfylles. Likevel kan det være en utfordring for eier/forvalter dersom en delleverandør går konkurs, ettersom ulike type deler må være kompatible.
	Vanlig drift	Gjennom driftsfasen er det viktig å ivareta bygget på en best mulig måte. Vedlikehold er uunngåelig og må derfor påregnes og planlegges. Med periodiske intervaller bør det utføres tilstandsanalyser som danner grunnlaget for en vedlikeholdsplan.

4 FDV-dokumentasjon «Forvaltning, Drift og Vedlikehold»

4.1 Bakgrunn for FDV-dokumentasjon

Med befolkningsvekst og færre ledige utviklingstomter i tettstedene, er dreiningen fra utbyggingssamfunn til vedlikeholdssamfunn unnværlig. Offentlige og private tiltakshavere og bygningsforvaltere har derfor fått et økende fokus på forvaltning, drift og vedlikehold (FDV) og levetider for bygninger, konstruksjoner og anlegg gjennom en helhetlig livsløpstenkning (fra planlegging av nybygg til gjenbruk og sanering).

I byggeforskriften (2010), kjent som «TEK10», heter det at «alle bygg i Norge må tilfredsstille et minimumskrav av egenskaper for at det kan defineres som et lovlig byggverk. Veiledningen presiserer likevel at det er tillat, og ofte klokt, å prosjektere og bygge bedre enn minimumskravene».

Ved søknad om ferdigstillelse av byggverk har det siden 1.7.2010 jf. byggesaksforskriften, kjent som «SAK10», § 8-2, vært påkrevd at komplett FDV-dokumentasjon foreligger innen søknad om ferdigstillelse utstedes. Selve FDV-dokumentasjonen gis til byggets nye eier ved overtagelse. For å påse at FDV-dokumentasjonen er tilstrekkelig utført iht. myndighetskrav, skal byggets nye eier kvittere ved mottagelse. Kommunale myndigheter kan også utføre stikkprøver i løpet av byggets første 2 år for å kontrollere at tilstrekkelig sluttdokumentasjon er overlevert til bygget nye eier, jf. SAK 10 § 15-3 *Tidsavgrenset krav om tilsyn*.

4.2 Grunnleggende begreper

Nasjonalt er FDV et godt innarbeidet berget som ble standardisert allerede i 1985 gjennom utgivelsen av standarden NS 3454, *Livssyklus kostnader for byggverk - Prinsipper og klassifikasjon*. Siden den gang har standarden blitt revidert en rekke ganger, noe som igjen har ført til et bokstavinntog der intensjonen har vært å danne et mer helhetlig bilde av en livssyklus samt fornorske bransjeuttrykket *facilities management*. (Harridsleff, 2008).

Det originale FDV-begrepet er fremdeles knyttet til selve bygningen og dets tekniske installasjoner. Forvaltning-, drift- og vedlikeholdskostnader faller derfor under én og samme post (konti) på kontoplanen. En kontoplan er en liste med hovedposter og underposter som forteller hvor forskjellige kostnader skal plasseres. Kapitalkostnader er summen det koster å tilbakebetale investeringer og er definert som summen av prosjektkostnad (summen det koster å ferdigstille et byggverk) og restkostnad (summen det koster å rive et byggverk) (Juliebø & Rolfsen, 2010).

Facilities management (eller FDVUSP) er et engelsk uttrykk brukt av bygge- anlegg- og eiendomsbransjen i lang tid, både nasjonalt og internasjonalt. Uttrykket omfatter arbeidsoppgaver innen flere fagområder. Eksempler på fagområder kan være arealforvaltning, økonomistyring, drift- og vedlikeholdsarbeid, planlegging og prosjektstyring, organisering og ledelse, HMS-arbeid, kommunikasjon (dette kan omfatte post- og budtjenester, samt drift av IKT), innovasjon og kvalitetssikring (Juliebø & Rolfsen, 2010). Totalbegrepet FDVUSP omfatter altså *levetidskostnadene* til et byggverk.

Selv om levetidskostnader er høyst relevant for eiendomsforvaltere, avgrenses oppgaven til kun å gjelde FDV-kostnader. Dette fordi disse kostnadene som nevnt angår selve byggverket og dets tekniske installasjoner. Figur 4-1 viser hvordan Norge har tilnærmet seg det internasjonale konseptet facilities management (FM).



Figur 4-1 FDV-begrepets utvikling (Juliebø & Rolfsen, 2010)

4.2.1 Forvaltning (F)

Forvaltning kan forstås som styring eller administrasjon. I en FDV-sammenheng er forvaltning synonymt med *forvaltningskostnader*. Forvaltningskostnader er kostnader byggets eier må dekke uavhengig om bygget er i bruk eller ikke. Slike kostnader omfatter forsikringer, skatter, avgifter (vei, vann, avløp, strøm etc.) og administrasjonskostnader. Selv om enkelte av disse kostnadene vil øke dersom bygget er i drift, skal de likevel ses på som forvaltningskostnader.

4.2.2 Drift (D)

Drift omfatter alle oppgaver og gjøremål nødvendige for at et bygg med dets tilhørende tekniske installasjoner skal fungere slik som påtenkt. Dette omfatter alt fra renhold og utskiftning av forbruksmaterieil, til betjening og vedlikehold av tekniske installasjoner som omhandler vann, energi, ventilasjon, osv. Utgifter i forbindelse med løpende drift og ettersyn betegnes derav som *driftskostnader*, og omfatter ikke langsiktig, planlagt vedlikehold, se punkt 3.4.1.3 for vedlikeholdskostnader. Eksempelvis er lønn til renholdspersonell og vaktmester en del av driftskostnadene. Driftskostnader omfatter også løpende utgifter til skade og hærverk. Slike hendelser bærer ofte preg av nødvendige strakstiltak med tilhørende kostnader som er vanskelig å planlegge for (Juliebø & Rolfsen, 2010).

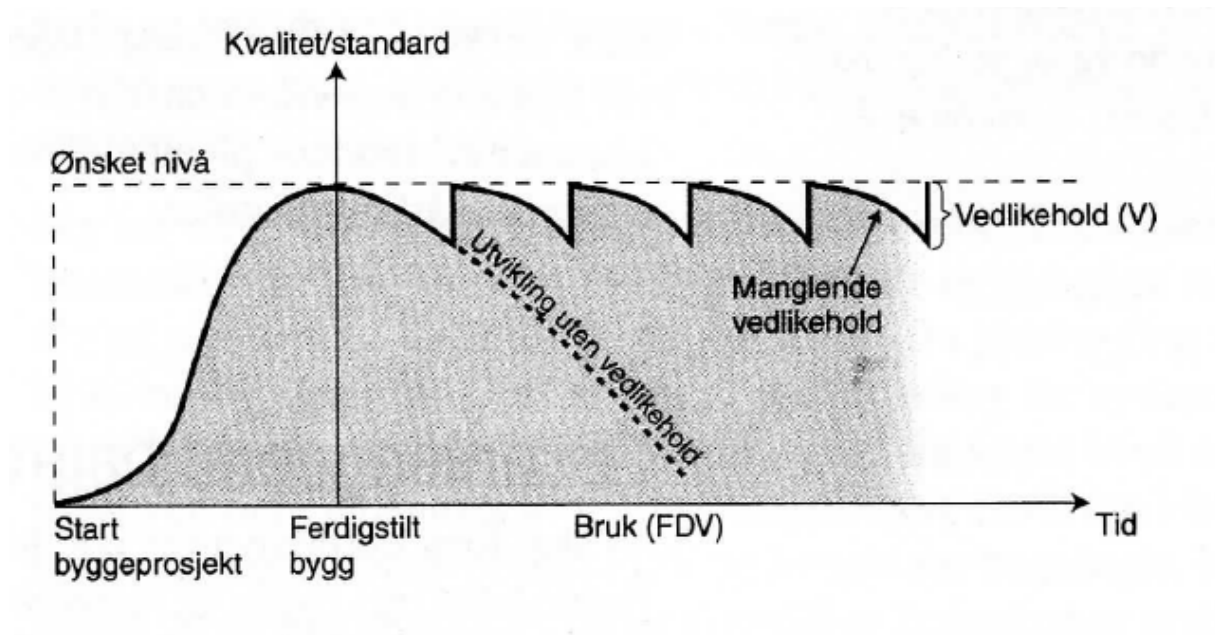
4.2.3 Vedlikehold (V)

Vedlikehold innebærer arbeid på bygningsmasse og tekniske installasjoner som er nødvendig for å opprettholde og ivareta et funksjons- og kvalitetsnivå gjennom byggets fastsatte driftsperiode. Utskiftning av bygningskomponenter (belysning, filtre, osv.) med kort levetid faller inn under vedlikehold. Dersom det foretas utskiftninger med intensjon om å bedre kvalitet, er dette å anse som en bygningsforbedring og faller derfor ikke inn under begrepet vedlikehold, men under *utvikling* (se punkt 3.4.1.4). *Vedlikeholdskostnader* er ifølge Juliebø og Rolfsen (2010) kostnader relatert til hva det koster å opprettholde kvaliteten på bygget på et fastsatt nivå (innkjøpspris på produkter som skal skiftes, samt lønn til personell som skal utføre jobben).

Det skilles mellom planlagt og periodisk vedlikehold og utskiftninger. Til illustrasjon er maling og utskiftning av bygningsdeler og komponenter med jevn og normal slitasje å anse som planlagt vedlikehold. Planlagt vedlikehold skjer som regel ved periodiske intervaller fastsatt i en *vedlikeholdsplan*. Handlingene i en vedlikeholdsplan baserer seg på funn gjort fra *tilstandsanalyser* (se punkt 6.1 og 6.3). Planlagt vedlikehold er et preventivt virkemiddel for å

forebygge skade, som igjen er med på å redusere driftskostnadene. Utskiftninger er nødvendig når bygningskomponenter og tekniske installasjoner har kortere levetid enn selve byggverket.

Figur 4-2 gir en forenklet skisse av hvordan vedlikeholdsnivået innvirker på en bygnings kvalitetsnivå over tid.



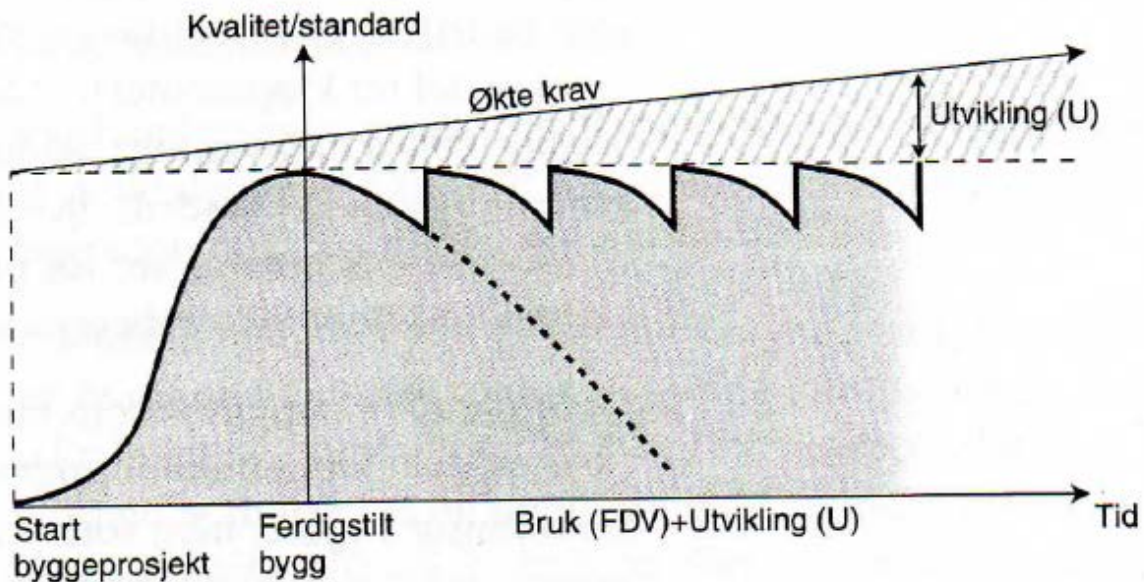
Figur 4-2 Utvikling med- og uten vedlikehold (Juliebo & Rolfsen, 2010)

4.2.4 Utvikling (U)

Utvikling innebærer oppgradering eller standardheving av bygningskomponenter slik at bygget får en høyere standard og ikke eldes gjennom driftsfasen. For at et bygg skal forbli moderne, må det naturligvis også inneha moderne installasjoner og funksjonskrav som ellers finnes på markedet. Kostnader som går med til oppgradering er å anse som tilleggskostnad til det generelle vedlikeholdet. *Utviklingskostnader* er ifølge Bjørberg, et al. (2007) kostnader som går med til å ivareta verdien av bygget over tid med tanke på nye forbruker-, markeds- og myndighetskrav, enten det gjelder utforming, komfort eller sikkerhet i form av standardheving fra utgangspunktet.

Med stadig strengere krav fra både byggeforskrifter og forbrukere er det essensielt at byggets eier prøver å holde tritt med bransjestandarden som kreves til enhver tid. Ved større vedlikeholdsarbeid er det derfor anbefalt å utvikle i tillegg til å vedlikeholde. Dersom dette mot

formodning ikke gjøres, vil differansen mellom byggets fysiske standard og utviklingspotensial øke i takt med byggets levetid slik som illustrert i figur 4-3. Det poengteres at hyppig oppgradering er synonymt med ineffektiv forvaltning. Dette fordi det er mer hensiktsmessig å ivareta en robust løsning med en gang, fremfor å oppgradere når anlegget har et stort utviklingspotensial



Figur 4-3 Et byggverks utviklingspotensial over tid (Juliebø & Rolfsen, 2010)

4.2.5 Service (S)

Service i denne konteksten omhandler oppgaver som må bli utført for at bruksfunksjonen til bygget skal bli ivaretatt. Service støtter altså oppunder kjernevirksomheten, men omfatter ikke oppgaver direkte relatert til eiendomsforvaltning (FDVU). For et skolebygg kan typiske *servicekostnader* gå til kantinedrift, resepsjons- og administrasjonstjeneste, transport av elever og IT-support (Bjørberg, et al., 2007).

4.2.6 Potensialet (P)

Potensialet til et byggverk vil si dets utviklingspotensial. Til illustrasjon kan utviklingspotensialet til et skolebygg eksempelvis være å bygge en flerbrukshall (gymsal) dersom de allerede ikke har dette fra før. Kostnader som faller under *potensialet* er altså kostnader relatert til realisering av byggverkets utviklingspotensial. Under denne posten faller også større ombygginger og rehabilitering innenfor samme funksjon. Ifølge Bjørberg, et al.

(2007) er denne posten å betrakte som en strategisk post for planlegging og budsjettering, og ved effektivering av arbeid vil kostnaden inngå som del av kapitalkostnaden.

4.3 Innholdet i en FDV-dokumentasjon

Kapittel 4 i TEK10 omhandler *dokumentasjon for forvaltning, drift og vedlikehold*. Tanken bak en FDV-dokumentasjon er å gi byggets eier og forvalter en «bruksanvisning» på hvordan bygget er satt sammen og hvordan forskjellige installasjoner fungerer. Dokumentasjonen er ment å gjelde for alle personer/personell som har, eller kommer til å få, en tilknytning til bygget gjennom driftsfasen. Dette omfatter samtlige av byggets forvaltnings-, drifts-, og vedlikeholdsoppgaver gjennom byggets levetid.

Følgelig må FDV-dokumentasjonen være detaljert og inneholde informasjon om alt fra renhold, ventilasjons-, elektro- og VVS-installasjoner, brannteknisk informasjon, strukturell informasjon, fargekoder på maling, servicer og garantier m.m. Dette slik at driftsansvarlige (kjøkkenpersonell, rengjøringspersonell, vaktmester, o.l.) samt håndverkere har tilstrekkelig opplysninger for å ivareta eller utføre endringer på en bygningsdel. Det samme angår arkitekter og ingeniører dersom det skal utføres konstruksjons- og fasadeendringer i løpet av byggets levetid.

Selv om «byggverk» er en fellesbetegnelse for alle typer bygg, betyr ikke dette at alle bygg stiller samme krav til detaljnivå i en FDV-dokumentasjon. Til illustrasjon kan det i en enebolig være relevant å vite hvor ofte man må rense takrenner, hvor ofte man må beise kledning, type overflatebehandling som anbefales på gulv og andre overflater, samt garantier, vilkår og serviceavtaler på tekniske installasjoner. På et skoleanlegg derimot er det kanskje viktigere å ha detaljert informasjon om heis, sentralfyring, sprinkleranlegg, levetid på lekeapparater o.l. Utbygger må derfor sette seg inn i byggets bruksområde og inkludere informasjon nødvendig for at byggets eier kan ivareta byggets funksjonalitet gjennom dets levetid. Utbygger må også ta høyde for hva slags informasjon som kan være av relevans dersom bygget skal bygges om, rehabiliteres eller at det forekommer en bruksendring (Byggtjeneste, 2011).

4.4 Når krav om FDV-dokumentasjon bortfaller

I TEK10 § 4-1 *Dokumentasjon for driftsfasen*, annet ledd, står det nedfelt at kravet om FDV-dokumentasjon bortfaller dersom; dokumentasjonen er av overflødig betydning for byggets driftsfasen. Det gis imidlertid rom for tolkning av ordlyden «overflødig». Til illustrasjon kan informasjon om isolasjon/mineralull bli karakterisert som overflødig i et FDV-perspektiv

ettersom isolasjonsmaterialet blir bygd inn i veggen allerede i prosjekteringsfasen (Byggtjeneste, 2011). Likevel er det nærliggende å tro at informasjon om anvendt isolasjon/mineralull kan være av betydning dersom bygget skal ombygges eller rehabiliteres gjennom driftsperioden. Dette fordi produktdatabladet anses relevant for ansvarlig prosjekterende og monteringsanvisning relevant for utførende part. Etter arbeidsmiljøloven § 4-5 (2006) stilles det i tillegg krav om at sikkerhetsdatablad er tilgjengelig på arbeidsplassen slik at håndverkere kan velge korrekt verneutstyr. Når slik informasjon en gang har tilhørt et bygg, gir det liten mening å forkaste det, for så å gjenskaffe det ved et senere tidspunkt. Ved mindre ombyggningsjobber kan det dessuten være et ønske om gjenbruk av materialer og dermed hensiktsmessig å ha original dokumentasjon for hånden.

4.5 Byggevareprodusenters FDV-ansvar og oppgaver

Med et økende fokus på FDV-dokumentasjon har også flere av byggevareprodusentene begynt å ta større ansvar. Der mange aktører fremdeles ser på FDV-dokumentasjon som kun en nødvendighet fra myndighetene, ser andre en mulighet til å styrke sitt produkt. Enkelte byggevareprodusenter tilbyr derfor i dag utfyllende produktokumentasjon utover hva som er påkrevd i TEK10, kapittel 3, *Dokumentasjon av produkter*. Slik tilleggsinformasjon omhandler gjerne egne erfaringer om eget produkt (antatt levetid, type rengjøringsmidler og rengjøringsmetode, vedlikeholdsinstruks og -intervall, monteringsanvisning, garantier etc., se vedlegg I for eksempel på en FDV-dokumentasjon fra byggevareprodusent) slik at byggets eier skal kunne forvalte produktet best mulig gjennom byggets driftsfase. Merk at innholdet i en FDV-dokumentasjon fra byggevareprodusenter vil variere fra produkt til produkt. Tekniske installasjoner har som regel et større behov for tilleggsinformasjon om manualer, koblingsskjemaer, feilsøkningsrutiner m.m. (Byggtjeneste, 2011).

4.6 Oppdatering av FVD-dokumentasjon

Som beskrevet i avsnitt 4.3, plikter den prosjekterende part å overlevere komplett FDV-dokumentasjon til byggets eier ved overtagelse, jf. TEK10 §4-1. Det fremgår imidlertid ikke noe krav fra verken TEK10 eller plan- og bygningsloven (jf. § 21-10, (2009)) om at byggets eier skal ha rutiner for forvaltning, drift og vedlikehold eller oppdatere FDV-dokumentasjonen gjennom driftsfasen etter hvert som det foretas endringer og utskiftninger på bygget

(Byggtjeneste, 2011). Ettersom endringer og utskiftninger er nødvendig tiltak for å kunne bevare en driftsperiode som tilsvarer byggets levetid, anbefales det likevel at byggets FDV-dokumentasjon oppdateres og holdes à jour slik at dokumentert informasjon stemmer overens med de faktiske bygningskomponenter oppført i bygget. Utdatert informasjon fungerer ikke bare som dødvekt eller mappefyll, det kan faktisk være direkte farlig fra et HMS-perspektiv dersom en utførende aktør beror sitt arbeid på feil produktinformasjon når han/hun skal foreta vedlikehold eller andre endringer.

Til illustrasjon er forekomst av asbest vanlig ved rehabilitering av eldre bygninger. Sitert Sverre Holøs, seniorforsker i Sintef Byggforsk, (Aftenposten, 2013) «er det nokså vanskelig å kjenne igjen asbest uten å vite noe særlig om det. Man må ta prøver og få mikroskopert det, men hvis man ikke vet hva man skal lete etter, er det vanskelig å vite hva man skal teste». Til teknisk ukeblad (2015) har Rolf Petersen, overlege på Slagelse Sykehus i Danmark, uttalt at det skal «svært lite eksponering til for å øke risikoen for lungehinnekreft». Faktisk kan asbest gi uhelbredelig kreft på bare to uker.

4.7 FDV i byggverkets livssyklus

I tillegg til å danne et best mulig dokumentasjonsgrunnlag for drift og vedlikehold, bør FDV-dokumentasjonen også inneholde opplysninger som kan være av relevans ved eventuelle endringer eller inngrep (utvikling) i bygningsdeler som påvirker bruksforutsetningene i løpet av byggets levetid. Slik informasjon kan omfatte betingelser, konsekvenser, og konstruksjonsmessige begrensninger (rømningsveier, brannceller, statiske beregninger o.l.) (Byggtjeneste, 2011).

Med et stadig økende krav til utforming og komfort, blir nødvendigvis byggverk også mer kompliserte. Til illustrasjon ble krav om *universell utforming* introdusert i 2009. Året etter, i TEK10, ble kravene skjerpet ytterligere. Hvilke krav til universell utforming som fremkommer av TEK17 gjenstår å se, men revisjon av standarden har skapt et stort engasjement ettersom standardisering anses som et viktig operativt verktøy for å oppnå et samfunn tilgjengelig og designet for bruk av alle (Standard Norge, 2015). Byggenæringens innspill til hvordan dagens regelverk kan forenkles og forbedres er med på å underbygge antagelsen om at kravet til universell utforming vil bli skjerpet nok en gang (dibk, 2015).

Med slike tilstramminger av regelverk, er det viktig at det allerede i prosjektfasen tas hensyn til oppgraderinger og/eller utvikling av et bygg. Dette fordi et byggs tilpasningsdyktighet til nye

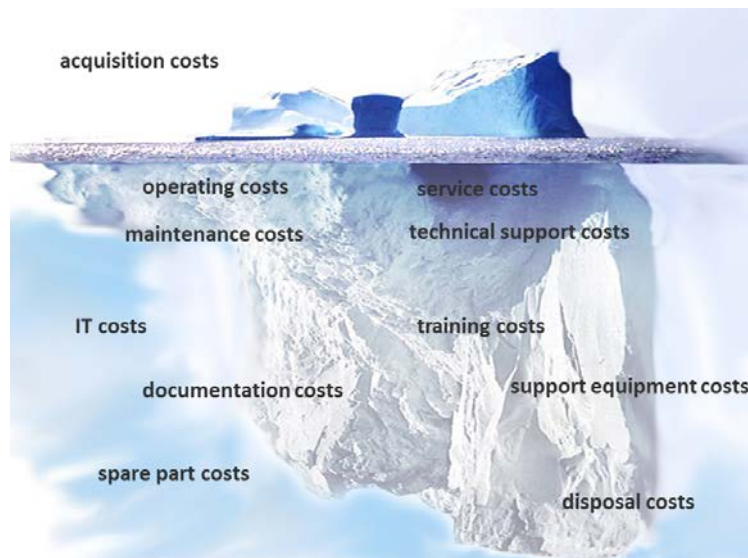
eller endrede krav relatert til tekniske innretninger, funksjonalitet, ombygging, o.l. vil være en viktig faktor for byggets kostnadseffektivitet gjennom driftsperioden. Ved anskaffelse av offentlige bygninger skal man i tillegg til å hensyn til universell utforming, også vektlegge livssyklus kostnader og miljømessige konsekvenser, jf. § 3-1 i *Forskrift om offentlige anskaffelser* (2007).

5 Livssyklus kostnader (LCC)

5.1 Generelt

En analyse av livssyklus kostnader (fra det engelske uttrykket «Life Cycle Cost» ofte forkortet LCC, også på norsk) derav LCC-analyse, er ansett som et av de viktigste verktøyene dersom en ønsker å oppnå best mulig verdi/avkastning på investerte midler. Dette fordi analysen baserer seg på konsekvensvurderinger av forskjellige alternativer slik at en kan velge løsninger som gir en kostnadseffektiv balanse mellom FDV-kostnader og kapitalkostnader. I tillegg vil en LCC-analyse redusere sannsynligheten for feil og tap av bygningsfunksjonalitet i en tidlig fase. I følge Bjørberg, et al (2007) er «konseptet bak livssyklus – kostnadsanalyser å danne et helhetlig bilde av et produkts livssyklus». Dette er i harmoni med filosofien bak Facility Management» introdusert tidligere.

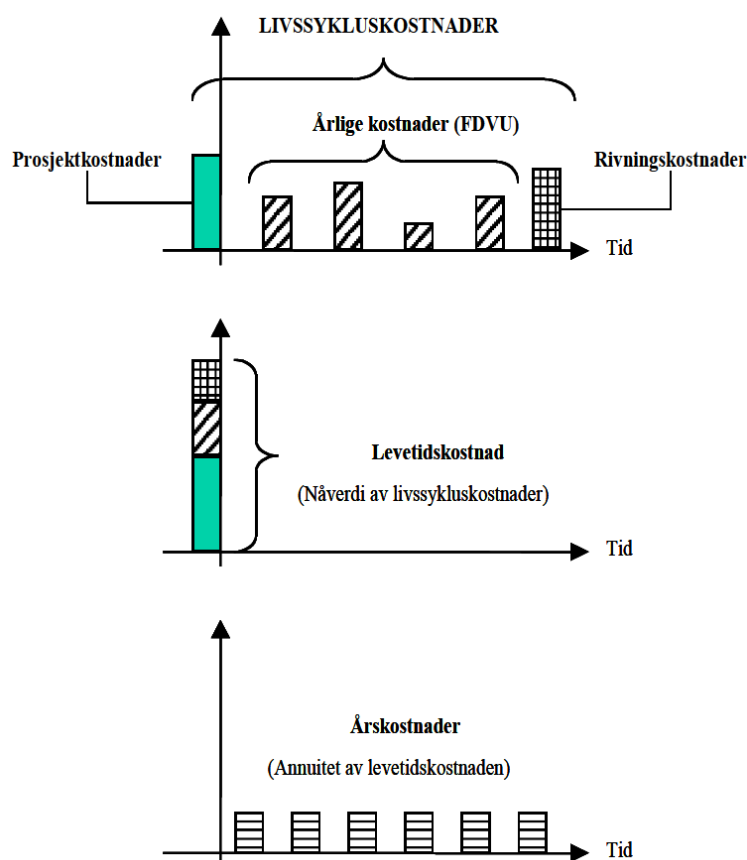
Omfanget av en LCC-analyse illustreres ofte med isfjell, der kostnadene over havoverflaten er enkle å finne, mens livsløpskostnadene under havoverflaten er flere i antall og kompliserte å estimere. Dette er illustrert av figur 5-1.



Figur 5-1 Kompleksiteten av en LCC-analyse illustrert som et isfjell.

5.2 Definisjoner

NS 3454 *Livssyklus kostnader for byggverk. Prinsipper og struktur* (2013), definerer forholdet mellom livssyklus kostnader, årlige kostnader, levetidskostnad og årskostnader. Den fastlegger også kontoplanen med hoved- og underposter. Livssyklus kostnader (LCC), utgjør altså summen av kapitalkostnader + FDVU + avskrivning + restverdi, der restverdien trekkes fra verdi i eiendommen når anlegget rives. Sammenhengen mellom prosjektkostnader, årlige kostnader, livssyklus kostnad, levetidskostnad og årskostnader er illustrert i figur 5-2.



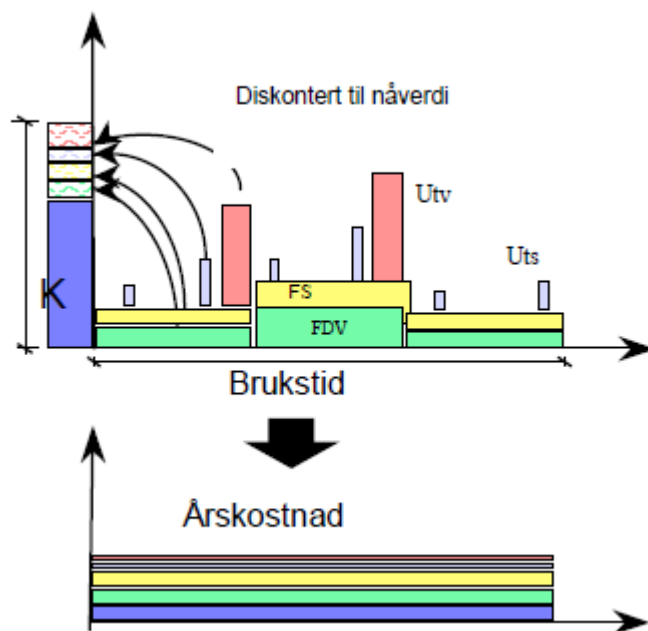
Figur 5-2 De ulike kostnadsbegrepene. (Multiconsult, 2007)

Levetidskostnad er definert som summen av kapitalkostnader og nåverdien av alle FDVU-kostnader gjennom brukstiden, ekskludert *restkostnad*. I praksis betyr dette alle nødvendige investeringer som byggets eier må foreta i nær fremtid (kapitalkost) samt forvaltnings- drifts og vedlikeholdskostnader (FDV) som påberegnes over en lengre tidsperiode, gjerne gjennom hele byggets levetid. (U er ikke inkludert i denne oppgaven da det er en bygningsbundet post. Per dags dato finnes heller ikke gode nok nøkkeltallmaterialer for skoleanlegg, jf. Bjørberg, et al (2007)).

Restkostnad er summen det koster å sanere bygget etter endt levetid. *Årskostnader* er *levetidskostnader* annuitetsfordelt gjennom hele brukstiden på bygget. Årskostnadene skal dekke renter på lån, avskrivninger på kapital (og inventar), samt årlige FDV-kostnader. Forskjellen på *årskostnader* og *årlige kostnader*, er at årskostnadene representerer kostnader per år gitt over lengre tid (annuitet), mens årlige kostnader er faktiske kostnader som påløper årlig i løpet av bruks/levetiden (Juliebø & Rolfsen, 2010).

Argumentet for å bruke annuitet, er at fremtidig kroneverdi kan forventes å være mindre verdt enn i fremtiden sammenlignet med dagens verdi grunnet inflasjon. Det er først når man samler og omregner alle kronebeløp til et felles tidspunkt at man kan sammenligne de forskjellige investeringsalternativene. På fagspråket heter denne omregningsprosessen *diskontering*. Faktoren som konverterer fremtidig kroneverdi til dagens kurs, kalles *diskonteringsfaktor*. Diskonteringsfaktoren tar høyde for realrente, altså prisen det koster å låne penger. I praksis innebærer diskonteringsrenten en risikofri rente pluss et avkastningskrav.

Figur 5-3 illustrerer hvordan levetidskostnaden, lagt ut som annuitet, danner grunnlaget for årskostnaden.

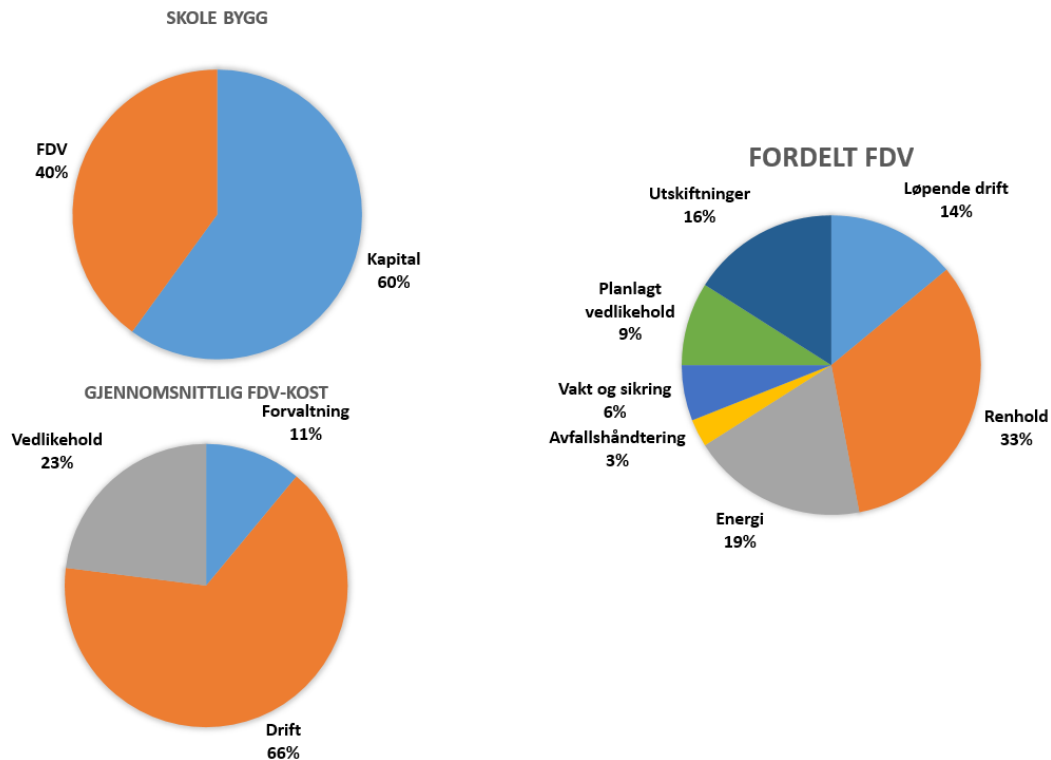


Figur 5-3 Årskostnader (NS 3454 "Livssyklusluskostnader for byggverk - Prinsipper og klassifisering", 2013)

Ettersom *livssyklus* kostnader er forbundet med valg av forskjellige produktløsninger, vil løsningenes kostnader på lang sikt gi grunnlag for økonomisk vurdering der formålet er å se hvorvidt det kan spares på driftssiden (FDV-kostnader) sammenlignet med kapitalutlegg. Hovedmålet med en LCC-analyse er i utgangspunktet ikke å minimere års- og livssyklus kostnadene for et bygg, men snarligere å synliggjøre konsekvensene av de valgalternativene en står overfor. En tommelfingerregel er likevel at det lønner seg å satse på løsninger med god kvalitet og lang levetid.

Det er den prosjekterende- og utførende parts oppgave å fremlegge kostnadskonsekvensene for de løsningsalternativene som vurderes. Byggherren/ byggets eier har imidlertid myndighet til å velge de alternativene han selv ønsker. Prosjektgruppen må i tillegg forstå LCC, for at sammenligning og anbefaling av alternativ skal fungere tilstrekkelig i praksis.

Ved nybygg eller omfattende vedlikeholds- og utviklingsarbeid burde det allerede i planleggingsfasen lages en oversikt over drifts- og vedlikeholdskostnader basert på de forskjellige løsningsalternativene. Ved å planlegge for FDV-kostnader kan en forvente store reduksjoner av de årlige kostnadene, noe som igjen vil resultere i reduserte kostnader gjennom hele byggets levetid. Figur 5-4 viser fordelingen av levetidskostnader mellom kapital og FDV. Tallene er hentet fra rapporten «Livssyklus kostnader for bygninger» hvorav Bjørberg, et al. (2007), igjen har hentet dem fra erfaringstall. Tallene baserer seg på 7% kalkylerente og strekker seg over 60 år.



Figur 5-4 Estimert fordeling av FDV-kostnader for skolebygg (Bjørberg, et al., 2007)

Som det fremkommer av illustrasjonen ovenfor, utgjør «løpende utgifter», «renhold» og «energi» 66% av FDV-kostnadene. Fra et investeringsperspektiv er det derfor naturlig å fokusere mest på disse kostnadene. Dersom man ønsker en dypere og mer detaljert analyse av FDV-kostnadene, bør «renhold» og «energi» prioriteres da disse igjen utgjør de største utgiftspostene tilhørende driftsposten. Eksempelvis kan en ifølge Bjørberg, et al. (2007) oppnå en årlige drifts- og vedlikeholdsbesparelse på inntil 300.000 kr på en 2000 m² bygning dersom en tar bevisste valg og forutsetninger legges til rette.

5.3 Kalkulasjonsmodell

I henhold til NS 3454, (2013) er levetidskostnaden K , definert av følgende formel:

$$\text{Likning 1)} \quad K = K_0 + \sum_{t=1}^T [(1+r)^{-t} \times FDV_t] - R(1+r)^{-T}$$

Der:

- (K_0) er prosjekteringskostnad
- $\sum_{t=1}^T [(1+r)^{-t} \times FDV_t]$ er neddiskontert verdi av kostnader til forvaltning, drift og vedlikehold (FDV)
- (R) er restverdi/saneringskost
- Negativ R benyttes ved sanering
- Positiv R benyttes ved salg
- (r) er renten av låst kapital. Dvs. prisen det koster å ikke ha muligheten til å investere i andre alternativer, altså bundet kapital til en fysisk investering.
- (t) er en kostnadsvariabel gjennom brukstiden (T)
- (T) representerer også bindingsverdien av låst kapital over tidshorisonten frem til salg eller sanering.

Årskostnaden, $\dot{A}K$, altså nåverdien av levetidskostnaden annuitetsfordelt, finner en ved å multiplisere levetidskostnaden, K , med en annuitetsfaktor, b .

$$\text{Likning 2)} \quad \dot{A}K = K \times b \quad \text{Der: } b = \frac{r}{1-(1+r)^{-T}}$$

Annuitetsfaktoren b , kan den eventuelt hentes ut fra en annuitetsfaktortabell slik som illustrert av tabell 5-1.

Tabell 5-1 Annuitetstabell

<i>n</i> år	Rente, r							
	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %
1	1,0300	1,0400	1,0500	1,0600	1,0700	1,0800	1,0900	1,1000
2	0,5226	0,5302	0,5378	0,5454	0,5531	0,5608	0,5685	0,5762
3	0,3535	0,3603	0,3672	0,3741	0,3811	0,3880	0,3951	0,4021
4	0,2690	0,2755	0,2820	0,2886	0,2952	0,3019	0,3087	0,3155
5	0,2184	0,2246	0,2310	0,2374	0,2439	0,2505	0,2571	0,2638
6	0,1846	0,1908	0,1970	0,2034	0,2098	0,2163	0,2239	0,2296
7	0,1605	0,1666	0,1728	0,1791	0,1856	0,1921	0,1987	0,2054
8	0,1425	0,1485	0,1547	0,1610	0,1675	0,1740	0,1807	0,1874
9	0,1284	0,1345	0,1407	0,1470	0,1535	0,1601	0,1668	0,1736
10	0,1172	0,1233	0,1295	0,1359	0,1424	0,1490	0,1558	0,1627
15	0,0838	0,0900	0,0963	0,1030	0,1098	0,1168	0,1241	0,1315
20	0,6270	0,0736	0,0802	0,0872	0,0944	0,1019	0,1095	0,1175
25	0,0574	0,0640	0,0710	0,0782	0,0858	0,0937	0,1018	0,1102
30	0,0510	0,0578	0,0651	0,0726	0,0806	0,0888	0,0973	0,1061
40	0,0433	0,0505	0,0583	0,0665	0,0750	0,0839	0,0930	0,1023
50	0,0389	0,0466	0,0548	0,0634	0,0725	0,0817	0,0912	0,1009
60	0,0361	0,0442	0,0528	0,0619	0,0712	0,0808	0,0905	0,1003

5.4 Beregningsnivåer

Formelen som fremkommer av likning 1 legges alltid til grunn ved en LCC-analyse. Likevel kan kalkyler utføres på flere forskjellige beregningsnivåer avhengig av formål og prosjektfase. Avgjørende for kalkylen er mengde tilgjengelig informasjon og ønsket detaljeringsgrad. Tabell 5-2 er et utdrag fra NS 3454, kapittel B2.2 – Standardposter for LCC, og illustrer hvordan utgiftspostene kapitalkostnader og FDV-kostnader kategoriseres med hovedposter og underposter.

Tabell 5-2 Inndeling av kostnader etter NS3454

1	Kapitalkostnader	3	Driftskostnader	4	Vedlikeholdskostnader
11	Prosjektkostnader	31	Løpende drift	41	Planlagt vedlikehold
12	Restkostnad (riving)	32	Renhold	42	Utskiftinger
		33	Energi	47	Utendørs
2	Forvaltningskostnader	34	Vann og avløp		
21	Skatter og avgifter	35	Avfallshåndtering		
22	Forsikringer	36	Vakt og sikring		
23	Administrasjon	37	Utendørs		

5.4.1 Nivå 1: Grovtallsnivå

LCC-analyser på grovtallsnivå benyttes gjerne helt i starten av en prosjektfase der lite er fastsatt og tilgjengelig informasjon er minimal. Grovdata som er kjent i dette stadiet begrenser seg som regel til hva som fremkommer i entreprisen, dvs. type bygning, formål for bygning, byggets areal, geografisk lokasjon, forventet levetid etc. Basert på entreprisekostnad er det mulig å grovt estimere FDV-kostnader. Sammen med investeringskostnaden (entreprisekost) og FDV-kost er det mulig å beregne antatt levetidskostnad og tilhørende årskostnad lagt ut som annuitet. Beregninger på nivå 1 er lite brukt grunnet usikkerheten i estimatene (Bjørberg, et al., 2007).

5.4.2 Nivå 2: Nøkkeltallsnivå

Beregninger på nivå 2 utføres også innledningsvis i prosjektfasen. Likevel må de gjøres på et noe senere tidspunkt enn hva som er mulig for nivå 1. Dette fordi en må være kjent med byggets ønskede kvalitet, materialvalg, type tekniske anlegg, energiløsninger m.m. Ved hjelp av erfaringsbaserte nøkkeltall er det mulig å gi et forholdsvis godt estimat på fremtidige FDV-kostnader på to-siffer-nivå (Bjørberg, et al., 2007). Oslo kommune har utarbeidet en felles kravspesifikasjon med nøkkeltall som skal anvendes ved beregning av livssyklus-kostnader ved deres bygg. Tabell 5-3 viser utvalgte nøkkeltall for skoleanlegg i Oslo kommune. På samme måte som i nivå 1, utgjør de totale FDV-kostnadene og investeringskostnaden grunnlaget for levetidskostnad med tilhørende total årskostnad.

Tabell 5-3 Nøkkeltall for skoleanlegg i Oslo kommune (Oslo kommune, 2012)

Nøkkeltall for skoleanlegg i Oslo kommune			
Post	Normtall	Enhet	Beløp
21	Skatter og avgifter	Kr/kvm	0
22	Forsikring	Kr/kvm	57
23	Administrasjon	Kr/kvm	40
31	Løpende drift	Kr/kvm	155
31	Tilleggskostnader	Kr/kvm	-
32	Renhold	Kr/kvm	105
33	Elektrisk energi	Kr/kvm	155
33	Termisk energi	Kr/kvm	-
34	Vann- og kloakkavgift	Kr/kvm	15
35	Avfall	Kr/kvm	10
36	Vakt og sikring	Kr/kvm	10
37	Utendørskostnader	Kr/kvm	10
41	Planlagt vedlikehold	Kr/kvm	125
42	Utskifting	Kr/kvm	85
47	Utendørs vedlikehold park/asfalt	Kr/kvm	10
47	Utendørs vedlikehold beplantning	Kr/kvm	-
51-53	Normtall utvikling	Kr/kvm	-
57	Normtall utvikling utendørs	Kr/kvm	-
71-72	Kost administrasjon og resepsjon	Kr/ansatt	-
73	Kost kantine	Kr/bruker	-
74-78	Kost støttetjenester (møbler, post, tele, kopi, rekvisita)	Kr/bruker	-
23	Administrasjon	Kr/kvm	-
31	Løpende drift	Kr/kvm	-
7x	Hentes primært fra virksomhetskostberegning		-

5.4.3 Nivå 3: Bygningsdelsnivå

Dersom en LCC-kalkyle er basert på bygningsdetaljer, forutsettes det at alle bygningsdelsdetaljene er kjent og kan legges til grunn. Eksempelvis er investeringskostnad, forventet levetid, vedlikeholdsintervall og vedlikeholdskostnad detaljer av interesse. En analyse på dette nivået gir en utfyllende konsekvensutredning av investeringsvalget for hver enkelt bygningsdel. Ettersom bygningsdeler analyseres enkeltvis, kan mengdeberegninger av eksempelvis etasjer, seksjoner og enkeltrom utredes med enkelthet. Dette gir et tilnærmet korrekt kostnadsbilde av FDV-kostnadene som påløper gjennom byggets levetid (Bjørberg, et al., 2007). TEK10 stiller ikke krav til FDV-dokumentasjon vedrørende tid mellom vedlikeholdsintervall eller forventet levetid på produkter, noe som er en stor ulempe sett i sammenheng med denne beregningsmodellen.

En LCC-analyse på nivå 3 kan benyttes i alle faser av bygget, fra prosjektering til bygging og drift. På lik måte som i nivå 1 og 2, danner investeringskostnader og FDV-kostnader grunnlaget for levetidskostnad med tilhørende total årskostnad.

5.5 Kalkulasjonseksempel - Nivå 2: Nøkkeltallnivå

Følgene eksempel er ment å illustrere hvordan man kan beregne levetidskostnader og årskostnader basert på fastsatte nøkkeltall. Bygget det regnes på er Munkerud Skole. Tall vedrørende areal og prosjektpris er hentet fra Veidekke (2016). Nøkkeltallene for FDV-kostnadene er hentet fra tabell 5-3 «Nøkkeltall for skolebygg i Oslo Kommune». Levetiden er skjønnsmessig/kvalitativt estimert basert på erfaringstall og levetider angitt i NS-standarder/byggeforskrifter. Utviklingskostnadene er igjen utelatt da det ikke eksisterer konkrete nøkkeltall for dem.

Forutsetninger:

Byggets levetid:	40 år
Byggets areal (BTA):	7500m ²
Kapitalkostnad (Prosjektpris):	224 MNOK eks. MVA
2 Forvaltningskostnader:	
21 Skatter og avgifter	0 kr/m ² /år

22 Forsikring	57kr/m ² /år
23 Administrasjon	40kr/m ² /år

3 Driftskostnader:

31 Løpende drift	155 kr/m ² /år
32 Renhold	105 kr/m ² /år
33 Energi	155 kr/m ² /år
34 Vann og avløp	15 kr/m ² /år
35 Avfallshåndtering	10 kr/m ² /år
36 Vakt og Sikring	10 kr/m ² /år
37 Utendørs	10 kr/m ² /år

4 Vedlikeholdskostnader

41 Planlagt vedlikehold	125 kr/m ² /år
42 Utskiftinger	85 kr/m ² /år
47 Utendørs	10 kr/m ² /år

Kalkulasjonsrente 6 %

Restkost/verdi forenkles til 0 kr

Formelen for levetidskostnad: $K = K_0 + \sum_{t=1}^T [(1+r)^{-t} \times FDV_t] - R(1+r)^{-T}$

Basert på forutsetningene over, utgjør samlede FDV-kostnader: $0 + 57 + 40 + 155 + 105 + 155 + 15 + 10 + 10 + 10 + 125 + 85 + 10 = 777$ kr/m²/år. Ettersom skolestart- og slutt er i juli, er første- og siste husleie halvert. FDV-kost for de respektive årene utgjør dermed $777/2 = 388$ kr/m²/år.

Forenklet formel for levetidskostnad: $K = K_0 + \sum_{t=1}^T [(1+r)^{-t} \times FDV_t]$

$$K = 224.000.000 + \left(\frac{388}{1,06^1} + \frac{777}{1,06^2} + \frac{777}{1,06^3} + \dots + \frac{388}{1,06^{40}} \right)$$

$$K = 224.000.000 + (11.286) = 224.011.286 \text{ kr}$$

$$K = \frac{224.011.286 \text{ kr}}{7500\text{m}^2} \quad K \approx 30.000 \text{ kr/m}^2$$

Årskostnaden, ÅK, utgjør da:

$$\text{ÅK} = K \times b \quad \text{Der: } b = \frac{r}{1-(1+r)^{-T}}$$

$$\text{ÅK} = 30.000 \times \frac{0,06}{1 - (1,06)^{-40}}$$

$$\underline{\text{ÅK} = 1.994 \text{ kr/m}^2}$$

5.6 Kalkulasjonseksempel - Nivå 3: Bygningsdetaljnivå

Som illustrert tidligere, utgjør driftskostnadene om lag 66% av de totale FDV-kostnadene for et bygg, mens vedlikeholdskostnadene utgjør ca. 23%. Av driftskostnadene er det renhold som veier størst med tilnærmet 33% av budsjettet. Hensikten med dette eksempelet er å belyse de økonomiske aspektene ved valg av gulvbelegg.

Gulvarealet som skal analyseres i dette eksempelet, er korridorene/gangene på Munkerud skole. Det totale gulvarealet utgjør 1000m². Total nødvendig levetid på gulvet er det samme som skolen i forrige eksempel, dvs. 60 år. Valg av gulvbelegg står mellom linoleum og keramiske fliser. Driftsbesparelsen kalkuleres per år.

I tabell 5-4 er det listet opp forutsetningene som vil påvirke årskostnadene for begge alternativene. Utvalgte nøkkeltall er delvis hentet fra Byggforskserien nr. 571.508 «Keramiske fliser - typer og egenskaper» (SINTEF, 2008) og prosjektrapport 283-2000 «Linoleum gulvbelegg- egenskaper, vedlikehold og innemiljø» (SINTEF, 2000). Resterende tall og oppsettet på regnestykket er hentet fra RIFs dokument «Livssyklus-kostnader for bygninger» (2007).

Tabell 5-4 Produktspesifikk informasjon om linoleum og keramiske fliser

	Linoleum	Keramiske fliser
Investeringskost	200 kr/m ²	600 kr/m ²
Forventet levetid	30 år	60 år
Renholdskost	120 kr/m ²	150 kr/m ²
Kost for planlagt vedlikehold	80 kr/m ² /intervall	120 kr/m ² /intervall
Vedlikeholdsintervall	15 år	30 år
Kost ved utskifting	250 kr/m ²	-
Intervall mellom utskifting	30 år	-
Realrente	6%	6%

Kalkulasjonen er utført med tall hentet fra tabell 5-1 «annuitetsfaktor», tabell 5-6 «diskonteringsfaktor», og tabell 5-7 «invers annuitetsfaktor»

Tabell 5-5 LCC-beregning av linoleum og keramiske fliser

Utgiftspost	Intervall	Kostnad kr/m ²	Beregningsfaktorer			Keramiske fliser kr/m ²	Linoleum kr/m ²
			Diskonteringsfaktor	Invers annuitetsfaktor	Annuitetsfaktor		
Investeringskost	-	-	-	-	-	600	200
Kost for planlagt vedlikehold	15 år	80	0,4173	-	-	-	33
	30 år	120	0,1741	-	-	21	-
	45 år	80	0,0727	-	-	-	6
Utskifting	30 år	250	0,1741	-	-	-	44
Renhold	Keramiske fliser	-	150	-	16,1614	-	2424
	Linoleum	-	120	-	16,1614	-	1939
Nåverdi						3045	2222
Årskostnad					0,0619	188	138

Som det fremkommer av regnestykket i tabell 5-5, er det en besparelse på 50 kr/m² over en levetid på 60 år. Driftsbesparelsen per år utgjør dermed:

$$1000 \text{ m}^2 * 50 \text{ kr/m}^2 = \underline{50.000 \text{ kr}}$$

Tabell 5-6 Diskonteringsfaktor

Tid	Rente							
	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %
1	0,9709	0,9615	0,9524	0,9434	0,9346	0,9259	0,9174	0,9091
2	0,9426	0,9246	0,9070	0,8900	0,8734	0,8573	0,8417	0,8264
3	0,9151	0,889	0,8638	0,8396	0,8163	0,7938	0,7722	0,7513
4	0,8885	0,8548	0,8227	0,7921	0,7629	0,7350	0,7084	0,683
5	0,8626	0,8219	0,7835	0,7473	0,7130	0,6806	0,6499	0,6209
6	0,8375	0,7903	0,7462	0,7050	0,6663	0,6302	0,5963	0,5645
7	0,8131	0,7599	0,7107	0,6651	0,6227	0,5835	0,5470	0,5132
8	0,7894	0,7307	0,6768	0,6274	0,5820	0,5403	0,5019	0,4665
9	0,7664	0,7026	0,6446	0,5919	0,5439	0,5002	0,4604	0,4241
10	0,7441	0,6756	0,6139	0,5584	0,5083	0,4632	0,4224	0,3855
15	0,6419	0,5553	0,4810	0,4173	0,3624	0,3152	0,2745	0,2394
20	0,5537	0,4564	0,3769	0,3118	0,2584	0,2145	0,1784	0,1486
25	0,4116	0,3751	0,2953	0,2330	0,1842	0,1460	0,1160	0,0923
30	0,412	0,3083	0,2314	0,1741	0,1314	0,0994	0,0754	0,0573
35	0,3554	0,2534	0,1813	0,1301	0,0937	0,0676	0,0490	0,0356
40	0,3066	0,2083	0,1420	0,0972	0,0668	0,0460	0,0318	0,0221
45	0,2644	0,1712	0,1113	0,0727	0,0476	0,0313	0,0207	0,0137
50	0,2281	0,1407	0,0872	0,0543	0,0339	0,0213	0,0134	0,0085
55	0,1968	0,1157	0,0683	0,0406	0,0242	0,0145	0,0078	0,0053
60	0,1697	0,0951	0,0535	0,0303	0,0172	0,0099	0,0057	0,0033

Tabell 5-7 Invers annuitetsfaktor

Tid	Rente							
	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %
1	0,9709	0,9615	0,9524	0,9434	0,9346	0,9259	0,9174	0,9091
2	1,9135	1,8861	1,8594	1,8334	1,8080	1,7833	1,7591	1,7355
3	2,8286	2,7751	2,7232	2,6730	2,6243	2,5771	2,5313	2,4869
4	3,7171	3,6299	3,5460	3,4651	3,3872	3,3121	3,2397	3,1699
5	4,5797	4,4518	4,3295	4,2134	4,1002	3,9927	3,8897	3,7908
6	5,4172	5,2421	5,0757	4,9173	4,7665	4,6229	4,4859	4,3553
7	6,2303	6,0021	5,7864	5,5824	5,3893	5,2064	5,0330	4,8684
8	7,0197	6,7327	6,4632	6,2098	5,9713	5,7466	5,5348	5,3349
9	7,7861	7,4353	7,1078	6,8017	6,5152	6,2469	5,9952	5,7590
10	8,5302	8,1109	7,7217	7,3601	7,0236	6,7101	6,4177	6,1446
15	11,9379	11,1184	10,3797	9,7122	9,1079	8,5595	8,0607	7,6061
20	14,8775	13,5903	12,4622	11,4699	10,5940	9,8181	9,1285	8,5136
25	17,4131	15,6221	14,0939	12,7834	11,6536	10,6748	9,8226	9,0770
30	19,6004	17,2920	15,3725	13,7648	12,4090	11,2578	10,2737	9,4269
40	23,1148	19,7928	17,1591	15,0463	13,3317	11,9246	10,7574	9,7791
50	25,7298	21,4822	18,2559	15,7619	13,8007	12,2335	10,9617	9,9148
60	27,6756	22,6235	18,9293	16,1614	14,0392	12,3766	11,0480	9,9672

6 Vedlikeholdsplanlegging og tilstandsanalyse

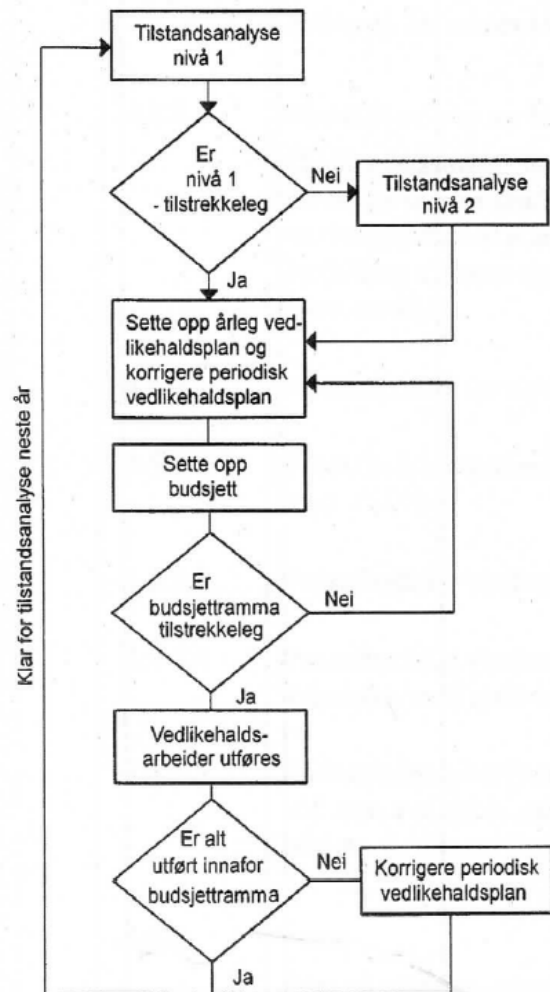
6.1 Vedlikeholdsplan

Vedlikeholdsetterslep er som kjent et stort problem ved mange offentlige bygninger i Norge. I rapporten «State of the Nation» (2015), konkluderte RIF (organisasjonen for rådgivende ingeniører) at Norge ikke vil klare å møte fremtidens utfordringer hvis myndighetene fortsetter å drifte, vedlikehold og investere i bygninger slik som de gjør per i dag. I praktisk betydning betyr dette at det ikke avsettes tilstrekkelig midler til nødvendige FDV-aktiviteter, for å opprettholde et definert minimumsnivå over en bestemt levetid, eksempelvis 25 eller 40 år. Rapporten har tatt for seg og vurdert 11 områder som utgjør verdier for nesten 4000 milliarder. Av disse er det beregnet et totalt vedlikeholds- og oppgraderingsbehov på nesten 2600 milliarder, tilsvarende i underkant av en tredjedel av oljefondet i 2016. En av de 11 områdene omfatter kommunale bygg, hvorav to tredeler av byggene er vurdert som utilfredsstillende eller dårlig. Det påpekes at hvis byggene ikke vedlikeholdes, forringes samfunnets investeringer og verdier. I praksis innebærer dette at vedlikeholdskostnadene vil fortsette å øke (RIF, 2015).

At statlig pengebevilgningen ikke er tilstrekkelig til å dekke vedlikeholdsbehovet er et viktig moment i vedlikeholdsetterslepet. Likevel kan manglende kunnskap om hvordan man tar vare på eldre bygninger også føre til store økonomiske tap. I følge Juliebø og Rolfsen (2010) blir mange bygninger nedslitt/ødelagt som følge av ineffektiv eiendomsforvaltning. Dersom en bygning har tatt skade og vedlikehold utsettes, vil kostnadene øke eksponentielt.

Å følge en periodisk vedlikeholdsplan danner grunnlaget for et økonomisk vedlikehold. Input til en slik vedlikeholdsplan kommer i hovedsak fra tilstandsanalyser. Planens funksjon er å gi en oversikt over hva man eier og tilstanden det er i, samt behov på kort- og lang sikt. I praksis betyr dette hvilke vedlikeholdsarbeid som må utføres, når de skal gjennomføres, og prisen på utført arbeid. Vedlikeholdsplanen omfatter også kortsiktig vedlikehold som med sikkerhet forekommer fra tid til annen.

Bransjestandarden er å ha to forskjellige vedlikeholdsplaner, en årlig vedlikeholdsplan (kortsiktig) og en langtids vedlikeholdsplan. Den årlige vedlikeholdsplanen styres i hovedsak av budsjett og favoriserer det mest nødvendige vedlikeholdet. Etter at året er omme gjennomgås utført arbeid og strykes fra listen. Det som ikke ble vedlikeholdt, blir stående på langtidsplanen og danner grunnlaget for neste års kortsiktige vedlikeholdsplan. At vedlikeholdet styres av tilgangen penger byr ofte på problemer, da en slik kortsiktig tilnærming til forvaltning gir lavere potensiale til besparelse av LCC-kostnader. Byggforvaltningsblad nummer 700.320 viser naturlige intervaller for vedlikehold og utskiftninger av bygningsdeler (SINTEF, 2010). Figur 6-1 illustrerer den årlige prosessen med tilstandsanalyse, utbedring av vedlikeholdsplaner og kobling opp mot budsjett. Vedlegg II viser en mal for vedlikeholdsplan utformet av Undervisningsbygg.



Figur 6-1 Kobling mellom tilstandsanalyse, vedlikeholdsplan og budsjett (Juliebo & Rolfsen, 2010)

6.2 Vedlikeholdstrategier

6.2.1 «Reaktivt vedlikehold»

I følge Mobley (2002), er logikken bak «reaktivt vedlikehold» (run-to-failure på engelsk) en enkel og grei vedlikeholdsstrategi. Når bygningskomponenter, tekniske installasjoner, eller maskiner feiler- fikses dem. Tankegangen «hvis det ikke er ødelagt, ikke reparer» høres i utgangspunktet fornuftig ut. Faktisk har denne metoden for å opprettholde ønsket kvalitet på inventar og maskiner vært mye brukt i vedlikeholdsoperasjoner helt siden den første fabrikken ble bygget. En eiendomsforvalter som sverger til «reaktivt vedlikehold»-prinsippet, vil trolig

begrunne valget av vedlikeholdstaktikk med at han ikke ønsker å bruke unødvendig midler på å vedlikeholde ting når de fungerer som påtenkt. Sannheten er imidlertid at en slik metode for vedlikeholdsstyring faktisk er den mest kostbare vedlikeholdsmetoden. Dette fordi en venter til installasjonen/maskinen ikke lenger tjener sitt formål før tiltak blir iverksatt. Et slikt forhold til vedlikehold er å anse som en «ikke-vedlikeholdstilnærming». De største utgiftene forbundet med denne typen vedlikeholdsstyring er listet opp i tabell 6-1.

Tabell 6-1 Utgifter i forbindelse med reaktivt vedlikehold

A	Kostnader relatert til inventar av reservedeler
B	Høye arbeidskraftkostnader forbundet med overtid der det er kritisk at installasjoner/utstyr må blir reparert fortest mulig for at driften kan opptas igjen. Eksempelvis kan en feil på brannanlegget i et skoleanlegg gi et slikt scenario.
C	Lang nedetid på maskiner. IKT-trøbbel kan eksempelvis forlenge arbeidsoppgavene til administrativt personell på en skole.
D	Lav produksjon/utnyttelse. Ofte leies deler av skolebygg ut til en tredjepart (musikkorps, idrettslag, arrangementer osv.) utenfor skoletid. Gitt at det lokalet som skal leies ut har bygningsdeler, tekniske installasjoner, eller maskiner som ikke fungerer etter formålet, vil heller ikke byggets forvalter kunne leie ut det respektive lokalet og han vil dermed tape ytterligere penger.

I praksis er det få (om noen) eiendomsforvaltere som følger en fullverdig «reaktivt vedlikeholdsfilosofi». De aller fleste store bygninger har én eller flere vaktmestere ansatt, samt rengjøringspersonell som utfører grunnleggende forebyggende oppgaver (dvs. smøring av hengsler, bytting av filtre, boning av gulv etc.) Likevel er det slik at med denne type forvaltning blir verken; bygningskomponenter, tekniske installasjoner, eller maskiner gjenoppbygd til forhåndsdefinert kvalitet. Heller ikke større reparasjoner blir utført før installasjonen/utstyret slutter å tjene sin hensikt fullstendig. Ofte er denne vedlikeholdstilnærmingen omtalt som brannslukningsstrategi.

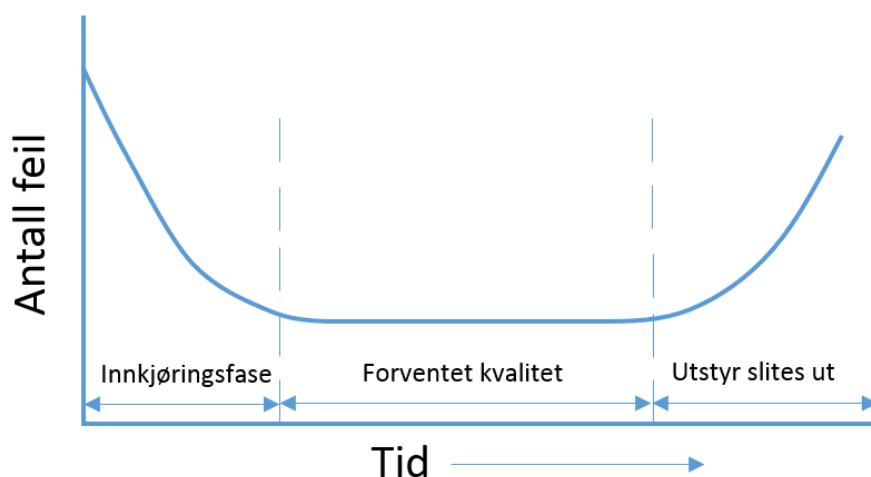
Ettersom det ved en «reaktivt vedlikehold»-taktikk ikke gjøres forsøk på å forutse vedlikeholdsbehovet, må eiendomsforvalteren ha andre tiltak og systemer som er i stand til å reagere på alle potensielle feil som kan oppstå. Denne reaktive metode for vedlikehold tvinger vedlikeholdsavdelingen til å opprettholde de omfattende reservedelslagrene som helst bør

inkludere reservemaskiner eller i det minste de alle viktigste komponentene for alt kritisk utstyr installert i bygget. Alternativet til å ha et stort reservedelslager selv, er å stole på at utstysleverandører umiddelbart leverer alle nødvendige reservedeler. Selv om sistnevnte er mulig, vil en slik rask levering øke kostnadene på reservedeler og reparasjon totalt sett.

Nettoreultatet av denne reaktive typen vedlikeholdsstyring er altså; høyere vedlikeholdskostnader og lavere funksjonsevne/kvalitet på bygningsdeler, tekniske installasjoner, og maskiner. I boken «Maintenance Fundamentals» skiver Mobey (2004) at «... analyser av vedlikeholdskostnader fra en reaktiv reparasjon utført etter «reaktivt vedlikehold» prinsippet, vil gjennomsnittlig koste ca. tre ganger mer enn hva samme reparasjon ville ha gjort dersom den var planlagt og ment som forebyggende». Planlegging av reparasjoner og utskiftninger gir mulighet til å redusere reparasjonstiden og tilhørende arbeidskostnader.

6.2.2 Forebyggende vedlikehold

Forebyggende vedlikehold (preventive maintenance på engelsk) er en vedlikeholdsstrategi som bygger på tid. Vedlikeholdsoppgaver styres derfor etter medgått tid siden installasjon av bygningskomponent, teknisk installasjoner, eller maskin, eller antall driftstimer de har vært utsatt for. Figur 6-2 er ofte brukt til å illustrere det statistiske livet til en bygningskomponent, teknisk installasjon, eller en maskin. Tanken bak denne grafen, er å illustrere hvordan nye bygningskomponenter, tekniske installasjoner og maskiner statistisk sett har en høyere sannsynlighet for å feile rett etter montering som en følge av installasjonsfeil. Av den grunn plikter entreprenøren å teste utstyr og komponenter før bygget overleveres til dets nye eier ved ferdigstillelse, jf. Bustadoppføringslova § 14 (1998). Etter at innkjøringsfeil har blitt utbedret, er det derimot relativt liten sannsynlighet for at feil vil oppstå over en lengre periode. Hyppigheten av feil vil imidlertid statistisk sett øke når komponentens/installasjonens forventede levetid nærmer seg slutten. Ved forebyggende vedlikeholdsstrategi utføres reparasjoner ut fra planlagte tidsintervaller basert på forventet tid til neste feil (mean-time-to-failure på engelsk, forkortet MTTF) (Verma, 2015).



Figur 6-2 Badekarskurve

Selve implementeringen og utførelsen av et forebyggende vedlikehold varierer fra situasjon til situasjon. Felles er at all tidsplanlegging skjer ved hjelp av forskjellige elektroniske vedlikeholdsprogrammer. Fullverdige vedlikeholdsprogrammer lar brukeren sette intervaller for vedlikehold (renhold, justeringer, smøring, bytting av filtre, m.m.) og reparasjoner for alle bygningskomponenter, tekniske installasjoner og maskiner etter eget ønske. I bygge-, anleggs-, og eiendomsbransjen er Excel en yndet programvare.

Essensen med et forebyggende vedlikeholdsprogram er at det tar sikte på at bygningskomponenter, tekniske installasjoner og maskiner vil forfalle i løpet av en gitt tidsperiode. Fra kalkulasjonseksempelet- nivå 3: Bygningsdetaljnivå, fremkommer det at linoleum må vedlikeholdes med intervaller à 15 år dersom en ønsker å oppnå en total levetid på 30 år. Med en forebyggende vedlikeholdsstrategi innebærer dette at linoleumsgulvet må vedlikeholdes etter 14 år slik at det at kvaliteten er gjenopprettet til år 15. Ulempen ved denne strategien er at bruksmønster og miljøpåvirkende variabler vil påvirke den estimerte levetiden, og dermed også vedlikeholdsintervallet. Eksempelvis vil en korridor belagt med linoleum slites mer enn et tilsvarende linoleumsgulv på et lagerrom. Med andre ord er ikke forventet tid mellom feil konsekvent i ett og samme bygg, til tross for identisk materiale.

Dersom den statistiske dataen lagt til grunn i et forebyggende vedlikeholdsprogram bygger på forventet tid mellom feil, er de vanligste resultatene at det enten utføres unødvendig vedlikehold, eller at intervallet blir så stort at skadene som oppstår faller inn under tilstandsgrad 3 (for mer om dette, se punktet 6.3 *Tilstandsanalyse*). Fra eksempelet med linoleum betyr dette

at vedlikehold etter 14 års bruk kanskje ikke var nødvendig i lagerrommet. Dersom vedlikehold ble utført likevel, er kostnaden å anse om bortkastet. Likedan gjelder for gulvet i korridoren dersom det slites raskere enn hva som var tatt høyde for i vedlikeholdsintervallet. Dersom gulvet faller inn under tilstandsgrad 3, må reparasjoner etter «reaktivt vedlikehold»-prinsippet anvendes. Som påpekt tidligere vil denne reparasjonen koste ca. 3 ganger mer (Mobley, 2004).

6.2.3 Forutsigbart vedlikehold

Forutsigbart vedlikehold innebærer at man regelmessig overvåker den faktiske fysiske tilstanden (vanntrykk, fuktnivå, rust, elektrisk spenningsnivå, dimensjon på sprekker/hull, muggdannelser, etc.) til bygningskomponenter, tekniske installasjoner og maskiner. Dataene som fremkommer av overvåkingen logges og danner grunnlaget for vedlikeholdsintervaller. Hensikten er å maksimere intervallene mellom reparasjoner, og samtidig minimere både antall reparasjoner og kostnader medgått til unødvendig vedlikehold. Forutsigbart vedlikehold er altså en tilstandsbasert vedlikeholdsstrategi, der man ikke tar høyde for statistisk vedlikeholdsdata (forventet tid til neste feil, eller forventet tid til neste vedlikehold) for å planlegge vedlikehold. Vedlikeholdsintervallene bestemmes derimot utelukkende ut fra den fysiske tilstanden observert gjennom overvåking.

For å avgjøre den fysiske tilstanden, er det fem ulike ikke-destruktive metoder som normalt anvendes ved forutsigbart vedlikehold. De fem er: vibrasjonsmåling, parameter måling, tribologi, termografi og visuell inspeksjon. I dag anvendes vedlikeholdsstrategien «forutsigbart vedlikehold» i hovedsak av fabrikker og andre anlegg hvor det i hovedsak finnes mekaniske maskiner. Dette fordi vibrasjonsfrekvens, temperatur og tribologi har en sterk korrelasjon til faktisk tilstand/prestasjon hos en maskin (Verma, 2015).

I bygge-, anleggs-, og eiendomsbransjen er det ikke like lett å finne slike korrelasjoner mellom data og tid til feil. Tre av de fem metodene beskrevet kan likevel være til hjelp for å oppdage feil. (1) Visuell inspeksjon. Dette er den vanligste formen for fysisk overvåking innen bygge-, anleggs-, og eiendomsbransjen, og benyttes under *nivå 1* i en tilstandsanalyse. (2) Termografi. Ved hjelp av et infrarødt termometer eller varmesøkende kamera avdekke kuldebroer eller andre former for inkonsistent temperatur. (3) Parameter måling. Ved hjelp av eksempelvis en vannmåler kan det avgjøres om det er hull på en vannledning. Dette gjøres ved at en ser på forventet vannmengde som skal strømme gjennom rørene, mot faktisk målt vannmengde. Dersom den målte vannmengden er lavere enn forventet mengde, kan det være en indikasjon

på en lekkasje. Både termografi og parapetermåling er metoder anvendt under *nivå 2* i en tilstandsanalyse.

6.3 Tilstandsanalyse

En tilstandsanalyse er et viktig verktøy i prosessen med å kartlegge en bygnings tilstand. Analysen kan anvendes under inspeksjon av ferdige nybygg, inspeksjon med tanke på garanti, verdivurdering (taksering), ved kjøp og salg, som grunnlag for planlagt arbeid (eksempelvis ved oppussing) og som grunnlag til å lage en vedlikeholdsplan. Ideelt sett bør byggets tilstand være kjent til enhver tid. Dette er imidlertid praktisk vanskelig å gjennomføre da inspeksjoner og dokumentering av funn krever ressurser i form av personell, tid og penger. Som et minimum anbefales det at vedlikeholdsplanen oppdateres hvert femte år basert på en fullverdig tilstandsanalyse, men årlige inspeksjoner av bygget er likevel å anbefale til tross for at det er veldig ressurskrevende (Lirhus, et al., 2011).

Ved bygg som ikke er fredet eller verneverdig, benyttes standarden NS 3424 «Tilstandsanalyser for byggverk» (2012). Standarden skiller mellom tre registreringsnivå, alt etter formålet med tilstandsanalysen. Tabell 6-2 viser de ulike registreringsnivåene.

Tabell 6-2 Tilstandsanalyse- registreringsnivå etter NS 3424

Nivå 1, Konstnering:	Visuelle observasjoner kombinert med enkle målinger og notater. Nivå 1 er relevant å bruke ved kartlegging store porteføljer
Nivå 2, Prioritering:	Mer detaljert enn nivå 1. Her kreves det mer omfattende registreringer og målinger for å kartlegge oppbygningen og tilstanden til bygget/bygningskomponentene. En slik analyse innebærer ofte gjennomgang av tekninger, forklaringer og annen byggeteknisk dokumentasjon. Nivå 2 er relevant for et enkelt byggverk eller en enkelt bygningsdel
Nivå 3, Prosjektering:	Her tar en for seg bygningsdeler enkeltvis for å avdekke spesielle problemer. Analysen omfatter detaljstudier som blant annet kan innebære laboratorieprøving eller destruktive inngrep. Nivå 3 er relevant når forvalteren/byggeier ønsker å undersøke en konkret problemstilling

For å registrere de forskjellige delene av bygget, kan det være smart å bruke kodene fastsatt i standarden NS 3451:2009 «Bygningsdelstabellen». Dette fordi standarden gir en «(...) inndeling i bygnings- og installasjonsdeler for systematisering, klassifisering, koding m.m. av informasjon som omfatter de fysiske delene av bygningen og de tilhørende utvendige anlegg. Inndelingen kan brukes til byggebeskrivelser, statistikk og tilbakeføring av erfaringer om kostnader, bruksegenskaper, varighet og annet. Videre kan inndelingen benyttes i forbindelse med referansesystemer for merking av bygningsdeler på tegninger, skjema mv. og i det utførte bygget» (2009). Det er vanlig å gi tilstandsgraden en poengscore mellom 0 og 3, der 0 er bra og 3 er kritisk tilstand. Tabell 6-3 gir en oversikt over tilstandsgradene

Tabell 6-3 Tilstandsgrader etter NS 3424

Tilstandsgrad 0:	Ingen synlige symptomer eller konsekvenser
Tilstandsgrad 1:	Svake symptomer som utgjør estetiske konsekvenser
Tilstandsgrad 2:	Middels kraftige symptomer som kan innebære store reparasjonskostnader
Tilstandsgrad 3:	Kraftige symptomer der det har oppstått brudd på lover og forskrifter, eller at personsikkerheten står i fare.

Når en tilstandsanalyse gjennomføres, er det viktig at personen som utfører jobben har tilstrekkelig byggeteknisk kompetanse på det bestemte formålet. Dette fordi konklusjoner som trekkes potensielt kan få store konsekvenser, både økonomisk og juridisk. Ofte kan det være lurt å leie inn uavhengige bygg-sakkyndige rådgivere med dokumentert kompetanse om formålet, samt kjennskap om lover og forskrifter fra byggeperioden. På den måten får man en objektiv vurdering av tilstanden, samt at tilstandsrapporten bygger på korrekt referansenivå. Når det leies inn utenforstående, er det viktig å finne en uavhengig part og ikke et firma med økonomiske interesser ved en eventuell utbedringsjobb. I tillegg til å fungere som input i en vedlikeholdsplan, skal tilstandsanalysen også danne et grunnlag for en eventuell anbudsrunde.

7 BIM

7.1 BIM «Bygningsinformasjonsmodell»

«BIM», eller *Bygningsinformasjonsmodell*, er et uttrykk brukt til å beskrive en prosess brukt av ulike aktører innen byggebransjen (byggherrer, arkitekter, ingeniører, rådgivere, entreprenører, elektrikere, rørlegger, m.m.) til å koordinere tegninger mellom disiplinene i et virtuelt miljø, altså i en *bygningsinformasjonsmodell*.

Merk at BIM, tross ordet «bygning» i bygningsinformasjonsmodell, brukes av mange forskjellige ingeniørdisipliner (arealplanlegging, vann og avløp, vei, jernbane, tunneller, bruer, oljeinstallasjoner, båter, o.l.). Grunnet tema i denne oppgaven avgrenses likevel BIM her til bruk rettet mot bygninger. Det er viktig å forstå at BIM beskriver en *prosess* der en tegneprogramvare er et *verktøy* som muliggjør denne prosessen. I noen settinger benyttes ordet *bygningsmodellering* som betegnelse for verktøyet BIM. Selve BIM-prosessen går ut på å opprette og bruke en «intelligent» 3D-modell til å kommunisere og gjøre informerte beslutninger i prosjektet. Intelligent betyr i denne sammenhengen at komponentene i modellen er geometrisk korrekt fremstilt, samtidig som de inneholder informasjon om produktspesifikke egenskaper (pris, produsent, produksjonsår, holdbarhet, miljøegenskaper, branntekniske- og lydtekniske egenskaper, u-verdi, etc.) (Valen, et al., 2013).

Med slike produkttegnegenskaper kan man ved hjelp av BIM foreta forskjellige analyser. Til illustrasjon kan Revit, et tegneprogram som støtter BIM, kalkulere antall gipsplater i et gitt rom basert på veggareal. Analysen tar høyde for parametere som stenderavstand, takhøyde og kapp. Når antall gipsplater er definert kan Revit også estimere pris og tid det vil ta å montere gipsplatene på veggene. Et estimat på mengde sparkel og antall skruer nødvendig for å utføre jobben kan også fremskaffes (AutoDesk, 2007). Slike analyser omfatter ikke bare gipsplater, men alt av bygningsmateriell som tilhører bygget. Enten det måtte være mengde skurlast, betong, isolasjon, gulvbelegg, taksten, vinduer, dører, fliser på badet, antall liter maling etc. En kan også utføre energi-, konstruksjons-, miljø- og strukturelle analyser i en BIM-modell.

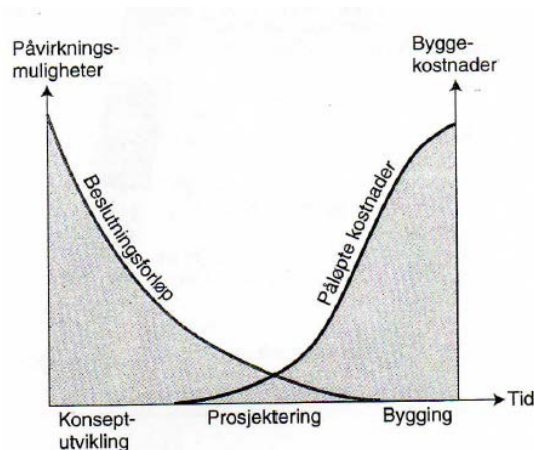
Tidligere ble tegninger gjennomgått og revidert i et 2D-miljø basert på utskrevne papirtegninger. Derfra måtte informasjonen manuelt bli strukturert og verifisert. I BIM skjer denne prosessen automatisk og konstruksjonskonflikter blir oppdaget umiddelbart da tegneprogrammene vil gi en feilmelding når det er en uoverensstemmelse. Vanlige konstruksjonskonflikter kan eksempelvis være mellom ventilasjonskanaler og strukturelle

bygningsskomponenter. Bilde 7-1 viser hvor galt det kan gå dersom de forskjellige fagdisiplinene ikke kommuniserer godt nok.



Figur 7-1 Kommunikasjonssvikt

Ved å gjennomgå bygningsdetaljer i et 3D-miljø under detaljprosjektering, altså før bygging iverksettes, kan mange prosjekteringsfeil unngås. Andre fordeler som kan forventes gjennom å anvende en 3D-modell er mulighetene til prefabrikasjon av bygningselementer. Prefabrikasjon minker ikke bare risikoen for utførelsesfeil under bygging, det reduserer også byggekostnadene. Dette grunner i at påvirkningsmulighetene er størst under konseptutvikling, og avtar etter hvert som bygget reises. På lik linje økes byggekostnadene jo lengre ut i byggefasen endringene kommer. Enkelte entreprenører har estimert at slike endringskostnader har blitt redusert fra 20 til 5 prosent ved hjelp av BIM (Teknisk Ukeblad, 2013). Figur 7-2 viser sammenhengen mellom påvirkningsmulighet og byggekostnader.



Figur 7-2 Sammenhengen mellom påvirkningsmulighet og byggekostnader (Juliebø & Rolfsen, 2010).

Oppsummert vil BIM-prosessen, i tillegg til vanlige tegneprogrammer som kun visualiserer et byggeprosjekt i 3D, gi nøyaktige anslag og kvantifisering for kostnads- og tidsestimater. I tillegg vil BIM-prosessen bedre kommunikasjon og forståelse mellom partene involvert i prosjektet. Kommunikasjonen det refereres til her, er kjent som «Åpen BIM».

«Åpen BIM» eller *Åpen Bygningsinformasjonsmodell* (Open Building Information Model), er som nevnt en betegnelse på kommunikasjonen som foregår i en BIM-prosess. For at BIM skal være et effektivt verktøy er det en nødvendighet at alle involverte aktører i prosjektet sitter på samme, oppdaterte informasjon til enhver tid. Kommunikasjon i dette tilfellet innebærer også at de involverte aktørene snakker samme «dataspråk». I praksis betyr dette at datainformasjon sendt fra en person til en annen, må være leselig og av samme format.

Måten dette gjøres på er at man deler BIM-modellen gjennom et åpent standardisert filformat, IFC, et felles dataspråk, IFD, og en standardisert prosessbeskrivelse, IDM. Disse tre standardene utgjør noe som buildingSMART har døpt til BIM-trekanten. BIM-trekanten er ifølge buildingSMART synonymt med Åpen BIM. BuildingSMART er en internasjonal ikke kommersiell interesseorganisasjon med 15 nasjonale forgreininger, hvorav en er norsk. Deres fokus er å sikre utvikling og implementering av en felles digital plattform med intensjon om å effektivisere bygg- anlegg- og eiendomsnæringen (buildingSMART, 2016).

7.2 Åpen BIM Standarder

IFC, eller *Industry Foundation Classes*, er en åpen internasjonal datastandard for BIM basert på standarden ISO 16739:2013 (ISO, 2013). Hensikten med IFC er å gjøre BIM allment og tilgjengelig for alle aktørene i byggebransjen, store som små (buildingSMART, 2014). IFC er altså et omforent lagringsformat som tillater utveksling og deling av data mellom programmer fra ulike produsenter. I praksis betyr dette at de forskjellige involverte aktørene i et byggeprosjekt ikke trenger å benytte programvare fra samme produsent, eneste kriteriet er at programmet de bruker støtter IFC. Så lenge programmet som anvendes støtter IFC, kan BIM-modellen åpnes, revideres, og distribueres. Dersom IFC ikke hadde blitt benyttet, hadde deler av modellinformasjonen forsvunnet etter overføring og re-modellering hadde vært nødvendig.

IFD (International Framework for Dictionary) er en «dataordbok» bygd opp etter ISO 12006-3:2007. På lik linje med IFC, er hensikten med IFD å lage en kommunikasjonsplattform mellom datamaskiner. Ordboken danner et felles terminologigrunnlag som brukes i Åpen BIM ved at den tildeler databaser og deres digitale informasjonskilder med unike ID-koder. Dette gir en entydig tolkning av egenskaper og produktspesifikasjoner. Til illustrasjon blir ordet «dør» brukt som en fellesbetegnelse på selve døren, dørkarmen, hengsler, håndtak og låskasse. På engelsk betyr derimot «door» derimot kun døren (Tahir & Wong, 2013). Norge har nylig fått sin egen nasjonale standard, «NS 8360:2015 BIM-objekter». På lik linje med ISO-standarder er formålet med NS-standarder typekodning og klassifisering av objekter samt kobling av egenskaper og verdier til IFC-modellen (Standard Norge, 2015).

IDM, eller *Information Delivery Manual*, er basert på standarden ISO 29481 og er en standardisert prosessbeskrivelse som omfatter ulike leveransespesifikasjoner gjennom et BIM-prosjekt. Bygg-, anlegg- og eiendomsbransjen er ofte preget av at mange forskjellige selskaper og myndighetsinstanser samarbeider på et prosjekt. Under et slik samarbeid har de forskjellige aktørene individuelle arbeidsoppgaver og roller, akkurat som det er i en vanlig organisasjon. For å kunne arbeide effektivt i en organisasjon er det nødvendig at alle deltagerne får vite nøyaktig hva slags informasjon som finnes tilgjengelig, og når den skal kommuniseres videre. Når det arbeides med digitale verktøy er det særs viktig å ha klare prosedyrer på nettopp dette. Det fordi de fleste IKT-verktøyene har en svært lav toleranseterskel når det gjelder evnen til å tolke digitale data. IDM gir altså en enkel beskrivelse av byggeprosessen, krav til leveranser i prosjektet, og hvilke informasjon som må være tilgjengelig og kommunisert til gitte faser av prosjektet (Patacas, et al., 2015).

7.3 Bruk av BIM til å vedlikeholde og oppdatere FDV-informasjon

Mye av nytteverdien ved å velge en Åpen BIM prosess under detaljprosjektering er allerede forklart. Oppsummert inneholder BIM-modellen mengder av informasjon og detaljer om alle bygningskomponentene i bygget. Å benytte BIM-modellen gjennom byggets drifts- og forvaltningsfase kan derfor gi ytterligere fordeler og kostnadsbesparelser med tanke på forvaltning, drift og vedlikehold. Nytteverdien ved bruk av BIM-modellen blir med andre ord større jo mer den berikes og jo flere steder den tas i bruk.

Dersom FDV-informasjonen sorteres og hentes direkte ut fra byggets BIM-modell, er det lett å få tilgang til relevant og korrekt informasjon umiddelbart. Det er tenkelig at enkelte eiendomsforvaltere kan finne det brysomt å holde BIM-modellen oppdatert til enhver tid. For å unngå at dette blir en fulltidsjobb finnes det heldigvis metoder tilgjengelig på markedet som gjør at BIM-modellen kan oppdateres «live» gjennom driftsfasen.

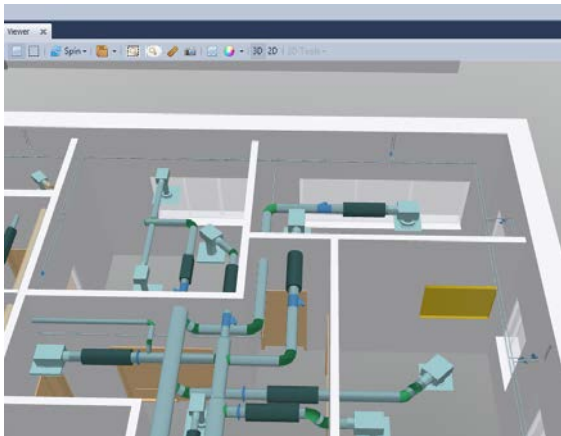
Interesseorganisasjonen BuildingSMART er som nevnt store på BIM, både nasjonalt og internasjonalt. I en kortfilm de har kalt «Hva Åpen BIM gjør for deg- buildingSMART på fire minutter» viser de et eksempel der en dør på en skole går i stykker på et tilfeldig tidspunkt i driftsfasen. Driftspersonellet, i dette tilfellet vaktmesteren, lokaliserer døren visuelt før han elektronisk identifiserer døren og registrerer skaden via en smarttelefon eller nettbrett. Ved hjelp av informasjon lagret i BIM-modellen, får vaktmesteren all dørinformasjon for hånden og kan enkelt bestille korrekt reparasjon eller en ny identisk dør dersom skaden var for omfattende til å repareres. Etter at skaden ble utbedret, enten via reparasjon eller erstattet dør, logger vaktmesteren hendelsen og all eventuell ny tilleggsinformasjon direkte tilbake i BIM-modellen (buildingSMART, 2015).

7.4 Kalkulere LCC-kostnader fra data i BIM-modellen

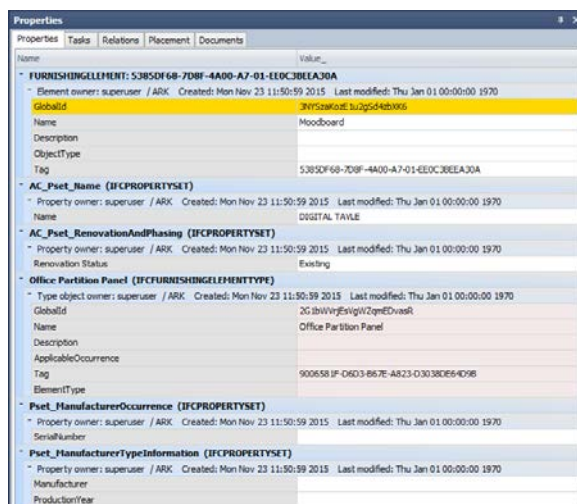
Som beskrevet tidligere, er en LCC-analyse i prinsippet en lek med tall hvor en ser på forskjellige valg av produktløsninger og komponenter med påfølgende kostnadsscenarioer. Regneark i Excel er trolig det mest foretrukne verktøyet for å utarbeide en LCC-analyse. Dette fordi Excel har funksjoner som tillater håndtering av store mengder data (formatering, filtrering, sortering, beregning, osv.). Ulempen ved bare å benytte Excel som verktøy er at data må plottes inn manuelt. For store bygninger med mye informasjon er det derfor ofte nødvendig med

generalisering og forenkling av data slik at datamengden reduseres til det håndterlige, derav nivå 2, «nøkkelstallsnivå».

COBie (Construction Operations Building Information Exchange) er verktøy som inngår i Åpen BIM-prosessen. Dette verktøyet benytter samme filformat (IFC) som filformatet til komponentene i BIM-modellen, noe som muliggjør eksport av modellspesifikk data til et elektronisk regneark. Figur 7-3 viser hvordan et grupperom på Munkerud Skole ser ut i BIM-modellen. Figur 7-4 viser produktspesifikk informasjon tilhørende en enkelt installasjon, i dette tilfellet en digital tavle. Det er denne typen informasjon COBie eksporterer til en database/regneark. Figur 7-5 viser hvordan et slikt regneark kan se ut (merk at tavlen har mangelfull informasjon i BIM-modellen, derav en del tomme celler. Regnearket er ment som et eksempel og er ikke en import gjort via COBie).



Figur 7-3 Tavle på gruppe rom



Name	Value
FURNISHINGELEMENT: 5385DF68-7D8F-4A00-A7-01-EE0C30EEA30A	
Element owner: superuser / ARK	Created: Mon Nov 23 11:50:59 2015 Last modified: Thu Jan 01 00:00:00 1970
GlobalId	3f1752a30e1e522554eb2005
Name	Moodboard
Description	
ObjectType	
Tag	5385DF68-7D8F-4A00-A7-01-EE0C30EEA30A
AC_Pset_Name (IFCPROPERTYSET)	
Property owner: superuser / ARK	Created: Mon Nov 23 11:50:59 2015 Last modified: Thu Jan 01 00:00:00 1970
Name	DIGITAL TABLE
AC_Pset_RenovationAndPhasing (IFCPROPERTYSET)	
Property owner: superuser / ARK	Created: Mon Nov 23 11:50:59 2015 Last modified: Thu Jan 01 00:00:00 1970
Renovation Status	Existing
Office Partition Panel (IFCFURNISHINGELEMENTTYPE)	
Type object owner: superuser / ARK	Created: Mon Nov 23 11:50:59 2015 Last modified: Thu Jan 01 00:00:00 1970
GlobalId	261b111e1e1e1e1e1e1e1e1e1e1e1e1e
Name	Office Partition Panel
Description	
ApplicableOccurrence	
Tag	9006581F-06D3-867E-4823-03038CE64096
ElementType	
Pset_ManufacturerOccurrence (IFCPROPERTYSET)	
Property owner: superuser / ARK	Created: Mon Nov 23 11:50:59 2015 Last modified: Thu Jan 01 00:00:00 1970
SerialNumber	
Pset_ManufacturerTypeInfo (IFCPROPERTYSET)	
Property owner: superuser / ARK	Created: Mon Nov 23 11:50:59 2015 Last modified: Thu Jan 01 00:00:00 1970
Manufacturer	
ProductionYear	

Figur 7-4 Egenskapene til tavlen

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Modell ID	Kategori	Navn	Typenavn	Serienummer	Produsent	Leverandør	År produsert	År installert	Prins innkjøp	forventet levetid	intervall mellom vedlikehold	pris på vedlikehold	Lokasjon	Romtype	Romnavn
2	3NYSzaKozE1u2gSd4zbXk6	Møbler	Moodboa	Digital tavle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1. etasje	Grupperom	-
3																
4																
5																

Figur 7-5 Tenkt eksportert data fra BIM-modellen til Excel.

Gitt at potensialet i Åpen BIM blir utnyttet til det fulle, kan informasjon lagret i BIM-modellen alene anvendes til å sikre optimal drift, vedlikehold og forvaltning gjennom hele byggets livssyklus. I følge «NBS International BIM Report 2013» er det likevel få aktører rundt om i verden som bruker sin BIM-modell til drift og forvaltning. Eksempelvis svarer 2 prosent av aktørene i New Zealand at de bruker modellen gjennom byggets livsløp. I Storbritannia, som anses som en ledende nasjon på området, svarer 15 prosent at de bruker modellen til drift og forvaltning (NBS, 2014).

I Norge har COBie vært lite utbredt. Det er først i nyere tid at de store entreprenørene har begynt å overlevere FDV-dokumentasjon ved hjelp av dette verktøyet. Likevel er det få, om ingen, som utnytter potensialet i fileksperten når det kommer til LCC-analyser. Ved å anvende og eksportere data som allerede eksisterer i BIM-modellen, vil en ikke bare spare tid og unngå tastefeil, kvaliteten på LCC-analysen vil også forbedres. Dette fordi beregningsnivået heves til nivå 3, «byggningsdelsnivå», noe som igjen er med på å sikre aktivitetsbasert budsjettering, og kan brukes for benchmarking av fremtidige og tilsvarende byggeprosjekter.

7.5 Vedlikeholdsplanlegging via BIM-modellen

Vedlikeholdsplanlegging er som nevnt en viktig oppgave i forvaltningsprosessen gjennom et byggs levetid. Repetert fra tidligere finnes det tre forskjellige vedlikeholdstrategier hvorav noen er mer kostnadsbesparende enn andre. Fra punkt 6.3, *Tilstandsanalyse*, fremkommer det at visuell inspeksjon anvendes som første instans for å avdekke vedlikeholdsomfanget. Tidsbestemte inspeksjoner kombinerer altså idelogene fra både forutsigbart- og forebyggende

vedlikehold, som også er de mest kostnadseffektive vedlikeholdsstrategiene. Med to forskjellige vedlikeholdsplaner (en årlig kortsiktig vedlikeholdsplan og en langtids vedlikeholdsplan) er det nærliggende å tro at vedlikeholdsplanlegging er en enkel oppgave. Med budsjetter å ivareta og prioriteringer av vedlikehold, er det likevel en tendens i bransjen at feil ikke oppdages eller utbedres før det er for sent, og at en likevel ender med en reaktiv tilnærming av vedlikeholdet, som igjen er kostbart og forsterker vedlikeholdsetterslepet.

Dersom vedlikeholdsplanlegging utføres etter prinsippene om Åpen BIM, og bygger på data som allerede finnes i BIM-modellen, er det en rasjonell tanke å anta at vedlikeholdsplanleggingen kan effektiviseres. Dette fordi BIM-modellen alltid innehar oppdatert informasjon om bygget og dets installerte produkter og komponenter (gitt at modellen bearbejdes slik som i eksempelet fra BuildingSMART).

I delkapittel 7.4 ble COBie introdusert. På lik linje med dets bruksområdet innen LCC-analyse, kan den samme dataen også anvendes som grunnlag for vedlikeholdsplanlegging. Dersom innkjøpspris, installasjonsdato, forventet levetid, intervall mellom vedlikehold, vedlikeholdsprosedyrer, produsent og garantiperiode til hvert enkelt produkt (teknisk installasjon eller bygningskomponent) er kjent og ligger for hånden, kan tidsbestemte inspeksjoner for vedlikehold bedre planlegges og legges til rette for, både praktisk og økonomisk. Vedlikeholdsbehov som ikke blir fanget opp av visuelle inspeksjoner, altså skader «under overflaten», vil også kunne belyses og tas tak i på en bedre måte.

Den fundamentale vedlikeholdsstrategien som bygger på forebyggende- og forutsigbart vedlikehold vil med andre ord fremdeles være gjeldene. Forskjellen ligger i vektingen mellom de to. Dagens metode for vedlikeholdsplanlegging bygger på strategien om forebyggende vedlikehold, med periodiske innslag av forutsigbart vedlikehold hvert 1-5 år (tilstandsanalyse). Ved vedlikeholdsplanlegging med utgangspunkt i data fra BIM-modellen, vil rollene reverseres. Dette fordi den teoretiske tilstanden til hvert enkelt komponent i bygget (teknisk installasjon eller bygningskomponent) er kjent med utgangspunkt i dets forventede livsløp. Inspeksjoner kan dermed avgrenses til enkeltelementer hvor forventet tid for vedlikehold nærmer seg. For å ivareta det teoretiske intervallet mellom vedlikehold, kan strategien om forebyggende vedlikehold anvendes. Utfordringen per i dag er at det ikke finnes noen fullverdige Åpen BIM-verktøy med støtte for de funksjonene som er nødvendige i en slik vedlikeholdsplanleggingsprosessen.

8 Resultat og diskusjon

8.1 Sammenligning av FDV-kalkulasjon i BIM og tradisjonell FDV-beregning med nøkkeltall

For å avgjøre om produktspesifikk informasjon hentet direkte fra BIM-modellen øker nøyaktigheten vedrørende FDV-kostnadsberegning, sammenlignet med tradisjonell beregningsmetode der nøkkeltall anvendes, skal produktvalg i ett klasserom, samt en garderobe med to tilknytte toaletter analyseres. Bilde 8.1-1 viser rommenes utforming i skolebygget.



Figur 8-1 Møbleringsplan 3. etasje Munkerud skole

Som tidligere nevnt, finnes per i dag ingen programvare med de nødvendige funksjonene for å kalkulere FDV-kostnader direkte. Analysen omhandler derfor spesifikk FDV-dokumentasjon utgitt av produsent som medfølger når produktet kjøpes.

Ettersom enkelte av postene i FDV-beregningen ikke påvirkes av spesifikke produkt- og materialvalg, tenkes det at noen nøkkeltall også vil være gjeldene i en BIM-basert beregningsmodell. I tabell 8-1 er det listet opp hvilke nøkkeltall som fremdeles tenkes vil være gjeldene, og hvilke poster som tenkes beregnet manuelt (automatisk i BIM):

Tabell 8-1 Gjeldene nøkkeltall ved FDV-beregning i BIM

Post nr.	Normtall	Enhet	Beløp
2 Forvaltningskostnader			
21	Skatter og avgifter	Kr/m2/år	0
22	Forsikring	Kr/m2/år	57
23	Administrasjon	Kr/m2/år	40
3 Driftskostnader			
31	Løpende drift	Kr/m2/år	155
32	Renhold	Kr/m2/år	Manuelt
33	Energi	Kr/m2/år	155*
34	Vann og avløp	Kr/m2/år	15
35	Avfallshåndtering	Kr/m2/år	10
36	Vakt og sikring	Kr/m2/år	10
4 Vedlikeholdskostnader			
41	Planlagt vedlikehold	Kr/m2/år	Manuelt
42	Utskiftinger	Kr/m2/år	Manuelt

*Energiforbruk kan kalkuleres direkte i en BIM-modell om ønskelig. Energiberegninger av Munkerud skole ble ikke gjort i BIM. IFC-filene som utgjør BIM-modellen er derfor mangelfulle med tanke på data om energiforbruk.

8.2 Analyse av tilgjengelig produktinformasjon fra produsent

Tabell 8-2 viser hvilke filer som utgjør BIM-modellen. Filene er utlevert av Veidekke ASA.

Tabell 8-2 IFC-filer som utgjør BIM-modellen

Filnavn	Filtype
ARK H (arkitekt)	IFC Fil
Hovedmodell MUNKERUD RØR	IFC Fil
Hovedmodell MUNKERUD SPR	IFC Fil
Munkerud skole – Armering –RIB	IFC Fil
Munkerud skole – Graveplan – RIB	IFC Fil
Munkerud skole – RIB	IFC Fil
Munkerud- Prefab	IFC Fil
RIE GM	IFC Fil
RIE H	IFC Fil

Tabell 8-3 viser hvilke komponenter/installasjoner i de ulike rommene som var tegnet inn i BIM-modellen og som har blitt analysert. Valg av komponenter/installasjoner begrunnes med deres påvirkning på det totale FDV-budsjettet, da spesielt med tanke på renhold, planlagt vedlikehold og utskiftinger. Fra tidligere bemerkes det at disse kostnadspostene også utgjør majoriteten av de totale FDV-kostnadene, se avsnitt 5.2.

Tabell 8-3 Komponenter i ulike rom ved Munkerud skole

Rom-ID	Rom-beskrivelse	Installasjon/komponent
30066	Garderobe 4. klasse	Dør
		Benk
		Overskap
		Skohylle
		Gulvbelegg
		Maling på vegg
30068/30070	WC1/WC2	Dør
		Toalett
		Servant
		Gulvbelegg
		Maling på vegg
30093	4. trinn klasserom 1	Dør 1
		Dør 2
		Vindu 1
		Vindu 2
		Radiator
		Gulvbelegg
		Maling på vegg

Sortert etter produsent og produkt, fremkommer det at samme produkt er benyttet i flere rom, og deler dermed samme produktinformasjon/FDV-dokumentasjon. Tabell 8-4 viser de forskjellige komponentene/installasjonene hvor det foreligger unik produktinformasjon/FDC-dokumentasjon, samt et utdrag av relevant produktinformasjon med tanke på renhold, planlagt vedlikehold og utskiftinger (forventet levetid). Installasjoner i tabellen merket med stjerne (*), er installasjoner/komponenter hvor Veidekke ikke hadde tilstrekkelig produktinformasjon tilgjengelig. Dette kommer av at enkelte komponenter/installasjoner er levert av

underleverandør, og underleverandørs underleverandør. Det har likevel blitt forsøkt å fremskaffe informasjon fra «typiske» produkter som kunne tenkes å være installert. Som det fremkommer av tabellen under, er oppdrevet informasjon mangelfull. Dog har en kvantitativ undersøkelse av flere ulike produkter blitt utført uten at det resulterte i mer utfyllende FDV-dokumentasjon.

Tabell 8-4 Tilgjengelig FDV-informasjon for valgte komponenter/installasjoner

Installasjon	Produsent/ produkt	Vedlikeholdsintervall	Vedlikeholdstiltak	Forventet levetid	
Maling på vegg	Nordsjø/ Nordsjø Pro 20 (Nordsjø Professional, 2016)	Etter behov (intervall mellom periode er ikke definert av produsent)	Vaskes med såpe og vann, evt 1-2 strøk med maling	Ikke oppgitt av produsent	
Gulvbelegg: WC og garderobe	Tarkett/ Standard Plus vinyl (Tarkett, 2012)	Daglig	Støvsuging. Tørr- eller fukt-mopping for daglig rengjøring. Maskinell rengjøring ved større flater	Ikke oppgitt av produsent	
		Periodisk (intervall mellom periode er ikke definert av produsent)	Skur gulvet maskinelt, skylt med vann		
Gulvbelegg klasserom	Tarkett/ Veneto linoleum xf ² (Tarkett, 2012)	Daglig	Støvsuging. Tørr- eller fukt-mopping for daglig rengjøring. Maskinell rengjøring ved større flater	Ikke oppgitt av produsent	
		Periodisk (intervall mellom periode er ikke definert av produsent)	Skur gulvet maskinelt, skylt med vann		
Vindu	NorDan/ NorDan Sikrhetsvindu (NorDAN AS, 2008)	Tre	5-7 år	Males på nytt for dekkende	Ikke oppgitt av produsent
		Aluminium	-	Vedlikeholdsfritt, men må rengjøres	
		Beslag	1-2 ganger pr år	Smøres	
		Glass	Ved behov	Vaskes	
Dør*	Swedoor / Massivdør malt (SWEDOOR, 2015)	Ikke oppgitt av produsent	Vaskes med vanlig vaskemidler. Umiddelbart etter rengjøring skal overflaten alltid tørkes av. Hengsler smøres med syrefritt fett ved behov.	Minimum 20 år forutsatt normal bruk og slitasje, samt at anvisninger for drift og vedlikehold følges	
Toalett*	Porsgrunn/ Seven D 78220 (Porsgrund Bad as, 2016)	Ikke oppgitt av produsent	Ikke oppgitt av produsent	Ikke oppgitt av produsent	
Servant*	Porsgrunn/ Seven D 11115 (Porsgrund Bad as, 2016)	Ikke oppgitt av produsent	Ikke oppgitt av produsent	Ikke oppgitt av produsent	
Benk garderobe*	Scandinavian Storage Group AS/ Sittebenk for garderobeskap (SSG, 2013)	Ikke oppgitt av produsent	Sittebenken har lakkerte furubord som overflate. Disse kan rengjøres med fuktig klut og normale vaskemidler.	Ikke oppgitt av produsent	
Overskap garderobe*	Scandinavian Storage Group AS/ SSG Garderobeskap type SMG (SSG, 2013)	Generelt	Skapene kan rengjøres med en støvsuger eller fuktig klut tilsatt normale oppvaskemidler. Eventuelle lakkskader repareres best ved å pusse med fint sandpapir og senere overstryke med selvherdende lakk.	Ikke oppgitt av produsent	
		Årlig	En gang i året bør man smøre hengslene med en tynn smøreolje		
Radiator*	Lyngson / Ludvig (Lyngson, 2016)	Ikke oppgitt av produsent	Ikke oppgitt av produsent	Ikke oppgitt av produsent	

8.3 utfordringer knyttet til å beregne FDV-kostnader basert på produktspesifikk informasjon

Det bemerkes at all oppdrevet FDV-dokumentasjon i tabell 8-4 tilfredsstiller kravet til TEK10 § 3. Slik det fremkommer er imidlertid tilgjengelig FDV-dokumentasjon relatert til renhold, planlagt vedlikehold og utskiftninger (forventet levetid) særs begrenset. I en LCC-sammenheng, både tradisjonell og ved hjelp av BIM, hjelper det lite å være kjent med vedlikeholdstiltakene når produsenter verken opplyser om vedlikeholdsintervaller eller forventet levetid. Til produsentenes forsvar beror vedlikeholdsintervaller og forventet levetid seg på individuelt bruk, og er derfor ofte vanskelig å anslå. Ettersom regelverket heller ikke krever at slik informasjon opplyses, har produsentene flere nedsider ved å utgi slik informasjon enn de har oppsider. Da spesielt med tanke på reklamasjon og klagesaker. Det bemerkes at Skaret & Sørengaard (2014) støtte på tilsvarende problemer i sin forskning på FDV-BIM basert løsning.

Hypotesen i denne oppgaven tilsa at produktspesifikk informasjon hentet fra en BIM-modell ville øke nøyaktigheten vedrørende FDV-kostnadsberegning, sammenlignet med tradisjonell beregningsmetode der nøkkeltall anvendes. Detaljnivåene i de to beregningsmetodene (nivå 2: nøkkeltallnivå og nivå 3: bygningsdetaljnivå), tilsier at en beregningsmetode av nivå 3, som ville vært aktuelt i BIM, ville økt nøyaktigheten vedrørende FDV-kostnadsberegning. Likevel, med bakgrunn i at de færreste produsentene velger å opplyse om nødvendig LCC-informasjon, umuliggjøres direkte FDV-beregning i BIM-modellen. Fra tabell 8-1 fremkommer det at nøkkeltall også hadde vært nødvendig ved FDV-beregning i BIM, ettersom de færreste postene i tabellen påvirkes av produkt- og materialvalg.

Konkludert at BIM som beregningsverktøy for FDV-kostnader utelukkes, utelukkes også muligheten for «digital generering» av vedlikeholdsplaner i BIM av samme årsak. Det bemerkes at BIM-modellen i en vedlikeholdssammenheng likevel ikke er å anse som unyttig. Informasjonen lagret i modellen vil alltid være en ressurs når det kommer til orientering og planlegging av vedlikeholdsarbeid, både i for- og etterkant av tilstandsvurderinger samt ved anbudsprosesser der arbeid som skal utføres skjuler seg inne i tak, vegger eller gulv.

8.4 Forvaltningsperspektiv med tanke på vedlikeholdsetterslep

Ettersom FDV-kostnadsberegning på nivå 3 har vist seg vanskelig å foreta på et helt bygg, likeledes på de fire rommene som ble analysert i denne oppgaven, er det forståelig at bransjen har omfavnet beregningsmetodikken som baserer seg på nøkkeltall. Likevel er det merkelig at vedlikeholdsetterslepet forsetter å vokse, både på kommunalt- og nasjonalt nivå. Hva slags informasjon som blir lagt til grunn når nøkkeltall etableres samt hvordan de justeres, ligger utenfor denne oppgavens tema. Likevel er det ønskelig å vise til et eksempel omtalt av renholdsnytt.no (2012) der det fremkommer at renholdskostnadene i offentlig sektor utgjør 228 kroner per kvadratmeter i året, hvorav prisen i privat sektor ligger på 140 kroner. Foruten prisforskjellen er det også store forskjeller målt i effektivitet. Renholdere i offentlig sektor vasker i snitt 200 kvadratmeter i timen, mot det privates 300 kvadratmeter. I en nøkkeltallsammenheng betyr dette at utgiftene til renhold er 63% høyere i det offentlige enn i det private. Det understrekes at eksemplet omhandler Kristiansand og kan derfor ikke verifiseres gjeldene for Oslo kommune. Det er likevel nærliggende å tro at dagens nøkkeltall for renhold anvendt av Oslo kommune ikke gjenspeiler en konkurranseutsatt markedspris.

Etter samtale med representanter fra Utdanningsetaten fremgår det at Undervisningsbygg har igangsatt arbeidet med å oppdatere Oslo kommunes nøkkeltal, samt etablere spesifikke nøkkeltall gjeldene for spesialrom. Dersom de lykkes med å etablere gode nøkkeltall for spesialrom, vil det trolig løse noe av forvaltningsflokken når det kommer til postene i FDV-budsjettet. Dette fordi kostnadsbildet vedrørende «vanlige» rom og spesialrom i praksis er differensiert.

9 Konklusjon

9.1 Oppgavens utgangspunkt og oppsummering

Med et stadig voksende vedlikeholdsetterslep ved offentlige bygninger samt pengebevilgninger som ikke dekker de løpende utgiftene, tok oppgaven sikte på å undersøke en potensiell ny metode for FDV-beregning (produktspesifikk FDV-kalkulasjon i BIM). Hypotesen gikk ut på at dersom produktinformasjon lå til grunn for FDV-beregningsmetoden, ville nøyaktigheten av det totale kostnadsbilde blitt bedret. Fra et LCC-perspektiv er det en stor fordel med økt nøyaktighet og kjente kostnader når det kommer til valg av tekniske installasjoner/komponenter, produkter og materialvalg. Dette fordi det alltid er ønskelig å oppnå lavest mulig livsløpskostnad i et byggverk, samtidig som kvaliteten blir ivaretatt. Fra en eiendomsforvalter sin side er det dessuten en fordel å kjenne til de faktiske FDV-kostnadene tilhørende bygget, ettersom kjente kostnader trolig vil by på færre negative økonomiske overraskelser som igjen kan gi færre økonomiske prioriteringer med tanke på vedlikehold.

Selve case-studiet i oppgaven omhandlet noen rom i Munkerud skole. Før det kunne utarbeides et forslag til en beregningsmetode i BIM, var det nødvendig å undersøke hva slags tilgjengelig FDV-dokumentasjon som forelå fra produsent for de installerte komponentene og materialvalgene i de nevnte rommene. Spesielt interessant var informasjon relatert til renhold, vedlikeholdsbehov, vedlikeholdsintervall og forventet levetid. Resultatet av analysen var nedslående, da ingen av produsentene fra de analyserte komponentene eller materialene kunne vise til tilstrekkelig produktinformasjon nødvendig i en LCC-analyse. Dette førte til at oppgaven med å utarbeide et forslag til en BIM-basert beregningsmodell, samt undersøke om FDV-kostnaden per kvadratmeter ble forskjellig sammenlignet med tradisjonell nøkkeltallsberegning, ble umulig å gjennomføre. I tillegg viste det seg at en potensiell beregningsmodell i BIM ville vært avhengig av flere erfaringsbaserte nøkkeltall, ettersom få nøkkeltall faktisk lot seg påvirke av material- og komponentvalg. Med manglende produktinformasjon tilgjengelig lyktes det heller ikke å sammenligne prisdifferansen på «vanlige» rom og spesialrom fra et FDV-perspektiv.

Det understrekes likevel at BIM er et fantastisk verktøy å ha i bygge- og anleggsbransjen, og at en BIM-programvare kan videreutvikles slik at den kan utføre FDV-beregninger. Problemet i dag ligger i kravene stilt fra myndighetene med tanke på produsentenes manglende plikt til å oppgi vedlikeholdsintervall og forventet levetid. At nøkkeltall må anvendes i tillegg til en

eventuell FDV-beregning i BIM, anses ikke som en fordel, men heller ikke som en stor ulempe ettersom renhold, vedlikehold og planlagte utskiftninger står for over 60% av de totale FDV-kostnadene, og nøyaktighet rundt disse kostnadene vil påvirke estimatet av kostnadsbildet i en positiv forstand. Likevel er det nærliggende å tro at LCC analytikere ønsker å utføre FDV-beregner på en og samme plattform, i disfavør til en BIM-basert beregningsmodell. Konkludert for Jotne AS sitt vedkommende, er ønsket om å utvikle en programvareutviklingspakke med støtte for direkte FDV-beregning i en BIM-modell ansett å være høyst relevant, men forut for sin tid.

10 Referanser

- Aftenposten, 2013. *Asbest kan skjule seg rundt peisen, i gilv, tak og vegger*. [Internett]
Available at: http://www.aftenposten.no/bolig_old/Asbest-kan-skjule-seg-rundt-peisen -i-gulv -tak-og-vegger-7137797.html
[Funnet 4 April 2016].
- AktivHMS, 2016. *Byggeprosessen*. [Internett]
Available at: <http://aktivhms.no/byggeprosessen/byggeprosessen.htm>
[Funnet 14 Februar 2016].
- AutoDesk, 2007. *REVIT®BUILDING INFORMATION MODELING - BIM and Cost Estimating*. [Internett]
Available at:
http://images.autodesk.com/apac_grtrchina_main/files/aec_customer_story_en_v9.pdf
[Funnet 12 Januar 2016].
- Bjørberg, P. S., 2008. *Presentasjon av NS 3454 Livssyklus kostnader*. Oslo: MULTICONSULT.
- Bjørberg, S., Larsen, A. & Øieseth, H., 2007. *Livssyklus kostnader for bygninger*, Oslo: RIF - Organisasjonen for rådgivere.
- Bjørberg, S., Sæbøe, O. E. & Weisæth, O., 2008. *ORD og UTTRYKK innen Eiendomsforvaltning - Fasilitetsstyring*, Trondheim: Norges Bygg- og Eiendomsforening.
- buildingSMART, 2014. *buildingSMART- Technical Vision*. [Internett]
Available at: <http://www.buildingsmart.org/standards/technical-vision/>
[Funnet 14 Januar 2016].
- buildingSMART, 2015. *Hva er åpenBIM*. [Internett]
Available at: <http://www.buildingsmart.no/hva-er-apenbim>
[Funnet 13 Januar 2016].
- buildingSMART, 2015. *Hva åpenBIM gjør for deg - buildingSMART på fire minutter*. [Internett]
Available at: <http://buildingsmart.no/nyhetsbrev/2014-06/buildingsmart-dataordbok-forklart-pa-4-minutter>
[Funnet 20 Januar 2016].
- buildingSMART, 2016. *buildingSMART - Om buildingSMART Norge*. [Internett]
Available at: <http://buildingsmart.no/bs-norge>
[Funnet 15 Januar 2016].
- Byggtjeneste, 2011. Om FDV-dokumentasjon. *Byggtjeneste*, 10(23), pp. 4-12.
- Codex, 2016. *Entrepriseadvokater - Viktige begreper og definisjoner*. [Internett]
Available at: <http://www.entrepriserettsadvokater.no/borettslag-sameier/viktige-begreper-og-definisjoner/>
[Funnet 14 April 2016].

- dibk, 2010. *Byggeteknisk forskrift med veiledning (TEK10)*. [Internett]
Available at: <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/?dyp=/dyp/content/tekniskekrav/1/>
[Funnet 19 Januar 2016].
- dibk, 2015. *Fra TEK10 til TEK17*. [Internett]
Available at: <https://www.dibk.no/no/BYGGEREGLER/Nyheter-byggeregler/fra-tek10-til-tek17/>
[Funnet 21 Januar 2016].
- difi, 2016. *Hva er LCC? -BAE*. [Internett]
Available at: <http://www.anskaffelser.no/temaer-bae/livssyklus kostnader/hva-er-lcc>
[Funnet 14 April 2016].
- Hansen, R.-A., 2015. *Er Staten og det offentlige en pådriver for bruk av miljøtilpassede materialer?*, Mo i Rana: Universitetet i Nordland.
- Harridsleff, Ø., 2008. *Teknisk vinteruke 08 - Vedlikeholdplanlegging, NS 3454 Livssyklus kostnader for byggverk*, Oslo: Multiconsult AS.
- ISO, 2013. *ISO 16739:2013*. 1 red. s.l.:s.n.
- Juliebø, E. & Rolfsen, C. N., 2010. Utviklingstrekk ved bygg- og eiendomsforvaltningen i Norge. I: *Forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av bygg*. Oslo: Gyldendal Undervisning, pp. 12-15.
- Lirhus, E. H., Skattum, P. & Bjørberg, S., 2011. *Vedlikeholdsveiledning - Murgårdsbebyggelsen i Oslo*, Oslo: Multiconsult AS.
- LOVDATA, 1998. *Bustadoppføringslova, LOV-2010-12-10-74*: Justis- og beredskapsdepartementet.
- LOVDATA, 2000. *Forskrift om årsregnskap og årsberetning (for kommuner og fylkeskommuner)*, LOV-1992-09-25-107-§48: Kommunal- og moderniseringsdepartementet.
- LOVDATA, 2006. *Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (arbeidsmiljøloven)*, LOV-2005-06-17-62: Arbeids- og sosialdepartementet.
- LOVDATA, 2007. *Forskrift om offentlige anskaffelser, FOR-2006-04-07-402*: Nærings- og fiskeridepartementet.
- LOVDATA, 2009. *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*, LOV-2008-06-27-71: Kommunal- og moderniseringsdepartementet.
- Lyngson, 2016. *Lyngson produkt informasjon FDV*. [Internett]
Available at: <http://www.lyngson.no/Resources/FDV-Ludvig-3755-.pdf>
[Funnet 06 April 2016].
- Mobley, K. R., 2002. *An introduction to Predictive Maintenance*. 2 red. Woburn: Butterworth Heinemann.

- Mobley, K. R., 2004. *Maintenance Fundamentals*. 2 red. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Multiconsult, 2007. *Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet i bygninger - innføring og prinsipper*, Oslo: Multiconsult.
- NBS, 2014. *NBS International BIM Report 2013*. Newcastle: RIBA Enterprises Ltd .
- NorDAN AS, 2008. *Vedlikehold av vinduer og dører FDV*. [Internett]
Available at: http://www.nordan.no/media/com_products/documents/Vedlikehold.pdf
[Funnet 1 April 2016].
- Nordsjö Professional, 2016. *Professional 20 FDV*. [Internett]
Available at: http://www.nordsjoprofessional.no/produkter/professional_20
[Funnet 6 April 2016].
- NS 3424 "Tilstandsanalyser for byggverk - Innhold og gjennomføring" (2012) Standard Norge.
- NS 3451 "Bygningsdelstabellen" (2009) Standard Norge.
- NS 3454 "Livssyklus kostnader for byggverk - Prinsipper og klassifisering" (2013) Standard Norge.
- Oslo Kommune, 2012. *Felles kravspesifikasjon for Oslo Kommune - Miljø og livssyklus kostnader 2012*. [Internett]
Available at: <http://fkok.no/wp-content/uploads/2015/02/FKOK-LCC-FKOK-Normtall-v03.xlsx>
[Funnet 15 Februar 2016].
- Oslo kommune, 2012. Miljø og livssyklus kostnader. I: *Felles kravspesifikasjoner Oslo kommune*. 1.0 red. Oslo: Oslo kommune, p. 11.
- Oslo kommune, 2016. *Standard kravspesifikasjon for skoleanlegg*, Oslo: Oslo kommune.
- Patacas, J., Dawood, N., Vukovic, V. & Kassem, M., 2015. BIM FOR FACILITIES MANAGEMENT: EVALUATING BIM STANDARDS IN ASSET REGISTER CREATION AND SERVICE LIFE PLANNING. *Journal of Information Technology in Construction*, 20(1), p. 331.
- Porsgrund Bad as, 2016. *Porsgrund Bad FDV*. [Internett]
Available at: <http://www.porsgrundbad.no/profesjonelle/nedlastinger/>
[Funnet 6 April 2016].
- pwc, 2012. *KS2 Munkerud Skole - Rapport til Byrådsavdeling for kultur og næring*, Oslo: pwc.
- Renholdsnytt, 2012. *Dyrere og mindre effektivt renhold*. [Internett]
Available at: <http://renholdsnytt.no/dyrere-og-mindre-effektivt-renhold>
[Funnet 7 April 2016].
- RIF, 2015. *State of the Nation*, Oslo: Rådgivende Ingeniørers Forening.

Salicath, E., 2014. *Life Cycle Costing analyser av skolebygg i Oslo kommune – Analysere krav, metodikk og praksis; Utvikling av kvantitativ LCC-modell Reversert LCC*, Stavanger: UiS.

SINTEF, 2000. *Byggforsk prosjektrapport "Lineoleum golvbelegg - Egenskaper, vedlikehold og innemiljø"*, Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

SINTEF, 2008. Byggforskriftserien - 571.502. *Keramiske fliser - Typer og egenskaper*, 1 August, p. 8.

SINTEF, 2010. Byggforskriftserien - 700.320 *"Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler"*, Trondheim: SINTEF.

Skaret, L. K. R. & Sørengaard, L. J., 2014. *FDV-BIM Toppidrettssenteret i Granåsen*.

[Internett]

Available at:

http://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/2014_hig1_lkrskaret_ljsorengaard_toppidrettssenteret.pdf

[Funnet 18 April 2016].

SSG, 2013. *FDV dokumentasjon (forvaltning, drift og vedlikehold) SSG garderobeskap og tilsvarende produkter*, Oslo: Sarpsborg Metallindustri AS.

Standard Norge, 2015. *Standard.no*. [Internett]

Available at: http://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/bygg-anlegg-og-eiendom/2015/ns-83602015-bim-objekter/?gclid=CjwKEAiA8K20BRDetNv3p6DNhXwSJADSw3tCkMiBZdhDtgkuQfkJnalOFF_TFj7d1pxmtLCbCcr_hoCbzXw_wcB

[Funnet 14 Januar 2016].

Standard Norge, 2015. *Universell utforming av byggverk*. [Internett]

Available at: <https://www.standard.no/fagomrader/arbeidsmiljo-og-hms/universell-utforming/universell-utforming-av-byggverk/>

[Funnet 21 Januar 2016].

SWEDOOR, 2015. *FDV 2015 Massiv dør malt*. [Internett]

Available at: <http://www.swedoor.no/pages/file.ashx?p=/media/3956353/fdv-md-malt.pdf>

[Funnet 06 April 2016].

Tahir, A. & Wong, E., 2013. *Integrert FDV-BIM utvikling gjennom byggeprosessen*, Grimstad: Universitetet i Agder.

Tarkett, 2012. *Standard Plus*. [Internett]

Available at:

http://prosjekt.tarkett.no/productimage/Bureau/Media_Library/HOMOGENEOUS/Documents/Maintenance/NO/MD_NO_Plus.pdf

[Funnet 6 April 2016].

Tarkett, 2012. *Veneto xf² 2.0 mm*. [Internett]

Available at:

http://prosjekt.tarkett.no/sites/tarkettb2b_no/files/productimage/Bureau/Media_Library/LINO_LEUM/Documents/Maintenance/NO/MD_NO_Linoleum-xf.pdf
[Funnet 6 April 2016].

Teknisk Ukeblad, 2013. *3D-modellering av veiprosjekter reduserer ekstrakostnadene fra 20 til 5 prosent*. [Internett]
Available at: <http://www.tu.no/samferdsel/2013/11/06/3d-modellering-av-veiprosjekter-reduserer-ekstrakostnadene-fra-20-til-5-prosent>
[Funnet 12 Januar 2016].

Teknisk Ukeblad, 2015. *Asbest kan gi uhelbredelig kreft på bare to uker*. [Internett]
Available at: <http://www.tu.no/artikler/asbest-kan-gi-uhelbredelig-kreft-pa-bare-to-uker/223288>
[Funnet 4 April 2016].

UiS, 2016. *Offshoreteknologi: Industriell teknologi og driftsledelse master 2 år*, Stavanger: Universitetet i Stavanger.

Undervisningsbygg, 2011. *Forenklet konseptvalgutregning for Munkerud Skole*, Oslo: Undervisningsbygg Oslo KF.

Undervisningsbygg, 2012. *Husleieavtale for nye/rehabiliterede bygg - Munkerud skole*, Oslo: Undervisningsbygg Oslo KF.

Valen, M. S. et al., 2013. *Best praksis prosjektledelse*, Trondheim: NTNU.

Veidekke, 2013. *Veidekke skal bygge nye Munkerud Skole i Oslo*. [Internett]
Available at: <http://veidekke.no/om-oss/nyheter-og-media/pressemeldinger/article87151.ece>
[Funnet 24 2 2016].

Veidekke, 2016. *Munkerud Skole, Oslo*. [Internett]
Available at: <http://veidekke.no/prosjekter/article8058.ece>
[Funnet 15 Februar 2016].

Verma, A. K., 2015. *Introduction to OFF540 - Condition Monitoring and Management*. Stavanger: UiS.

11 Vedlegg

- i. FDV-dokumentasjon «Royal kledning», Moelven



MOELVEN FDV-DOKUMENTASJON

ROYALHELTRKLEDNING AV BARTRE TIL UTVENDIG

BRUKPRODUKTBEKRIVELSE

Heltrekledning av bartre produseres hovedsakelig av trevirke fra gran og furu. Produktkrav, de vanligste profiler og dimensjoner er beskrevet i SN/TS 3186. Kledningsbord leveres som regel med saget framside.

Royal er kobberimpregnert (CU). Mens treet er fullt av vann, innsettes det i en ny tube som fylles med linolje oppvarmet til 80 graders temperatur. Dermed kokes vannet ut, og oljen trenger inn ca. 5 millimeter i treet. Denne oljen kan være med eller uten pigment. Eksempler på produkter er kledning, lekter, vannbrett, terrassebord, altanrekker og takbord. I tillegg merker vi med hvilken impregneringsklasse det er impregnert etter, dvs enten NS klasse AB eller A også med krone. AB er over mark, mens A kan brukes i jordkontakt.

Antatt levetid/brukstid

Den biologiske / ytre påvirkningen på treverket vil variere avhengig av konstruksjonen. Her vil konstruksjonenes beliggenhet, klima, utførelse og lignende påvirke treslagets levetid.

Royal impregnert klasse AB bruk over mark holdbarhetsklasse 1
Avkappede flater bør behandles.

ANVISNINGER FOR DRIFT OG VEDLIKEHOLD

Rengjøring og rengjøringsmetoder

For produkter som er synlige bør det benyttes midler som er beregnet for vasking av utvendig treverk.

Ettersyn/kontroll

Produktet må ettersees for eventuelle råteangrep jevnlig.

Montering

Gjelder følgende produkter: Kledningbord, Takbord og Terrassebord.

Festemidler: anbefales: rustfrie spiker eller skruer (selvborende og senkende)

Beslag: Rustfritt stål, Kobber, Plastikk, belagt (coated) aluminium eller heinzink

Vedlikeholdsinstruks og -intervall

Det er mindre vedlikehold med Royal kontra vanlig CU eller malt kledning. Avhengig av byggets beliggenhet, konstruksjon og klimatiske forhold, må det påregnes et strøk med ny olje etter 6-8 år på fasader og etter 3-4 år på terrasser. Her kan det benyttes f.eks. Royal olje eller Jotuns beis Trebitt. HUSK: Royal skal ikke beises umiddelbart etter montering.

Fuktbestandighet

Er ømfintlig overfor fukt.

1. MILJØPÅVIRKNING

Produktet er ment for utvendig bruk og vil ikke påvirke innemiljø.

2. HMS-REFERANSER

Se HMS-FAKTA angående henvisninger til Arbeidstilsynets publikasjoner.

3. BEHANDLINGSMÅTE FOR AVFALL IHT. NS 9431

Avfallstype: Overflatebehandlet trevirke.
Avfallshåndtering: Forbrenning og energiutnyttelse. Opprinnelse - Næring: Bygg og anlegg.
Kode for avfallsbehandling: 1142 | 0400 | 0600 | _ _ _ _

Øvrige opplysninger

Det er ikke relevant med resirkulering av dette produktet.

4. TEKNISK SERVICE

Produsent/importør Moelven Wood AS
Organisasjonsnr. NO 9418 09030
MVA Postadresse Sagvegen
Postnr. og poststed 2074 Eidsvoll Verk
Telefon (+47) 63 95 97 50
Telefax (+47) 63 95 97 80
E-post post.wood@moelven.no
Internettadresse www.moelven.no

ii. Vedlikeholdsplan- Undervisningsbygg



Vedlikeholdsplan

[Skolenavn]

[Bygningsnavn]

Periode: [periodeutvalg] Strakstiltak:
 Forvaltningsidentifikasjon: [forvaltningsid] Etterslep:
 Bygningsidentifikasjon: [bygningssid] Vedlikeholdstiltak:

* P/T - Planlagt / Tilstandsbasert

Id, tiltak	Kilde-henvisning	Aktivitet	Lokasjon	P/T*	Basisår/utførelsesfrist	Intervall	Omfang	Enhet	Pris pr utførelse	Års-kostnad	Ansvar
[BYGNINGSDELNUMMER] – [BYGNINGSDELBSKRIVELSE]											
Strakstiltak											
Etterslepstiltak											
Vedlikeholdstiltak											

Id, tiltak	Kilde-henvisning	Aktivitet	Lokasjon	P/T*	Basisår/utførelsesfrist	Intervall	Omfang	Enhet	Pris pr utførelse	Års-kostnad	Ansvar
Strakstiltak											