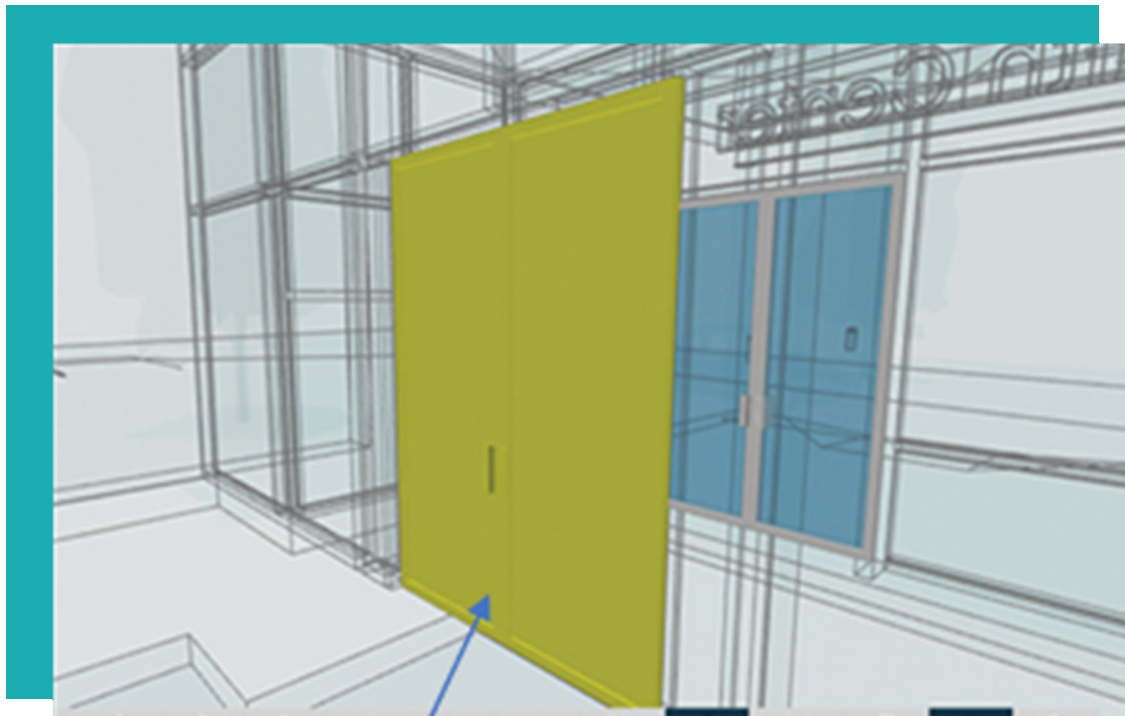


Integrering av HMS i bygge- og anleggsprosjekt ved bruk av Building Information Modelling (BIM): Et forprosjekt om barrierer og muligheter

Forfattere: Kari Anne Holte, Leif Jarle Gressgård og Kari Kjestveit

Rapport nr.: 35/2020, NORCE Samfunn



Rapporttittel: Integrering av HMS i BIM, forprosjekt
Prosjektnummer: 102855
Institusjon: NORCE Samfunn
Oppdragsgiver(e): BNL
Gradering: Åpen
Rapport nr: 35/2020
ISBN: 978-82-8408-125-0
Antall sider: 61
Publiseringsdato: Desember
Bildekreditering:
Stikkord: BIM, HMS, bygg og anlegg

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1. Innledning	9
1.1. Bakgrunn for prosjektet - IA-avtalen 2019-2022	9
1.2. Bransjeprogram i bygg og anlegg	9
2. Teoretisk og analytisk rammeverk for studien	10
3. Metode	13
3.1. Kunnskapsoppsummering	13
3.2. Intervjuer med ulike aktører i BA-bransjen	13
3.2.1. Bedrifter og informanter	13
3.2.2. Intervju	14
3.2.3. Analyse	14
3.2.4. Etikk	14
4. Hva har vi av forskning og statistikk	15
4.1. Studier som har sett på integrering av HF/E i BIM	15
4.1.1. Rom-/ omgivelsesanalyser	16
4.1.2. Visualisering, simulering og vurdering av manuelt arbeid på byggeplass, biomekaniske belastninger	19
4.2. Bransjens risikobilde	22
4.2.1. Et overblikk over risikobildet – internasjonal forskning	22
4.2.2. Hva sier norsk statistikk?	23
4.2.3. Støy	25
4.2.4. Vibrasjon	28
4.3. Risikofaktorer for utvikling av muskelskjelettplager	29
5. Erfaringer fra BA-bransjen og integrering av HMS i BIM	31
5.1. Dagens utfordringer og praksiser i HMS-arbeidet sett fra HMS/ BHT og fra prosjektering	31
5.1.1. Helse, miljø og sikkerhet – roller og dilemma	31
5.1.2. Verktøy og strategier for arbeid med HMS	33
5.1.3. Erfaringsoverføring / læring av hendelser	36
5.2. Prosjektering, faser og roller, HMS som tema og utfordring	37
5.2.1. Prosjekteringsfase - bygg	37
5.2.2. Prosjekteringsfase – utbygging	39
5.3. Hva skal til for at BIM skal kunne være et godt verktøy for å fremme god HMS og redusere risiko i BA-bransjen?	40
5.3.1. Dagens bruk av BIM	40
5.3.2. Potensialet i BIM	43

6.	Diskusjon av funn.....	44
6.1.	HMS i BIM, eksisterende forskning og koblingen til de utvalgte parameterne (støy, vibrasjon og MSD)	44
6.2.	Rammebetingelsene for BIM	46
6.3.	Rammebetingelsene for integrasjon av HMS.....	47
7.	Konklusjon	52
8.	Referanser	53
9.	Vedlegg	58
	Vedlegg 1: NOEN NYTTIGE LINKER	58
	Vedlegg 2: INTERVJUGUIDE	59

Ordliste

BA	Bygg og anlegg
BIM	Building information modelling
BHT	Bedriftshelsetjeneste
BNL	Byggenæringens landsforening
dBA	Desibel (lydnivå) med A-veiet skala (de frekvensene vi hører best)
DES	Discrete event simulation
DHM	Digital human models
EMG	Elektromyografi
HAV	Hånd- og armvibrasjon
HAVS	Hånd-arm vibrasjonssyndrom
HF	Human factors
HF/E	Human factors/ergonomics
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
IA	Inkluderende arbeidsliv
MSD	Musculoskeletal disorder / muskelskjelettlidelser
NOA	Nasjonal overvåkning av arbeidsmiljø og helse
PMTS	Predetermined motion time systems
SJA	Sikker jobbanalyse
SHA	Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
UNE	Ulnar nerve entrapment
VHF	Virtual human factors
VR	Virtual reality
3D	Tredimensjonal
4D	Firedimensjonal

Forord

Denne rapporten oppsummerer funnene fra et forprosjekt som hadde som målsetning å undersøke hvordan HMS-utfordringer i bygg og anlegg kan inkluderes i BIM-modeller. Forprosjektet er utført på vegne av Byggenæringens landsforening (BNL) og skal legge grunnlag for videre arbeid med komplementering av BIM med HMS-relatert informasjon, med spesielt fokus på helserelaterte risikofaktorer. Rapporten gir status for integrering av human factors/ergonomics (HF/E) i BIM, samt risikobilder for støy, vibrasjon og muskelskjelettplager (MSD). I tillegg gis det innsyn i hvilke erfaringer ulike bransjeaktører har med bruk av BIM, inklusive deres egne tanker om hvordan HMS kan integreres i BIM.

Resultatene i rapporten er delt mellom en kunnskapsoppsummering (litteratur) (kap. 4) og en empirisk del (intervjuer) (kap. 5). Kunnskapsoppsummeringen kan være tung lesning, ettersom den gjengir en del tekniske studier av støy, vibrasjon, visualisering etc. Med mindre man har dette som fagfelt, anbefaler vi leseren å konsentrere seg om kapittel 5 (intervjuene) og deretter kapittel 6 (diskusjonen), hvor de viktigste punktene fra kunnskapsoppsummeringen blir omtalt i lys av øvrige resultater i forprosjektet.

Prosjektgruppen er satt sammen av Kari Kjestveit, Leif Jarle Gressgård og Kari Anne Holte, der sistnevnte har vært prosjektleder. Prosjektgruppen vil rette en stor takke til alle som har bidratt til gjennomføringen. Vi vil rette en stor takk til BNL som oppdragsgiver, og som gjennom hele forløpet har bistått som diskusjonspartner og tilrettelegger. Videre vil vi rette en stor takk til alle virksomhetene som velvillig har lagt til rette for og stilt til intervjuer.

Stavanger, 08. desember 2020



Kari Anne Holte, prosjektleder

Sammenheng

Fra 1. januar 2019 ble en ny IA-avtale gjeldende (IA: Inkluderende arbeidsliv). Avtalen setter arbeidsplassen i sentrum og skal støtte opp under det arbeidet som ledere, tillitsvalgte, verneombud og ansatte gjør. En konsekvens av dette er blant annet etableringen av bransjeprogrammer i sektorer og bransjer der partene har blitt enig om å sette inn spisset og prioritert innsats. En av de valgte bransjene er bygg og anlegg (heretter: BA). BA-bransjen har et sammensatt risikobilde knyttet til eksponering. Deler av bransjen har et høyt sykefravær og rapporterer om høyere arbeidsrelatert fravær enn gjennomsnittet. Innenfor rammen av avtalen har bransjen selv besluttet egne innsatsområder, som operasjonaliseres gjennom prosjekter og bedriftsinterne aktiviteter. Et slikt prosjekt omhandler building information modellering (BIM); et prosjekteringsverktøy som i stadig større grad tas i bruk i store BA-prosjekter.

Building information modellering (BIM) er et verktøy som brukes for å planlegge og visualisere elementer i BA-prosjekter. BIM er en digital modell av et bygg eller en konstruksjon, hvor de ulike objektene vises i 3D. Det er også en arena for informasjonsutveksling, som fasiliterer tilgang til alle tilgjengelige data gjennom hele prosessen. BIM brukes i alle faser av et prosjekt; fra prosjektering i tidlig fase, til avveininger underveis, oppdeling av kontrakter og som dokumentasjon i driftsfasen. BIM-modeller fungerer som erstatning for eller som supplement til tradisjonelle tegninger i driftsfasen, og de gjør det lettere for involverte parter å sette seg inn i prosjektets ulike elementer.

Målsetningene med dette prosjektet er a) å undersøke kunnskapsgrunnlaget i forskningslitteraturen for integrasjon av HMS i BIM, med fokus på støy, vibrasjon og muskelskjelettplager (MSD) (som valgte fokusområder i bransjeprogrammet), og b) å kartlegge bransjens status med hensyn til hvordan HMS integreres i BIM, inklusive aktørenes egne tanker om hvordan HMS kan integreres i BIM, og der vi spesielt søker å belyse de helserelaterte aspektene.

Teoretisk rammeverk

Vi har tatt utgangspunkt i et rammeverk for integrering av HF/E i design av produksjonssystemer (Neumann & Village, 2012) (se figur 2:1). Kort fortalt mener forfatterne av denne modellen at helse og sykdom ofte blir håndtert på oppgave- eller individnivå, og at denne informasjonen i liten grad tilbakeføres til designfase (ibid.), i motsetning til faktorer som produktivitet og kvalitet. En målsetning er derfor at informasjon om alle utfall tas inn i designfasen på lik linje.

En annen modell som er brukt i rapporten (se figur 2:2) synliggjør sammenhengene mellom beslutninger, utforming av produksjonssystem, eksponering, akutte responser og helse spesifikt for MSD (Westgaard & Winkel, 2002). Modellen synliggjør koblingen mellom individuelle responser og arbeidsplassen. Den bidrar derfor til å synliggjøre den arbeidsrelaterte eksponeringen og hva som er arbeidsgivers ansvar når det gjelder risikostyring.

Det sammensatte bildet av ulykker, skader, helseplager og sykefravær er en stor utfordring for BA-bransjen. Studier som har tatt det sammensatte årsaksbildet i betraktning peker på at helse er mer utfordrende og konseptuelt annerledes å håndtere enn sikkerhet (Jones et al., 2019), og forklarer dette med blant annet latenstid og eksponeringsnivå. I diskusjonen av resultatene har vi også tatt i bruk Grote (2012), hvor avveiningen mellom minimering og håndtering av risiko står sentralt.

Metode

Empirien (dataene) i prosjektet har vært todelt. Kapittel 4 refererer til en kunnskapsoppsummering, hvor vi har sett på forskningslitteratur innenfor Human factors og ergonomi (HF/E) og hvordan dette inkluderes i BIM. Kunnskapsoppsummeringen har også sett på BA-bransjens risikobilde, dvs. hva som finnes av kunnskap om risikofaktorer for akutte skader og helseskader, og om hva de skyldes. Det er her snakk om både internasjonal forskning og norsk statistikk. Når det gjelder risikofaktorer for helse, er det tre typer som blir omtalt spesielt; støy, vibrasjon og risikofaktorer for utvikling av muskelskjelettplager (musculoskeletal disorder, MSD). Dette er områder som BNL har valgt som satsningsområder i sitt bransjeprogram.

For kunnskapsoppsummeringen er det søkt i internasjonale forskningsdatabaser med egnede søkerord og utvalgsriterier. Forskningsartikler som ble funnet relevante er omtalt i resultatene. Norsk statistikk baserer seg på tall og studier fra Arbeidstilsynet, Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI), Nasjonal overvåking av arbeidsmiljø og helse (NOA), Statistisk sentralbyrå (SSB), Levekårsundersøkelsen (LKU) og Arbeidskraftundersøkelsen (AKU).

Kapittel 5 omhandler erfaringer med BIM fra den norske BA-bransjen. Til denne studien har vi intervjuet representanter for rådgivende ingeniører, byggherre og entreprenører. Bedriftsutvalget består av tre entreprenører, en byggherre og et konsulentfirma, hvorav alle er store og sentrale aktører i norsk BA-bransje. Til sammen har vi intervjuet 15 personer gjennom fem fokusgruppeintervju og to individuelle intervju. Alle intervjuene ble gjennomført via Teams.

Resultater

Kunnskapsoppsummeringen avdekket at studier av HF/E i BIM i stor grad kan deles i to hovedgrupper: 1) Rom-/omgivelsesanalyser og 2) Visualisering, simulering og vurdering av manuelt arbeid på byggeplass, biomekaniske belastninger. Fellestrekk for disse studiene er at de baserer seg på bruk av visualisering, som eksempelvis BIM, sammen med andre typer verktøy som matematisk modellering og simulering. Alle studiene viser til behov for kunnskap om arbeidsprosessene som foregår rundt objektene i BIM som viktig for å forstå HMS-relaterte aspekter. Dette kan være konkret informasjon om utstyr, verktøy, transport og omgivelser og romlige forhold. Videre adresserer mange av studiene mulighetene for å visualisere arbeidsprosessene rundt objektene. Dette kan inkludere bruk av VR-teknologi, der ansatte utfører operasjoner i det virtuelle rommet, for så å avdekke risiko. Studiene som spesifikt adresserer MSD utfører observasjoner/målinger på byggeplass eller i laboratoriet for å innhente data om arbeidsutførelse rundt de enkelte objektene, som igjen anvendes inn i matematiske modeller, der arbeidsoperasjoner så simuleres i det digitale rommet ved hjelp av digitale modeller, for så å risikovurderes.

Når det gjelder eksponering, så viser oppsummeringen at støyeksposering forårsakes av konkrete støykilder og støykarakteristika ved disse (toppverdier, gjennomsnittsverdier og avstand). Videre er fasen utbyggingen er i, sentralt for risikobildet. Det samme er oppgavene og materialbruk, og ikke minst kombinasjonstøy og hvilke støytyper som kombineres. Informasjon som vil kunne kobles til BIM er: informasjon om støykilder, hvilken støy de avgir, avstandsforhold, informasjon om kombinasjonstøy, og materialer som bidrar til støy under bearbeiding. Et viktig aspekt ved støy er kombinasjonstøy. I dette ligger det at objekter/aktiviteter som krever utstyr eller materialer som bidrar til støy installeres og/eller utføres flere steder på en byggeplass, der det foregår mange parallelle aktiviteter over tid. Dette er støyutfordringene som synliggjør organisatoriske

utfordringer, hvor supplerende metodikker eller teknologier (simuleringer, 4D etc.) kan være påkrevd i forebyggingen.

For vibrasjon gjelder det at vibrasjon fra håndholdte verktøy og maskiner, samt vibrasjon som overføres fra maskiner via underlag, er helseskadelig. Informasjon om verktøy som skaper vibrasjon, samt på hvilket nivå, vil kunne kobles til BIM. Når det gjelder risikofaktorer for muskelskjelettplager, er disse kjent, og vi har kunnskap om hvor utsatt bransjen er. Men vi har lite fagspesifikk kunnskap knyttet til yrkesgrupper og de konkrete oppgavene og prosessene oppgavene inngår i. De få studiene som oppsummerer eksisterende kunnskap, viser stor variasjon i studerte oppgaver, noe som gjør det vanskelig å konkludere. Bedriftenes egne risikovurderinger og eget arbeid vil derfor være sentralt i hvordan muskelskjelettplager forebygges gjennom BIM.

Intervjuene viser at BIM, slik det brukes i dag, i liten grad utnyttes for å designe bort risikofaktorer i tidlige faser av et prosjekt. Samtidig viser intervjuene at det etableres arenaer for samhandling og dialog rundt modellene, og at dette kan gi et godt grunnlag for å ivareta HMS, dersom de åpnes for nye aktører inn i diskusjonene. Det er i dag liten grad av involvering og erfaringsoverføring nedenfra, noe som gjelder for kompetanse som HMS/BHT sitter inne med, og for operativ kompetanse hos ansatte i forhold til forståelse av prosjektenes byggbarhet. BIM har et stort uutnyttet potensial, gjennom muligheten til å visualisere og gjennom inkludering «bottom-up».

Et generelt funn fra studien, og som vi ønsker å trekke fram, er hvordan de ulike bokstavenes betydning i HMS og SHA vektlegges, og i dette tilfellet; vektlegges ulikt. Gjennomgående er det S-en, altså sikkerhet, som ivaretas. H-en (helse) erfares som mer utfordrende og vanskelig, og skyves derfor nedover i kjeden, og ansvaret blir liggende på operativt nivå. Basert på hovedfunnene og prosjektets målsetninger, er diskusjonen delt i to deler: potensialet i BIM og hvordan dette kan utnyttes, og de trekk bransjen har som fasiliterer eller forhindrer en god utnyttelse av dette potensialet.

Konklusjon

Denne studien viser at potensialet for integrasjon av HMS i BIM er stort. Dette er basert på gjennomgangen av forskning som omhandler integrasjon av HMS i BIM og på vår studie av eksisterende praksiser rundt BIM hos utvalgte aktører i Norge. Det ligger et potensiale i teknologien og hvordan den kan videreutvikles til å inkludere HMS. BIM viser seg som et godt samhandlingsverktøy, men det er per i dag mangelfull systematikk når det gjelder inklusjon av HMS som tema. Vår studie viser at prosessene rundt BIM i liten grad inkluderer relevant fagkompetanse som HMS og BHT. For å forebygge og designe/prosjekttere bort risiko for skader og helseplager gjennom BIM, peker funnene på at det bør velges ut noen få og målbare risikofaktorer (f.eks. støy) som BIM utvikles i forhold til. Dersom dette lykkes, kan man deretter gå videre med andre helserelaterte utfordringer. Helseplager utvikles over tid og kan ha mer sammensatte årsaksforhold enn akutte skader. Vi anser derfor utvikling av BIM mot 4D som et viktig grep for å designe bort risiko i tidligfase.

BA-bransjen har flere særtrekk som kan forhindre en god utnyttelse av BIM. Prosjekter er til dels komplekse, store og unike, dog tidsavgrensede, men med involvering av mange ulike aktører gjennom mange ledd og over en rekke faser. Funnene blant norske aktører peker på at bransjen er svak på organisatorisk læring, der vi spesielt finner at det i liten grad finnes læringssløyfer fra operativt nivå til prosjekteringsfase, og der manglende kunnskap om byggbarhet hos de

prosjekterende trekkes fram. Vi vil derfor peke på viktigheten av å sikre riktig og tidlig nok involvering fra operativt nivå også i prosjektering. Det er i prosjekteringsfasen at premissene blir satt, også for utvikling av BIM-modellene.

BA-bransjen har fokus på og systemer for å håndtere sikkerhet og ulykker. Denne studien indikerer at det prosjektbaserte blir en barriere for tiltak rettet mot å redusere helserelaterte risikofaktorer på systemnivå. Dette kan skyldes at helseplager med lang latenstid og sammensatt risikobilde skiller seg fra skader som er akutte og direkte forårsaket av observerbare hendelser. Håndtering av helserelatert risiko på operativt og individuelt nivå, blir dermed virksomhetenes strategi fremfor minimering av helseisiko på systemnivå. Økt forståelse og kunnskap om bedriftens eget risikobilde og systembasert ledelse i forhold til arbeidsrelaterte risikofaktorer for helseplager, vil kunne øke forutsetningene for god utnyttelse av BIM for å prosjektere bort helserelaterte risikofaktorer.

1. Innledning

1.1. Bakgrunn for prosjektet - IA-avtalen 2019-2022

Fra 1. januar 2019 ble en ny IA-avtale gjeldende¹. Avtalen setter arbeidsplassen i sentrum og skal støtte opp under det arbeidet som ledere, tillitsvalgte, verneombud og ansatte gjør. Innsatsområdene er blant annet rettet mot det forebyggende arbeidsmiljøarbeidet. Innsatsen skal være kunnskapsbasert og rettet mot reelle behov på den enkelte arbeidsplass. En konsekvens av dette er blant annet etableringen av bransjeprogrammer i sektorer og bransjer der partene har blitt enig om å sette inn spisset og prioritert innsats.

1.2. Bransjeprogram i bygg og anlegg

En av de valgte bransjene er bygg og anlegg². Deler av bransjen har et høyt sykefravær, og rapporterer om høyere arbeidsrelatert fravær enn gjennomsnittet. Den har videre et bredt sammensatt risikobilde knyttet til eksponering. Bransjen har blitt tildelt midler i IA-avtalens varighet for å gjennomføre tiltak for å redusere sykefravær og frafall. Innenfor rammen av avtalen har bransjen selv besluttet egne innsatsområder, som operasjonaliseres gjennom prosjekter og bedriftsinterne aktiviteter. Flere av prosjektene er knyttet til spesifikke eksponeringskilder, der enkeltbedrifter gjennomfører aktiviteter basert på spesifikke problemstillinger tilknyttet muskelskjelettlidelser (MSD), støy, vibrasjon og psykososiale utfordringer. Basert på hva bedriftene selv anser som sine største utfordringer, gjennomfører bedriftene egne kartlegginger, analyser, tiltak og evalueringer i tråd med dette. Andre prosjekter skal bidra til teknologiutvikling. Et slikt prosjekt omhandler building information modellering (BIM), som er et verktøy for å planlegge og visualisere elementer i BA-prosjekter. Mer formelt kan BIM omtales og beskrives som teknologisk avanserte, samhandlingsbaserte og informasjonsfokuserede prosesser, benyttet for design, utbygging og bruk av bygningsomgivelser (Muzafar, 2020). Prosjektet skal se på hvordan HMS-utfordringer innen bygg og anlegg kan inkluderes i BIM, eller sagt på en annen måte; hvordan prosjektering /planlegging kan bruke BIM til å redusere eller designe bort spesifikke risikofaktorer for helseplager og ulykker. På sikt kan dette bidra til risikoreduksjon gjennom design og forbedret planlegging av BA-prosjekter.

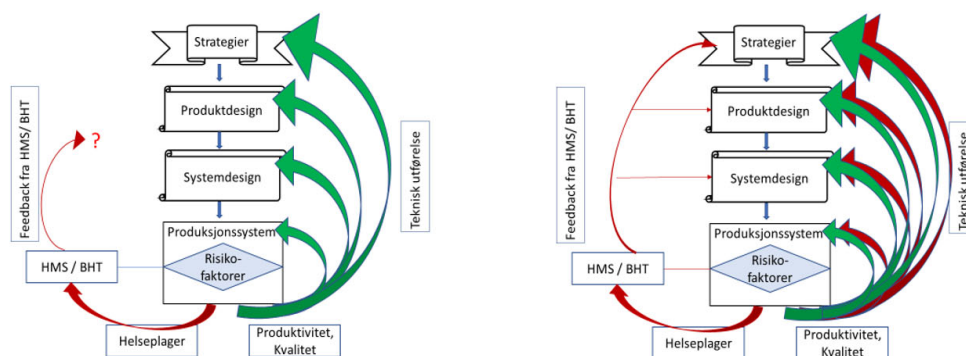
Denne rapporten oppsummerer funnene fra et forprosjekt som skal legge grunnlag for et hovedprosjekt for komplementering av BIM med HMS-relatert informasjon. Forprosjektet er utført på oppdrag fra BNL og gir en kunnskapsstatus for integrering av human factors/ergonomics (HF/E) i BIM, risikobildet for støy, vibrasjon og MSD. Avgrensingen til HF/E er basert på at støy, vibrasjon og MSD er valgte fokusområder i bransjeprogrammet. I tillegg har forprosjektet kartlagt bransjeerfaringer med BIM, inklusive bransjens egne tanker om hvordan HMS kan integreres i BIM.

¹ <https://www.regjeringen.no/globalassets/departementene/asd/dokumenter/2018/ia-avtalen-2019-2022.pdf>

² <https://www.regjeringen.no/contentassets/21819f43d6b84966ab4a30416ece31e5/bransjeprogrammer-under-ia-avtalen-20192022.pdf>

2. Teoretisk og analytisk rammeverk for studien

Som utgangspunkt for denne studien benytter vi oss av et rammeverk for integrering av HF/E i design av produksjonssystemer, som vist i figur 2:1 (Neumann & Village, 2012). Dette er en skjematisk modell som viser hvordan kaskader av beslutninger fra strategisk nivå via beslutninger i ulike designfaser (her: produktdesign og systemdesign) avgjør utformingen av produksjonssystemet. Det er her de operative ansatte befinner seg, og modellen viser konsekvensene som valg av design får på ulike utfall, både individuelle (f.eks. helseplager) og utfall som produktivitet og kvalitet. Den venstre figuren synliggjør hvordan helse og sykdom oftest forblir håndtert på oppgave- eller individnivå. Slik informasjon tilfaller i all hovedsak bedriftshelsetjeneste (BHT) eller lignende, og modellen peker på at denne informasjonen i liten grad tilbakeføres til designfase (ibid.), i motsetning til faktorer som produktivitet og kvalitet. En målsetning er derfor å bevege seg fra den venstre til den høyre figuren, der informasjon om alle utfall (inklusive helseplager og ulykker) tas inn i designfasen på lik linje.



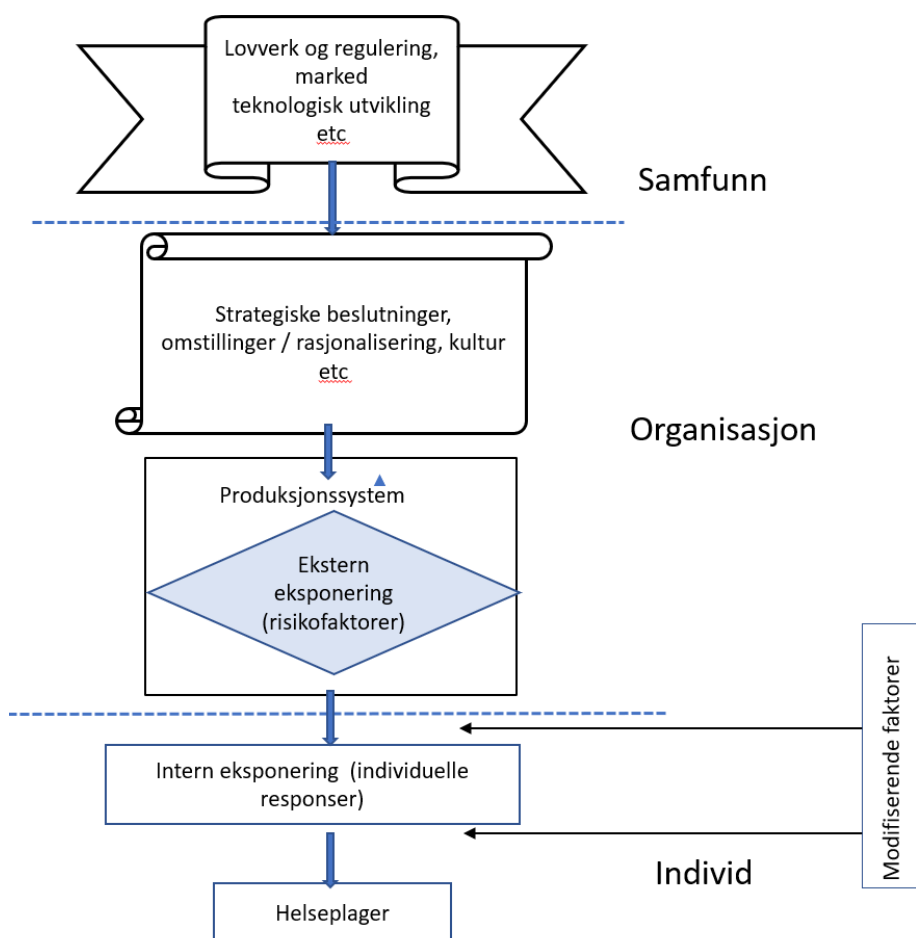
Figur 2:1: *En systemmodell for å forstå integrasjon HF/E i design. Den vanlige situasjonen til venstre, og ønsket situasjon til høyre. Modellen er hentet og oversatt fra Neumann & Village (2012).*

Modellen i figur 2:1 er validert for bilindustri og elektronisk industri (inklusive i en nordisk arbeidslivskontekst) (Neumann and Village, 2012). Skjematikken synes likevel å fungere for BA-prosjekter. Basert på strategier, overordnede beslutninger og valg, legges det føringer for hvordan et bygg skal se ut (byggets arkitektur, innhold og funksjon), tilsvarende det som i modellen omtales som produktdesign. Systemdesign vil for bygg og anlegg kunne betraktes som prosjektering av utbyggingsfasen, som blir bestemmende for produksjonssystemet. I dette tilfellet snakker vi om byggeplassen med de risikofaktorene dette innebærer på ethvert gitt tidspunkt i utbyggingsfasen. En rekke aktører er involvert i store BA-prosjekter, gjeldende for alle de fasene vi har omtalt. Planleggingsfasen betegnes til å ha både en organisatorisk og teknologisk kompleksitet med midlertidighet i sammensetning av team, bidrag fra mange aktører og en kompleks vev av inter- og intraorganisatoriske relasjoner (Lindgard, 2012). I lys av modellen kan dette forklares ved at arkitekter/eiere legger strategiske føringer og setter rammer for bygget/produktet, som deretter operasjonaliseres av byggherre, der videre beslutninger tas i en kompleks dynamikk mellom byggherre, rådgivende ingeniører, arkitekter, entreprenører og underentreprenører.

BIM er en digital modell av et bygg eller en konstruksjon, hvor de ulike objektene vises i 3D. Det er også en arena for informasjonsutveksling, som fasiliteter tilgang til alle tilgjengelige data gjennom hele prosessen. Prosessen inkluderer en rekke samhandlende disipliner, som til sammen etablerer en metode for å jobbe med design og prosjektdata i digitale format gjennom byggets livssyklus (Kubicki et al., 2019). I dette perspektivet kan BIM sammenlignes med det som HF/E-litteraturen omtaler som «virtual human factors (VHF) tools». Dette er verktøy som studerer interaksjoner mellom menneske og system/objekter virtuelt, før det eksisterer et reelt system og reelle ansatte å observere, og som kan benyttes til å optimalisere design mht. ulike risikofaktorer (Perez & Neumann, 2015). Bruk av slike visualiseringsverktøy har tidligere vært begrenset til mer kontrollerte arbeidsmiljø, med standardiserte oppgaver, slik vi finner dem eksempelvis for produksjonslinjer (Shewchuck et al., 2017). Det er muligheten til å observere interaksjon mellom design og individ før et system er i drift, som også utgjør potensialet i BIM (Muzafar, 2020). Det anses at potensialet i BIM er uutnyttet, og kunnskapsoppsummeringen til Muzafar viser at forsøkene på å innlemme HMS fortrinnsvis innebærer forebygging av ulykker (f.eks. fall fra høyde og brannforebyggende tiltak i ferdigstilt bygg), men ikke helserelaterte utfall (ibid.).

Det sammensatte bildet av ulykker, skader, helseplager og sykefravær er en stor utfordring for BA-bransjen. Samtidig er det lite, eller så godt som ingen forskning som har en helhellig tilnærming til dette. En av få tilfeller er en britisk studie som fant at helse er mer utfordrende og konseptuelt annerledes å håndtere enn sikkerhet (Jones et al., 2019). Jones og kolleger studerte barrierer for helserelatert risikostyring. Studien peker på flere forhold som gjør helse mer utfordrende å håndtere enn sikkerhet: Et aspekt er den lange latenstiden for mange helseplager, for eksempel ved håndtering av asbest, som kan medføre kreft fra mellom 30-60 år etter første eksponering. Et annet eksempel er hånd-arm vibrasjonssyndrom (HAVS), med varierende lengder fra eksponering til symptomer, som i tillegg handler om eksponeringsnivå. Tilsvarende gjelder også for muskelskjelettplager (heretter omtalt som MSD), som kan ha kortere latenstid, men som i større grad er vanskeligere å relatere til spesifikke eksponeringer (Jones et al., 2019). Dette vil vi illustrere for MSD i figur 2:2.

Figur 2:2 synliggjør sammenhengene mellom beslutninger, utforming av produksjonssystem, eksponering, akutte responser og helse spesifikt for MSD (Westgaard & Winkel, 2002; 2011). Ekstern eksponering i figur 2:2 tilsvarer det som i figur 2:1 er omtalt som risikofaktorer. Ekstern eksponering kan være både psykososial, fysisk (biomekanisk) og organisatorisk. Biomekanisk eksponering kan kvantifiseres basert på arbeidshøyde, vekt på objekter som løftes, repetisjoner, varighet, altså faktorer som er uavhengig av de ansatte (Holte, 2002). Den nedre delen viser sammenhengen mellom eksponering og helseeffektene på den individuelle ansatte. Intern eksponering kan måles fysiologisk (f.eks. elektromyografi (EMG), som måler muskelaktivitet) eller basere seg på kartlegging og spørreskjema, det vil si subjektive opplevelser av arbeidsmiljøet. Viktig er også det som tidligere er omtalt som andre påvirkningsfaktorer, *modifiserende faktorer*, som kjønn, alder, etnisitet og erfaring, samt faktorer som ikke er relatert til jobb, men som bidrar på hvert trinn i denne kjeden (ibid.). Modellen synliggjør koblingen mellom individuelle responser og arbeidsplassen. Den bidrar derfor til å synliggjøre den arbeidsrelaterte eksponeringen og hva som er arbeidsgivers ansvar når det gjelder risikostyring. Dette står i motsetning til tiltak som retter seg mot andre påvirkningsfaktorer (modifiserende faktorer), f.eks. ulike former for livstiltak etc.



Figur 2:2: *Sammenheng mellom produksjonssystemer, eksponering og effekt (Westgaard & Winkel, 2002 og Westgaard & Winkel, 2011).*

Figur 2:2 synliggjør videre viktigheten av at risiko kartlegges på riktig nivå. Kartlegging av intern eksponering kan være svært krevende. Subjektive metoder, det vil si spørreskjema, har vist seg å gi lite nøyaktige beskrivelser av mekaniske eksponeringer, også gjeldende for byggebransjen (Kock et al., 2016). Studien anbefaler derfor at objektive målinger av aktiviteter, arbeidsstillinger og hjerte-/karbelastninger repeteres over flere dager for å kartlegge variasjon i eksponering. Når det gjelder kartlegging av ekstern eksponering, finnes det en rekke verktøy for risikovurderinger (Takkala et al., 2010; Lind, 2017). Sammen med vurderinger fra ansatte, vil slike risikovurderinger bidra med kunnskap som kan gå inn i tilbakeføringsløyene, som illustrert til høyre i figur 2:1, og *ikke* forbli en loop mellom risikovurdering, BHT og det som omtales som «retrofitting» (best oversatt med å tilpasse oppgavene i ettertid) på oppgavenivå, som vist til venstre i figur 2:1.

Å utnytte potensialet i BIM forutsetter at kunnskap om helse relaterte risikofaktorer/eksponering i «den skarpe enden» (dvs. der arbeidet faktisk utføres) tilfaller designfasen. Det forutsetter også at BIM som teknologi, informasjonsbærer og kommunikasjonsarena legger til rette for inkludering av HMS. Målsetningene med dette prosjektet er derfor a) å undersøke kunnskaps-grunnlaget i forskningslitteraturen for integrasjon av HMS i BIM, med fokus på støy, vibrasjon og MSD (som valgte fokusområder i bransjeprogrammet), og b) å kartlegge bransjens status med hensyn til hvordan HMS integreres i BIM, inklusive aktørenes egne tanker om hvordan HMS kan integreres i BIM, og der vi spesielt søker å belyse de helse relaterte aspektene.

3. Metode

3.1. Kunnskapsoppsummering

BNL har valgt seg ut støy, vibrasjon og MSD som spesifikke satsningsområder. Basert på dette, er følgende kilder og søkestrategi valgt for å avdekke status i forhold til integrering av HMS i BIM:

- 1) Søk på litteratur som omhandler integrering av HMS i BIM med bruk av søkestrengen Ergonomics AND visualization /simulation AND construction. Dette ga 37 treff, hvorav 11 var relevante for dette prosjektet.
- 2) I tillegg ble det gjort spesifikke søk på begrepet Building information modelling (BIM) i hver av journalene Applied Ergonomics, Safety Science, Ergonomics, Journal of Industrial Ergonomics, International Journal of Occupational safety and Ergonomics, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing and Service Industries. Disse ga ett treff.
- 3) Vi har gjort enkle søk for eksponeringene støy (søkeord: noise, hearing loss, construction) og vibrasjon (søkeord: vibration, whole-body, hand arm vibration, construction), og for MSD (søkeord: musculoskeletal, construction). Vi har avgrenset oss til relevante kunnskapsoppsummeringer, eventuelt supplert med primærlitteratur for å utdype forholdet mellom eksponering og organisering/oppgaver, eller for å synliggjøre problemstillinger spesielt relevant for risikoreduksjon ved design og bruk av BIM.
- 4) Norsk statistikk: Arbeidstilsynet, NOA/STAMI

3.2. Intervjuer med ulike aktører i BA-bransjen

I tillegg til gjennomgang av litteratur har vi gjennomført intervjuer hos sentrale aktører i bransjen. Vi ønsket å danne oss et bredt bilde av hvordan ulike aktører i dag benytter BIM. Videre ønsket vi å belyse forståelsen av HMS og praksiser for integrering av HMS i prosjektering/planlegging, sett fra ulike perspektiver. Dette for å gi et generelt bilde av status og utfordringer i HMS-arbeidet, og som indirekte kan påvirke utviklingen av BIM til et godt verktøy.

3.2.1. Bedrifter og informanter

Vi intervjuet representanter for rådgivende ingeniører, byggherre og entreprenører. Bedriftsutvalget består derfor av tre entreprenører, en byggherre og et konsulentfirma, hvorav alle er store og sentrale aktører i norsk bygge- og anleggsbransje. Disse ble valgt ut basert på at de var involvert i BNL sitt bransjeprogram. Gjennom bransjeprogrammet ble det tatt kontakt med disse bedriftenes representanter, som basert på vår bestilling videre kontaktet aktuelle informanter i bedriften, det vil si representanter for prosjektering med erfaring i utvikling og bruk av BIM, samt representanter for HMS/BHT.

For entreprenørene og byggherre fikk vi representanter for begge gruppene (prosjektering/BIM og HMS/BHT). Hos konsulentfirmaet representerte informantene prosjektering med erfaring i bruk av BIM. Til sammen har vi intervjuet 15 personer gjennom fem fokusgruppeintervju og to individuelle intervju. Av disse 15 representerte sju personer HMS/ BHT og åtte personer jobbet innenfor prosjektering med bruk av BIM.

3.2.2. Intervju

Alle intervjuene ble gjennomført på Teams. I utgangspunktet var planen å intervju prosjektering for seg og HMS/BHT for seg. Dette ble gjort for to av entreprenørene og hos det rådgivende ingeniørfirmaet, som bare var representert med prosjektering. Hos en entreprenør og byggherre ble disse faggruppene samlet i ett intervju. Informantene ble innledningsvis gitt informasjon om prosjektet og om hvordan prosjektet håndterer personvern. Selve intervjuet ble gjennomført etter en intervjuguide som var delt inn i tre hovedtema, 1) bransjen og bedriftens HMS-utfordringer, 2) bedriftens bruk av BIM, og 3) hvordan HMS kan innlemmes i BIM (vedlegg 2). Under det siste temaet fikk informantene se en illustrasjon fra en studie, for å vise hvordan man kan utvikle bruken av BIM for å inkludere HMS. Det ble gjort lydopptak av intervjuene, som deretter ble transkribert ord for ord.

3.2.3. Analyse

Innledningsvis ble transkripsjonen av intervjuene lest gjennom. Teksten ble gitt ulike koder og kategorisert etter tema. Dette la grunnlaget for inndelingen i resultatdelen av rapporten.

3.2.4. Etikk

Studien er meldt inn og godkjent hos Norsk senter for forskningsdata (NSD).

4. Hva har vi av forskning og statistikk

4.1. Studier som har sett på integrering av HF/E i BIM

Basert på søkene som omtalt i metode (kap. 3.1.) fant vi 37 + 1 treff. Det ene treffet basert på gjennomgang av relevante journaler (Søk 2), var en kunnskapsoppsummering (Muzafar, 2019). Den er ikke gjengitt i resultatdelen, men den blir referert til i rapporten som sådan. Av de 37 treffene, var det 11 artikler med titler som var relevante, listet i tabell 1. Basert på fulltekst og abstrakt (der fulltekst ikke var tilgjengelig), sto vi igjen med fem artikler. To var ikke tilgjengelige i fulltekst (Li et al., 2018; Golabchi et al., 2015), men disse er publikasjoner fra studier inkludert i artikler vi allerede har i fulltekst. Fire artikler viste seg å være på siden av dette prosjektets formål, selv om de har relevans for tematikken adressert i dette forprosjektet (Boje et al., 2020; Kubichi et al., 2019; Li et al, 2019; Yuan et al., 2016). De er derfor ikke oppsummert i denne rapporten.

Tabell 1: Funn fra litteratursøk

Forfattere	Årstall	Vitenskapelig journal	Tilgjengelig som fulltekst	Tema	Relevans
Getuli et al	2020	Automation in construction	x	Visualisering, risikoanalyser omgivelsesanalyser	x
Boje et al	2020	Frontiers of engineering management		koordinering, samhandling og språk	
Kubicki et al	2019	Automation in construction	x	koordinering, samhandling og språk	
Li et al	2019	Automation in construction	x	Simulering og risikovurdering	x
Golabchi et al	2018	Automation in construction	x	Simulering og risikovurdering	x
Golabchi et al b	2018	Automation in construction	x	Simulering og risikovurdering	x
Li et al	2018	Journal of construction engineering and management		Simulering og risikovurdering	x
Shewchuket al	2017	IEEE transaction of human machine systems	x	Simulering og risikovurdering	x
Jin et al	2017	Advanced engineering informatics	x	Visualisering, risikoanalyser, midlertidige konstruksjoner	x
Yuan et al	2016	Applied ergonomics	x	Matematisk modellering og simulering av biomekanisk belastning	
Golabchi et al	2015	Journal of construction engineering and management		Simulering og risikovurdering	x

De studiene som er relevant for problemstillingene adressert i dette forprosjektet er oppsummert i de følgende kapitlene, der vi har delt i studiene i to hovedgrupper: Rom-/omgivelsesanalyser (4.1.1) og Visualisering, simulering og vurdering av manuelt arbeid på byggeplass, biomekaniske belastninger (4.1.2). Flere av studiene anvender det som tidligere er omtalt som «virtuell human factors (VHF) tools». Tabell 2 gir en kort beskrivelse av hva disse verktøyene består av.

Tabell 2: Beskrivelser av ulike verktøy for integrering av (HF/E) i designfase

«Virtual human factors (VHF) tools»

«VHF= virtual human factors» kan defineres som den disiplinen som søker å forstå interaksjon mellom mennesker og andre objekter i et «virtuelt» system, og dermed før det eksisterer et reelt system og reelle ansatte å observere, å kunne optimalisere forholdet mellom helse og utførelse, kvalitet og økonomi (Perez & Neumann, 2015). Nedenfor følger en forklaring på hvilke verktøy («VHF-tools») som kan anvendes for dette formålet.

Predetermined motion time systems (PMTS): Dette er et verktøy for å evaluere tiden det tar å gjennomføre ulike oppgaver, basert på kravene til oppgaven og standard varighet. Det vil si at oppgaven beskrives som sekvenser av handlinger, hvor hver av disse tilskrives en standard varighet basert på tabeller med stipulerte/forhåndsbestemte tabellverdier, eventuelt tidsstudier og / eller videopptak (Wells et al., 2007; Perez & Neumann, 2015). Ergonomiske tilleggsmoduler eksisterer (Perez & Neumann, 2015).

Discrete event simulation (DES): Verktøyet beskriver komponentene i et system, dvs. arbeidsstasjoner, maskiner og de logiske sammenhengene mellom, og der modellene fores med data om adferd knyttet til disse komponentene. Dette kan f.eks. være statistiske fordelinger for arbeidssykluser for operatører som muliggjør det å sette et slik system i produksjon virtuelt over en gitt tidsperiode og dermed også beregne f.eks. effektivitet (Wells et al., 2007). DES gir rom for å studere alternative design av et system, predikere utfall basert på dynamikkene i systemet som studeres, og dermed gjøre endringer i designet i planlegging (Perez and Neumann, 2015). Verktøyet har vist å være anvendbart for å adressere HF/E (Ibid.), Dode et al., 2016)

Digital human models (DHM): Dette er digitale modeller av mennesker i interaksjon med omgivelsene. Verktøyet er spesielt anvendbart for å evaluere rekkevidde, tilpasning og risiko basert på arbeidsstilling, kraftutvikling og varighet og finnes i både to- og tredimensjonale versjoner (Perez & Neumann, 2015). Verktøyet kan vurdere både mekanisk og mental belastning et menneske møter i utførelsen av en oppgave (Dode et al., 2016).

Virtual reality (VR): En digital representasjon av omgivelser, der brukere kan interagere gjennom PC, briller eller hansker (Perez & Neumann, 2015).

4.1.1. Rom-/ omgivelseranalyser

To studier utvikler metodikker for å visualisere tilgjengelighet, utforming og størrelse på rommet eller omgivelsene rundt ulike objekter som skal installeres eller bearbeides, for videre å undersøke hvordan arbeidet kan utføres i de gitte omgivelsene på en effektiv og risikoreducerende måte. En av studiene omhandler nødvendige areal og rom som trengs for å etablere, plassere eller bygge komponentene som et bygg består av, og som inkluderer utstyr, verktøy og logistikk som trengs for å utføre arbeidet (Getuli et al., 2020). Den andre studien omhandler midlertidige strukturer, i dette tilfellet stillas, og presenterer en simulerings- og optimaliseringsmetodikk for å identifisere stillasløsninger som gir effektiv oppgaveutførelse og minst mulig bruk av arbeidskraft for montering og demontering (Jin et al., 2017).

Getuli et al. (2020) tar utgangspunkt i at en byggeplass er et avgrenset område, der ansatte, utstyr, fasiliteter og operasjoner krever et visst rom, og der det konkurreres om dette rommet gjennom hele utbyggingsfasen. Dette rommet kan sees på ulike måter: 1) det kan være det rommet den ansatte må ha for å få utført arbeidet, dvs. for å installere komponenten/objektet, 2) det kan være det rommet som kreves for å få utført aktiviteten (som i 1), og som er eksponert for andre risikofaktorer i nære omgivelser (f.eks. fra andre aktiviteter), 3) det rommet som kreves for å plassere utstyr som understøtter aktiviteten som skal utføres, og som assisterer den ansatte, og 4) det rommet som representerer toleransen, det vil si den sikkerhetsavstand eller buffer rundt aktivitetsområdet, og som dermed bidrar til å forebygge ulik risiko, som kollisjoner mellom elementer eller aktivitetsområder, fall fra høyde, e.l.

Studien til Getuli et al. (2020) har som hypotese at BIM i kombinasjon med virtuell virkelighet (VR) kan bidra til bedre planlagte arbeidsprosesser. VR gir mulighet for å «jobbe» i virtuelle prototyper, og dermed kan operative erfaringer hos ansatte inkluderes som en del av planleggingen. Videre kan arbeidsprosesser evalueres med hensyn til risiko i forkant og legge grunnlag for å gjøre endringer, dvs. designe bort risiko i prosjekteringsfasen. Studien utvikler en «prototype»/metodik som baserer seg på følgende trinn: 1) modellering av omgivelsene rundt ulike elementer i et bygg, basert på BIM og informasjon om omgivelser, utstyr, verktøy som benyttes, 2) operatører simulerer arbeidsprosessen ved hjelp av VR-teknologi i det definerte VR-miljøet basert på trinn 1, 3) data-innsamling fra simuleringer, inkludert operatørerfaringer, 4) data fra trinn 3 analyseres mht. utforming og arbeidsprosesser, og 5) BIM-modellen modifiseres basert på informasjonen fra trinn 3 og 4. Arbeidsmetodikken er illustrert i figur 4:1.

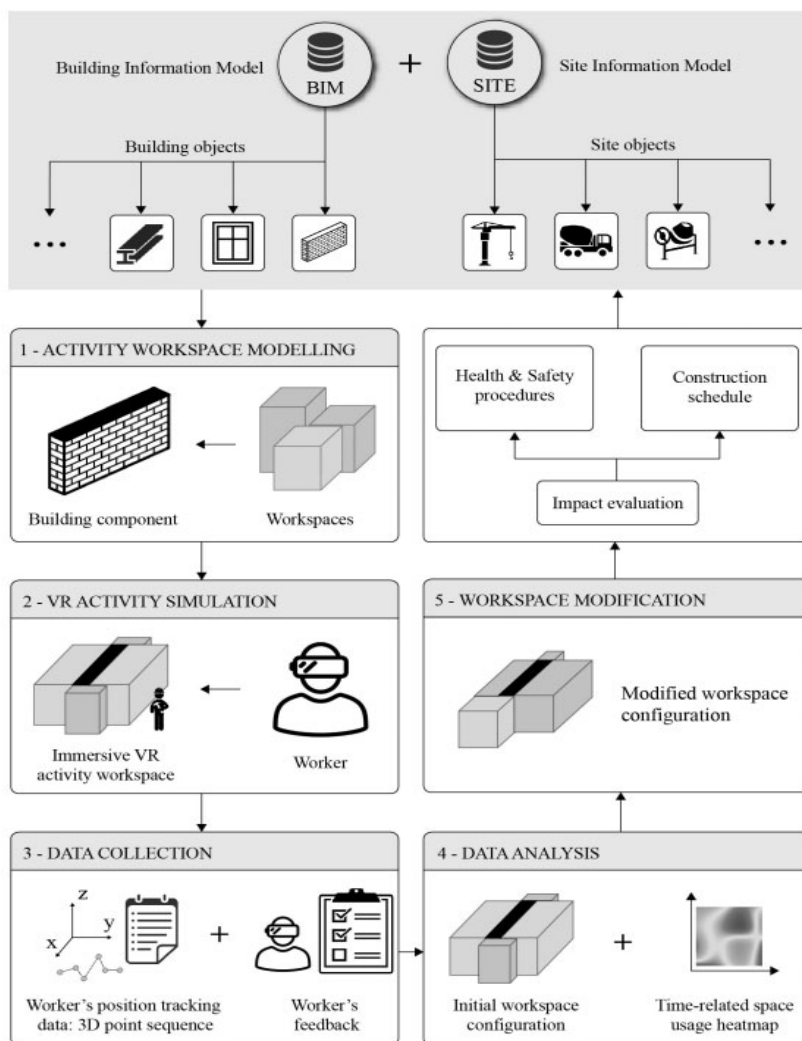


Fig. 1. VR-based construction workspace planning workflow.

Figur 4:1: Arbeidsmetodik for å kombinere VR og BIM (Getuli et al., 2020)

Metodikken ble testet ut på et reelt byggeprosjekt, det vil si et kontorbygg som skulle utvides med flere etasjer. Veggpanel var det utvalgte objektet, og case ble definert som løfting, plassering og installering av dette panelet. Valideringen viste at man klarte å oppnå godt samsvar mellom den fysiske byggeplassen og det visualiserte 3D-rommet. Videre klarte man i denne studien å avdekke

kollisjoner mellom rommet som var nødvendig for å utføre operasjonen og passasjer for andre ansatte, og som planleggerne ikke oppdaget. Det viste seg også at barrieren som ble avdekket var gjeldene for alle panelene som skulle installeres (Getuli et al., 2020).

Basert på resultatene i studien peker forfatterne spesielt på behovet for løsninger som kan bidra til å støtte opp under felles deling av informasjon mellom operative ansatte, planleggere og ledere. Fordi studien utvikler og tester en prototype, understreker forfatterne viktigheten av validering i større skala og i prosjekter med andre karakteristika, samt metodiske og teknologiske forbedringer, eller bruk av andre teknologier som kan være under utvikling (Getuli et al., 2020).

Den andre studien (Jin et al., 2017) har til felles med Getuli et al. (2020) at den ser på det romlige rundt arbeidsprosesser/-oppgaver, men i dette tilfellet midlertidige konstruksjoner, det vil si stillas. Den adresserer midlertidige konstruksjoner som opphav til romlige og tidsmessige konflikter, som igjen skaper HMS-relatert risiko og tap av produktivitet (Kim & Teizer, 2014). Studien til Jin et al. (2017) peker på at installering av slike konstruksjoner oftest baserer seg på praktiske vurderinger og erfaring som leder til dårlige romløsninger og lav produktivitet, fordi stillasene forblir uendret gjennom byggefasen. Studien søker derfor å løse de romlige og tidsmessige konfliktene ved å teste ut en optimaliseringsmetodikk, det vil si en metode for å identifisere en utforming av midlertidige konstruksjoner som er optimalisert for å dekke flest mulig behov (ibid.).

Metodikken består av tre trinn: *Trinn 1* definerer kravene som må stilles til utformingen av stillaset. Kravene baserer seg på informasjon om konstruksjonen som arbeidsoppgavene skal utføres på, dvs. spesifiserte krav relatert til geometriske forhold, dimensjoner, informasjon om ulike oppgaver som skal utføres og retning på disse. Deretter tallfestes disse kravene, som sammen med antropometriske data mates inn i spesifiserte algoritmer. Dette inkluderer også data for arbeidshøyde/-stillinger, basert på belastning og produktivitet. I *trinn 2* sammenstilles algoritmene fra trinn 1 med BIM-modellen for konstruksjonen, inklusive informasjon om kritiske arbeidsoverflater/-oppgaver som krever stillas. Det simuleres alternative løsninger for oppsett av stillas og for hvordan de dekker de oppgavene som skal utføres. I *trinn 3* gjennomføres en såkalt «trade off»-analyse, som ser på forholdet mellom alternative stillasoppsett, produktivitet (oppgaver som stillaset ikke støtter opp under) og indirekte kostnader (arbeidet med å sette opp stillaset). Dette trinnet legges da til grunn for de beslutningene som tas.

Metodikken ble validert på ett hypotetisk case, et rørsystem, med omtrent 20 meters høyde. På dette rørsystemet skulle det gjennomføres 71 oppgaver, og hver av oppgavene hadde sine kriterier for utforming av rommet rundt. Koordinatene for oppgavene ble lagt inn sammen med faktorer som geometri, retning og konkret oppgave (f.eks. sveising). Videre la man inn antropometriske data, i dette tilfellet gjennomsnittsdata for befolkningen i USA. Ulike løsninger, basert på antall etasjer i stillaset (i dette tilfellet: 1-11), ga informasjon om produktivitet og antall oppgaver som stillaset ikke klarte å tilpasses for å bli gjennomførbare. De ulike løsningene ble deretter analysert sammen med data på hvor mye ressurser som krevdes for å montere og demontere de ulike alternative stillasene, og der de ulike alternativene ble vektet i forhold til behov. Forfatterne anser selv at rammeverket for optimalisering kan bli praktisk anvendbart for byggebransjen, men sier også at det vil kreve store datamengder for å utvide nytteverdien, basert på mangfoldet av yrkesgrupper og konstruksjoner.

4.1.2. Visualisering, simulering og vurdering av manuelt arbeid på byggeplass, biomekaniske belastninger

Den andre gruppen av studier anvender visualisering og simulering for å analysere arbeidsoppgaver og arbeidsprosesser spesifikt for risikofaktorer for MSD, ved bruk av de verktøyene som vi tidligere har omtalt som «VHF-tools» (se tabell 2). Studiene er til en viss grad overlappende i tenking rundt metodikk, og vi beskriver derfor en av dem mer i detalj, mens de resterende studiene refereres mer overfladisk.

Shewchuk et al. (2016) tar utgangspunkt i at man på mange byggeplasser har et arbeidsmiljø der mange aktører og profesjoner jobber side ved side. Risiko for utvikling av MSD oppstår i arbeidsprosesser med manuelt fysisk arbeid, og der materialer/gjenstander forflyttes og manipuleres av mer enn én ansatt. Eller sagt på en annen måte; der flere ansatte inngår i samme arbeidsprosess. Dersom disse arbeidsprosessene designes på en god måte, kan man sikre både akseptabel risiko og god systemutførelse. Studien peker på simulering som metodikk for å analysere slike systemer, der man kombinerer metodikker som fokuserer på henholdsvis prosess (i dette tilfellet DES) og menneske (DHM) (se tabell 2 for detaljer). Forfatterne peker på at disse hver især har sine begrensninger, men dersom de kombineres kan man utvikle modeller og metoder som kan representere komplekse oppgaver og interaksjoner med akseptabel validitet, og som videre kan brukes som utgangspunkt for ergonomiske risikovurderinger. Metodikken har to hovedfaser; simulering og ergonomisk risikovurdering, der de ulike fasene og delfasene beskrives som følger:

FASE 1: Simulering

- 1) Ved hjelp av observasjon, identifiseres arbeidsprosesser, herunder objektene dette involverer, de ansatte som er involvert og de strategiene som benyttes for å få jobben gjort. Et eksempel på en slik prosess er: Objektet losses av stabelen, det forflyttes, det lagres midlertidig, det hentes, installeres og til slutt festes.
- 2) Aktivitetsklasser, sekvenser og prosesslogikker identifiseres, basert på observasjon. En aktivitetsklasse er en måte å utføre en delprosess på, en aktivitetsklassesekvens beskriver en mer detaljert sammenheng av aktiviteter i en delprosess, som videre også beskriver en valgt strategi for å utføre jobben. Hvilke som er de rådende omstendighetene rundt arbeidet må også kartlegges og inkluderes. (F.eks.: værforhold kan bidra til ulike valg av strategier for valgt utførelse av en oppgave.)
- 3) Det etableres et sett av typologier basert på aktivitetsklasser og sekvenser, som overordnet kan beskrives som ulike sett av enkle og mer komplekse bevegelsesmønstre i møtet med et objekt. Et eksempel på en enkel bevegelse er en bevegelse der gjenstand og operatør «henger» sammen (f.eks. objektet roteres av operatør i én bevegelse). En kompleks bevegelse består av sekvenser av oppgaver, og som innebærer at både objekt og operator forflyttes eller roterer.
- 4) Typologiene representerer ulike strategier for å gjennomføre en arbeids(sub-)prosess. Disse kobles deretter til relevante attributter/parametere som antall ansatte, bevegelsesretninger, egenskaper ved gjenstandene, egenskaper ved ansatte og ulike scenarier. Basert på disse etableres en distribusjon for hver aktivitetstype, tilknyttet en distribusjon av tidsbruk for hver aktivitet.
- 5) Det utvikles modeller for de ulike arbeidsprosessene, gjennom å sette sammen sekvensene av aktivitetstyper. Dette inkluderer ikke pauser. Slitenhet og pauser medfører at

aktivitetene tar lengre tid. Det anbefales derfor bruk av korte, medium og lengre stokastiske «reset times» for å ta høyde for ulike pauser knyttet til avbrekk og hvile.

- 6) Før disse dataene kan benyttes for simulering, må det etableres et kodespråk, slik at disse kan legges inn i programvare for simulering. Her benyttes DES programvare (se tabell 2), som har et avansert kodespråk for dette.
- 7) Basert på DES-programvare, og en gitt problemstilling, genereres det en simulert framstilling av en arbeidsprosess.

FASE 2: Ergonomisk risikovurdering

- 1) Basert på risikovurderinger identifiseres oppgaver som resulterer i risikofylt eksponering. Disse benevnes «ergonomiske oppgaver».
- 2) For disse oppgavene gjennomføres en ergonomisk risikovurdering, eksempelvis med kjent risikovurderingsmetodikk, som gir et sett av oppgavebaserte parametere, som da blir utgangspunkt for en matematisk modell. Output kan være av typen «trafikklys» med rød, grønn eller gul. Output kan også være sannsynlighet eller kumulativ belastning på tvers av ansatte eller grupper.
- 3) Hver av disse oppgavene, det vil si de matematiske modellene, tilordnes sine respektive aktiviteter eller aktivitetsklasser.
- 4) Simuleringen gjennomført i fase 1 genererer en prosessplan, som viser hvordan en gitt arbeidsprosess utføres. Hver gang en funksjon utføres, registreres lokasjon/retning i tilknytning til operatør og gjenstand inn i hva vi kan kalle et bevegelseskart.
- 5) Resultatene fra det forrige trinnet inngår i en ny beregning sammen med risikovurderinger for de ulike aktivitetsklassene. Basert på denne sammenstillingen beregnes risiko for gitte oppgaver, der disse kommer frem som gul, rød eller grønn, og som peker på hvilke oppgaver man skal fokusere i designfase, for å redusere risiko.

Metodikken ble testet for utbygging av privatboliger, basert på prefabrikkerte vegger. Veggpanelene kommer i stabler, de transporteres til byggeplass og plasseres oppe på grunnmuren. Arbeidsprosessen er manuell, og det er flere operatører for hvert panel/vegg. Arbeidet har høye fysiske krav, og byggeplassen endres etter hvert som arbeidet forløper. Studien avgrenses til store bevegelser; for arbeidsprosessen med å flytte panelet fra stedet det er lagret til der veggen skal settes opp. Modelleringen har lav oppløsning, basert på rigide kropper, siden det er bevegelsene og lokasjon de er opptatt av, men den isolerer bevegelsene som anses som mest betydningsfulle.

Forfatterne bak studien omtaler selv metodikken som arbeidskrevende. Det kreves innhenting av store mengder data i kartleggingen av arbeidspraksiser og variasjon i disse, som videre skal kodes slik at de kan brukes for simulering. Samtidig peker forfatterne på at simuleringsmodulen vil være anvendelig for mange ulike problemstillinger, når man har tilstrekkelig med data. De peker også på andre begrensinger i den oppgavebaserte tilnærmingen, som kan knyttes til bransjens særtrekk. Ansatte er en heterogen gruppe mht. alder, erfaring, tidligere eksponering, arbeidsteknikker osv. Ett aspekt forfatterne peker på som vanskelig å ivareta, er slitenhet. Selv om studien har en systemorientert inngang, og søker å se på hvordan man kan visualisere kjeder av oppgaver og samhandling, peker forfatterne på utfordringene med å ta hensyn til eksponering gjennom utførelse av et mangfold av oppgaver, variasjon over tid og arbeid som ofte utføres i team. Forfatterne anbefaler at metodikken inkluderer ergonomisk eksperter (Shewchuk et al., 2016).

Der den omtalte studien over i liten grad kobler metodikken til BIM, er det et annet miljø som jobber med tilsvarende metodikk, som involverer bruk av BIM (to artikler fra det samme fagmiljøet (Golabchi et al., 2018a; 2018b). Også deres formål er å utvikle metodikker for forebygging av MSD gjennom bedre prosjektering, med bruk av ulike metodikker for visualisering, simulering og risikovurderinger der BIM inngår som visualiseringsverktøy. Golabchi et al. (2018a) lanserer en metodikk basert på tre ulike komponenter/moduler. De ulike komponentene er en simuleringsmodul, det de omtaler som «as is modelling module» og en risikovurderingsmodul. Vi beskriver kort de tre modulene i det følgende:

Simuleringsmodulen baserer seg på at det innhentes data, ved hjelp av video eller sensorer, for utvalgte arbeidsoperasjoner, der man identifiserer type, sekvens og varighet av utvalgte manuelle oppgaver. Disse dataene integreres med DES-programvare, gjennom å ekstrahere spesifikke oppgaver (gå, gripe, etc.), sekvensen (går, griper et objekt, trekker et objekt, etc.), og varigheten (f.eks. i sekunder/minutter). Deretter gjennomføres en simulering som gir informasjon om hvor lang tid oppgavene tar. For en full arbeidssyklus, inkluderer modellen hele syklusen basert på gjennomsnittlig varighet av spesifikke deloppgaver/typer basert på video. Dersom dette kombineres med PMTS, det vil si anvender dette til å bryte opp oppgavene til bevegelser og kategoriserer de basert på de betingelsene/forholdene utføres under, kan dette brukes til å beregne standard varighet av manuelle operasjoner basert på gitte arbeidsbetingelser. En annet formål er å koble dette med teknologi for såkalt DHM (se tekstboks), det vil si benytte standardiserte bevegelsesdata og deretter modellere bevegelsene som utføres.

As-is modelling module gir en virtuell modell av arbeidsplassen. Denne kan basere seg på BIM for prosjekter under planlegging. Hver av disse lager en virtuell plattform hvor man kan posisjonere ansattmodeller digitalt. Basert på denne modulen kan man visualisere bevegelsesmønstre som fremkommer gjennom simulering, og som også kan bidra til å predikere hvordan en ansatt beveger seg rundt i det visualiserte rommet, og identifisere hindringer.

Risikovurderingsmodulen kan basert på animasjoner av mennesker, der animasjonene baserer seg på tidligere innhentede bevegelsesdata, avdekke risikofylte operasjoner. For spesifikke oppgaver, kan man modellere arbeidsstillinger, for ethvert punkt i operasjonen, og bruke biomekaniske modeller for å beregne kraftutvikling, belastning på ledd etc., som så sammenlignes med grenseverdier og risikonivå.

Det samme fagmiljøet kan vise til en rekke studier. Golabchi A, Han S & AbouRizk (2018b) baserer seg på metodikken over, altså en kombinasjon av ulike moduler, simulerer oppgaver i et visuelt rom som grunnlag for risikovurdering, og sammen med bruk av PMTS setter opp ulike designscenarier for forholdet mellom risiko og effektivitet. De baserer ergonomiske risikovurderinger på metoder som OWAS, RULA eller REBA (se Takkala et al., 2010 for beskrivelse og kritikk av disse). PMTS anvendes for å etablere et bilde av hvordan oppgavene utføres mht. tidsbruk. Forfatterne peker på tiltak basert på disse kalkulasjonene knyttet til opplæring, organisering på arbeidsplassen, det vil si plassering / lagring av ting mht. avstander og bevegelsesmønstre), bruk av verktøy og utstyr, materialer, og organisatoriske løsninger som jobb rotasjon.

Oppsummert ser vi at et fellestrekk for disse studiene er at de baserer seg på bruk av visualisering, som eksempelvis BIM, sammen med andre typer verktøy som matematisk modellering og simulering. Alle studiene viser til behov for kunnskap om arbeidsprosessene som foregår rundt

objektene i BIM som viktig for å forstå HMS-relaterte aspekter. Dette kan være konkret informasjon om utstyr, verktøy, transport og omgivelser og romlige forhold. Videre adresserer mange av studiene mulighetene for å visualisere arbeidsprosessene rundt objektene. Dette kan inkludere bruk av VR-teknologi, der ansatte utfører operasjoner i det virtuelle rommet, for så å avdekke risiko. Studiene som spesifikt adresserer MSD utfører observasjoner/målinger på byggeplass eller i laboratoriet for å innhente data om arbeidsutførelse rundt de enkelte objektene, som igjen anvendes inn i matematiske modeller, der arbeidsoperasjoner så simuleres i det digitale rommet ved hjelp av digitale modeller, for så å risikovurderes.

4.2. Bransjens risikobilde

I dette kapitlet vil vi gjennomgå forskning og statistikk som først og fremst sier noe om det helserelaterte risikobildet. Vi vil først trekke de store linjene for bransjen basert på internasjonale studier, samt tilgjengelig norsk statistikk, der vi også inkluderer ulykker, for deretter å se spesifikt på de utvalgte risikofaktorene støy, vibrasjon og MSD, som er bransjeprogrammet sine utvalgte satsinger.

4.2.1. Et overblikk over risikobildet – internasjonal forskning

Det er gjennomført en rekke registerstudier for bygg og anlegg. Slike studier gir et overblikk over hvilke helseplager som er årsaker til legemeldt sykefravær og uførhet i næringen. I en studie fra Tyskland (Arndt et al., 2005) finner man muskelskjelettplager (MSD), hjertekarsykdommer, ulike former for kreft og mentale helseplager som dominerende årsaker til uførhet hos ansatte innen bygg- og anlegg. Studien peker videre på at de mest utsatte yrkesgruppene for MSD, er tømrere, gipsarbeidere, murere og håndlangere. I en studie fra Nederland fant man at to tredjedeler av alle innrapporterte helseplager i perioden 2010-2014 var hørselstap. For øvrig var de største diagnosegruppene MSD, mentale plager og luftveisplager (Van der Molen, de Vries, Stocks, Warning, & Frings-Dresen, 2016). Studien fant at i den samme tidsperioden økte innrapporteringen av hørselskader og hudplager. En studie fra England fant overhyppighet av ulike former for hudplager (inklusive hudkreft), luftveissykdommer (inklusive kreft), og muskelskjelettplager (Stocks, McNamee, Carder, & Agius, 2010).

Oppsummert ser vi at muskelskjelettplager går igjen uavhengig av om det er helseplager eller uførhet som er utfallet. Luftveissykdommer inklusive ulike former for kreft går også igjen, tilsvarende også hudplager. Det kan være verd å merke seg at den nederlandske studien over en tidsperiode fant økning i innrapportering av hudplager og hørselsplager. Dette kan skyldes en rekke forhold, men det kan også si noe om et endret risikobilde. Det er også viktig å merke seg at mentale plager utgjør en ikke ubetydelig andel i flere av studiene.

Studien fra England inkluderer også arbeidsrelatert eksponering (Stocks et al., 2010) og følger opp med en studie som bryter dette ned til yrkesgrupper (Stocks et al., 2011). De peker på UV-stråling som risikofaktor for hudkreft, luftveisplager kobles til eksponering for asbest, irritert hud/hudallergi kobles til en rekke stoffer som kromater, sement, gips betong, harpiks, vått og skittent arbeid, thiuramer, koboltsalter, såper vaskemidler, salter og flux; og MSD assosieres med oppgaver som involverer å føre/bruke verktøy, tunge løft og håndtering av materialer (Stock et al., 2010). Oppfølging av denne studien (Stocks et al., 2011) viser at luftveissykdommer med lang latenstid (f.eks. ulike former for kreft) viser overhyppighet blant industrirørleggere, elektrikere,

ventilasjonsarbeidere, tømrere, stillasarbeidere og håndlangere innen bygg og tre. De som er mest utsatt for hudkreft er taktekkere, malere, dekoratører og håndmenn (bygg og tre). Irritert hud/hudallergi finner man hos alle yrkesgrupper, mens astma er vanligst blant sveisere. MSD var mest forekommende hos sveisere, veiarbeidere, håndlangere i bygg og tre.

Kort oppsummert: Noen risikofaktorer er spesifikke for enkelte grupper, og noen gjelder mange grupper. Registerstudiene som eksponering og risiko synliggjør at material/ kjemikaliebruk og stoffer/støv man er i kontakt med underveis er kilder til uhelse. Informasjon om materialer, kjemikalier og stoffer /støv kan kobles til spesifikke objekter i BIM. Samtidig krever dette også kunnskap om operasjonene rundt og hvordan disse tidsbestemmes, og om mulige sammenfall av arbeidsoperasjoner rundt de ulike objektene.

4.2.2. Hva sier norsk statistikk?

Det meste av det som finnes av norsk statistikk for ulykker og skader finnes hos Arbeidstilsynet. På sine nettsider legger Arbeidstilsynet ut ulykkestall fordelt på næring for foregående år, og her finnes også en oversikt over arbeidsrelaterte dødsfall. Disse skadetallene er de mest oppdaterte vi har, ettersom de er basert på innrapporteringer til NAV og Arbeidstilsynet. Det vil si at vi må ta høyde for at en del skadetilfeller faller ut av statistikken, spesielt de små. Jo mer alvorlig en skade er, desto mer sannsynlig er at den blir meldt videre, og dermed blir en del av dette statistikkgrunnlaget.

KOMPASS Tema er navnet på rapporter som Arbeidstilsynet gir ut basert på sitt materiale, kombinert med aktuell forskning og tall fra blant annet Statistisk sentralbyrå (SSB) sin levekårsundersøkelse om arbeidsmiljø (LKU) og arbeidskraftundersøkelsen (AKU). En del av disse rapportene omhandler BA-bransjen spesielt, og forskere fra Statens arbeidsmiljø-institutt (STAMI) har bidratt i utarbeidelsen. STAMI har også en egen utgivelse for helse og arbeidsmiljø i norsk arbeidsliv, som bl.a. baserer seg på LKU-tall fra 2016 (STAMI, 2018).

Informasjon om diagnoser og behandling som skjer gjennom det offentlige helsevesenet (sykehus, legevakt) samles i Norsk pasientregister, som administreres av Helsedirektoratet. Denne informasjonen har til hensikt å gi et bedre og rikere bilde av skader, også de som skjer gjennom arbeid. Disse dataene er imidlertid vanskeligere tilgjengelig enn dataene fra Arbeidstilsynet, og de gjelder foreløpig heller ikke for hele landet. Vi velger derfor å se bort fra dette registeret i denne omgang.

Ulykker og skader i bygg og anlegg

Arbeidstilsynet har utgitt flere KOMPASS Tema-rapporter som omhandler ulykker bygg og anlegg i løpet av de siste årene (Arbeidstilsynet, 2020; 2019; 2018; 2017; 2016; 2015). En av disse (Arbeidstilsynet, 2015) omhandler utviklingstrekk og problemområder. De øvrige gir årlig status, inkludert en analyse av de mest alvorlige ulykkene. Rapporter som kun omhandler arbeidsskade-dødsfall kommer i tillegg.

Statistikk fra de analyserte ulykkene viser at de fleste som skader seg, er ansatt i små og mellomstore bedrifter (< 100 ansatte) (Arbeidstilsynet, 2020). Fall er den hyppigste ulykkestypen, med 42 % i 2019, mot 45 % i 2015 (Arbeidstilsynet, 2020; 2016). Flest ulykker skjedde under oppføring av bygg (36 %), etterfulgt av renovering/riving (23 %) og anleggsarbeid (22 %). Av de skadde var halvparten

innleid, ansatt hos underleverandør eller hadde midlertidig ansettelse. 27 % var av utenlandsk opprinnelse, mot 40 % i 2015 (Arbeidstilsynet, 2020; 2016). Av alle ikke-dødelige arbeidsskader registrert i 2019 (uansett alvorlighetsgrad), var det overhyppighet blant de yngste aldersgruppene (20-24 år), hvor det forekom 17 skader pr 1000 ansatte, mot 9,8 for materialet i sin helhet.

Noen funn om ulykkene i 2019 er spesielt verdt å merke seg i forbindelse med vårt prosjekt. I 69 % av ulykkene ble det avdekket at mangler ved operativ ledelse var en medvirkende faktor, og her pekes det på arbeidsoperasjoner som ikke var risikovurdert eller som var dårlig planlagt (Arbeidstilsynet, 2020). Flere ulykker skjedde blant arbeidstakere som burde hatt ekstra oppfølging (unge arbeidstakere, uerfarne, lærlinger, innleide), men som det viste seg at utførte farlig arbeid som de ikke hadde fått tilstrekkelig opplæring til. I 65 % av ulykkene ble det funnet mangler ved risikostyringen, blant annet manglende risikovurdering av arbeidsoperasjoner, risikofaktorer og arbeidsutstyr. Det ble også funnet at virksomheter og arbeidstakere i manglende grad ble involvert i risikovurdering og planlegging (ibid.).

Helseutfordringer

Hvis vi ser på de fem foregående år, så er det er kun to av Arbeidstilsynets KOMPASS Tema-rapporter som inkluderer helseproblemer i bygg og anlegg (Arbeidstilsynet, 2018; 2017). Dette er rapporter som også omhandler ulykker, men hvor helseproblemer er tatt med. Sistnevnte rapport var den tredje i et samarbeid mellom ulike aktører for å redusere antall skader i næringen³, og hvor Arbeidstilsynet og STAMI fikk i oppdrag å utarbeide rapporter over skader og yrkesrelatert sykdom. De to første rapportene i dette samarbeidet (Arbeidstilsynet 2016; 2015) inneholdt ikke tall om yrkesrelatert sykdom. Det henvises til Arbeidstilsynet (2013) for tidligere tall om omfang av sykdom og ulike typer av eksponering i bygg og anlegg, og dette er de samme som gjengis i Arbeidstilsynet (2017). Tallene er hentet fra Arbeidskraftundersøkelsen (også kalt AKU-tillegget), som var et tillegg til Levekårsundersøkelsen (LKU) i 2013, som gjennomføres av Statistisk sentralbyrå (SSB) (Arbeidstilsynet 2013; 2017). De viktigste funnene fra AKU-tillegget omtales i neste avsnitt.

12 % av de spurte fra bygg og anlegg oppga å ha et arbeidsrelatert helseproblem, og de vanligste helseproblemene var muskel- og skjelettsmerter. Over halvparten av dem som hadde minst ett arbeidsrelatert helseproblem hadde vært sykmeldt for det. Mer enn 2/3 av disse hadde vært sykmeldt i én måned eller mer. Det var størst andel sykefravær blant dem som oppga problemer med hofter, knær, ben eller føtter (70 %), etterfulgt av dem som var plaget med stress, depresjon eller angst (66 %), ryggproblemer (56 %) og problemer med nakke, skuldre, armer og/eller hender (50 %) (Arbeidstilsynet, 2013; 2017).

Nyere tall viser at bygge- og anleggsansatte har høy rapportering for ulike typer av arbeidsmiljø-eksponering (LKU 2016, gjengitt i Arbeidstilsynet 2018). Sammenlignet med landsgjennomsnittet ligger de høyest på (i synkende rekkefølge): armvibrasjoner, hender over skulderhøyde, arbeid på huk/knær, innånding av støv/røyk/eksos, støy, tunge løft (> 20 kg), innånding av kjemikalier/støv/gass, hudkontakt med avfettingsmidler og ubekvemme løft (ibid.). For alle disse har ansatte i bygg og anlegg dobbel relativ risiko eller mer, sammenlignet med landsgjennomsnittet. For negative helseutfall er smerter i bena, armsmerter og ryggplager mest utbredt ($1,3 \leq$ relativ risiko (RR) $\leq 1,6$) (ibid.).

³ Charter for en skadefri bygge- og anleggsnæring. Nå videreført som «Samarbeid for sikkerhet»

Når det gjelder støy fordelt på bransje, viser LKU-tall fra 2016 (NOA/STAMI⁴) at støy rapporteres tredje mest i anleggsvirksomhet (25 %) og sjettemest i byggevirksomhet (17 %). Delt inn etter yrke i BA-bransjen, ligger anleggsarbeider (34 %) på topp, etterfulgt av byggarbeider (33 %), metallarbeider (30 %), tømrer (23 %) og elektriker (20 %). Når vi sammenligner med gjennomsnittet for alle yrkesaktive, finner vi at det er tre ganger høyere andel som er eksponert for støy i yrkesgruppene mekaniker, metallarbeider, byggarbeider, anleggsarbeider, operatør næringsmidler og operatør industri (ibid.).

Når det gjelder legemeldt sykefravær, er ansatte i bygg og anlegg blant gruppene med høyest fravær. For ordinært sykefravær ligger de imidlertid ligg under gjennomsnittet (Arbeidstilsynet, 2018). Det gjør de også (det vil si at de rapporterer å være mer fornøyde) på arbeidsmiljøfaktorer som forskningen viser er viktige for hvordan man håndterer utfordrende arbeidssituasjoner; høye emosjonelle krav, lav jobbkontroll, innsats-belønning ubalanse, lave faglige utviklingsmuligheter, høye jobbkrav sammen med lav jobbkontroll, jobbusikkerhet og nedbemanning (ibid.). Å ha lavere relativ risiko enn landsgjennomsnittet på disse faktorene kan gi en robusthet i møte med tungt fysisk arbeid.

En av KOMPASS Tema-rapportene (Arbeidstilsynet, 2018) refererer til en oversikt fra Pasientutredningsregisteret over personer som er utredet på arbeidsmedisinske avdelinger i perioden 2010-2016. Fra bygge- og anleggsvirksomhet ble totalt 1735 personer utredet i denne perioden, og 1212 av disse tilfellene ble vurdert som mulig eller sannsynlig arbeidsrelatert, dvs. 71 %. Hvis vi ser på hyppighet av diagnoser, var det flest tilfeller av lungekreft (215), etterfulgt av astma (162) og kols (145). Dernest kommer vibrasjonssyndrom (63), løsemiddelskade (52), brysthinnekreft (40) og kontakteksem (31). En stor gruppe (504) er i rapporten diagnostisert med «annet». For de nevnte tilfellene er det en sterk sammenheng mellom eksponeringsfaktorer og diagnoser, f.eks. for asbest og lungekreft, gasser/røyk/støv/allergener og astma/kols, og for vibrasjon og vibrasjonssyndrom. Fordelt på yrker er et flest tilfeller av astma og kols hos vei-/anleggs-/stein-/murarbeidere, etterfulgt av tømrere/trearbeidere, rørleggere/bygghåndverkere og mekanikere/ sveisere/plate-/verkstedarbeidere.

Felles for de 1735 tilfellene som representerer bygg og anlegg i Pasientutredningsregisteret er at de har en hovedvekt av menn (97 %) med høy alder (65 % over 50 år). Høy alder gjenspeiler utfordringen med slike helseplager; lang eksponerings- og latenstid gjør at plagene kommer til syne først lenge etter at eksponeringen startet (Arbeidstilsynet, 2018).

4.2.3. Støy

Støy kan gi hørselsskader. Videre kan støy gi andre helsekonsekvenser ved lydtryknivåer lavere enn det som kan gi hørselsskade, som tretthet, irritasjon og redusert konsentrasjonsevne og oppmerksomhet, symptomer på stress eller fysiologiske endringer i hjerte- og karsystemet (økt blodtrykk). Videre kan støy også medføre risiko for arbeidsskader, fordi det reduserer god kommunikasjon (NOA/STAMI⁵). Støyreduksjon vil derfor kunne bidra både til bedre helse for ansatte og redusert risiko for skader og ulykker.

⁴ <https://noa.stami.no/tema/mekaniskfysisk-arbeidsmiljo/fysiske-faktorer/stoy/>

⁵ <https://noa.stami.no/tema/mekaniskfysisk-arbeidsmiljo/fysiske-faktorer/stoy/>

En kunnskapsoppsummering på tvers av bransjer/yrkesgrupper peker på at det er utført få epidemiologiske studier med god kvalitet for bygg- og anlegg, til tross for at ansatte i denne sektoren har høy eksponering og høyere risiko for redusert hørsel (Lie et al., 2016). Det betyr at det er vanskelig å identifisere både risikogrupper og aktiviteter. Studien peker likevel på kontinuerlig eksponering og akutt eksponering, det vil si impulsstøy (akustisk trauma) som risikofaktorer. I etterkant av studien fra 2016, er en kunnskapsoppsummering som sammenstiller studier nettopp fra bygg- og anlegg publisert, og som ser både på trend i støyeksponering og identifisere de mest utsatte yrkesgruppene. Basert på studier fra ti land, fant de reduksjon i gjennomsnittlig støynivå de siste 35 år, basert på eksponering normalisert til åttetimers skift på over 85 dBA, for gruppene jern, stål-, forskalings- og armeringsarbeid. Denne endringen ble forklart med mulig endrede arbeidspraksiser på grunn av økende bruk av prefabrikkerte elementer. De mest utsatte yrkesgruppene ble funnet til å være tømrere, ufaglærte, håndmenn, ingeniører, murere og betongarbeidere med fullskifts-eksponering over 85 dBA-grensen (Lewkowski et al., 2018).

Det finnes en rekke studier som går mer inngående inn i hvordan støyeksponering henger sammen med hvordan arbeidet er organisert. En amerikansk studie (Neitzel et al 1999), studerte eksponering for fire yrkesgrupper: tømrere, ufaglærte, jernarbeidere og ingeniører innen bygg og anlegg, der målingene ble gjennomført i oppføring av næringsbygg/offentlige bygg med betong som hovedmateriale. De fant ingen forskjeller mellom de ulike yrkesgruppene og peker på et generelt støynivå som risikofaktor. De fant derimot signifikante forskjeller mellom byggetrinn og -metoder. Studien peker på oppsetning av råbygg som den mest utsatte fasen, og hvor bruk av flere metoder for betongarbeid (samtidig) og bruk av tungt utstyr og pneumatisk verktøy var de mest kritiske faktorene. Dette indikerer viktigheten av å forstå hva som foregår i ulike byggetrinn er viktigere enn å se på yrkesgrupper.

En oppsummering basert på data fra NIOSH (Suter, 2002) peker på at de som jobber med veibygging, tømmerarbeid og betongarbeid er mest utsatt for støy. Forskjeller i næring, aktivitet og type utstyr man opererer (f.eks. bulldoser, asfaltmaskin, kran osv.) er med på å påvirke støynivået. Studien er basert på data fra USA og tidlig 90-tall, men peker på disse faktorene som viktige for støynivå: arbeidets natur, skiftlengde, varighet av aktivitet som involverer støy og synergieffekter med kjemisk eksponering.

En annen amerikansk studie (Kerr et al., 2002), undersøkte spesifikke oppgaver for yrkesgruppene tømrer, veiarbeider og taktekker. Her ble oppgaver med høyt støynivå identifisert, basert på forslag fra ansattrepresentanter. For tømrere valgte man å studere arbeid med pulveraktiverte and CO₂-aktiverte spikerpistoler, som ble brukt ved installering av stålrammer/stendere, og bruk av sag på ulike materialer som stål mm. For veiarbeidere valgte man arbeid som inkluderer pneumatisk verktøy og store operatørdrevne maskiner. For begge disse gruppene og aktivitetene ble det målt over 100 dBA. Takleggere hadde noe lavere eksponering for støy (< 100 dBA).

En spansk studie (Fernandes et al 2009) undersøkte 40 bygningsarbeidere på bolig- og industribygg med betong som byggemateriale. De fant et høyt generelt støynivå som overskred norm. For 50% av de ansatte ble det målt en dagseksponering på over 87 dBA. Ansatte der det ble målt over 90 dBA, jobbet daglig med maskiner. For som ble undersøkt, var omtrent 25 % utsatt for toppverdier over 140 dBC. De høye verdiene ble assosiert til grunnarbeid og bruk av trykkluftbor. En annet forhold som ble adressert i studien er tilstedeværelse av mange ansatte med ulike oppgaver samtidig i senere byggefaser, der man for disse fant høye gjennomsnittsverdier, det vil si lave

toppverdier, men høy akkumulert dose. Studien peker på en differensiering mellom grupper av ansatte som bruker maskiner kontinuerlig og de som ikke bruker maskiner. For maskiner gjelder ikke bare støynivået, men også hvilke lydfrekvenser støyen inneholder (eks høyfrekvent lyd). Studien peker på tiltak for eliminering av risiko, knyttet til både design og ledelse/planlegging. Andre tiltak er fokus på bruk av lav-støymaskiner, materialbruk (skjæring i stål gir mye lyd), isolering og støydemping rundt spesielle aktiviteter og godt vedlikehold av maskiner.

Flere studier har sett på konkrete støykilder. En studie studerte støy generert fra sirkelsag og betongblander. De målte lydtrykksnivå over 85 dBA i en avstand på 7 meter for betongblander og 16 meter for sirkelsag, men at denne avstanden er avhengig av ulike barrierer, skjermer eller vegger på byggeplassen. I omgivelser uten hindringer fant man reduksjon i 1,26 dBA/meter for betongblander og 1,47 dBA/meter for sirkelsag (Oliviera et al., 2019).

En Sør-Koreansk studie gjennomførte et eksperiment for å studere ubehag knyttet til kombinasjoner av støykilder (Lee et al., 2015). De valgte ut byggetrinnene riving (grunnarbeid) og fundamentering, basert på en innledende kartlegging av hvilke byggetrinn som genererer mye støy. Støykilder identifisert for disse fasene var: påledrivere, påle-/jordbor og store gravemaskiner benyttet i grunnarbeid, samt betongbor, bulldosere og gravemaskiner benyttet i fundamentering. For hver av disse ble det gjort målinger på tre minutter. Eksperimentet var delt i to delstudier, der én delstudie analyserte enkeltkilder til støy, og en annen delstudie analyserte kombinasjonstøy, basert på kombinasjoner av stasjonære støykilder og mobile støykilder naturlig forekommende på en byggeplass. Et lite utvalg ansatte ble deretter satt til å angi ubehag med ulike typer av støy. Studien fant at kombinasjonstøy ble angitt som mer ubehagelig når lydtrykksnivåene kom over 65 dBA. Studien fant også indikasjoner på at tidsmessig variasjon i støy påvirket ubehag, spesielt for kombinasjonstøy. Studien peker på forholdstallet mellom stasjonær støy og mobil støy, anbefalt til å være høyere enn 5 dBA når støynivåer kommer over 65 dBA, som i praksis betyr at det mobile støynivået holdes så lavt som mulig.

En helt ny studie fra Sør-Korea (Lee et al., 2019), og som ble gjennomført blant byggeledere, vurderte ubehag knyttet til støy på byggeplass basert på byggefase og utstyr benyttet i de ulike fasene av et byggeprosjekt. En av grunnene til at den studerte byggeledere, var en antagelse om at disse koordinerer og leder alle aktiviteter i henhold til en tidsplan og derfor kan ha presise oppfatninger av støy gjennom ulike byggefaser. I den spørreskjemasbaserte studien oppga 93% at tidligfase av et bygge-/anleggsprosjekt med grunn-/jordarbeid og fundamentering ga mest ubehag med støy. Videre ble disse maskinene identifisert som støykilder: betongbor, påledriver og betongpumpe. Ubehaget var ikke bare knyttet til lydtrykksnivået, men også til andre akustiske karakteristika, som variasjoner i støy over tid.

Vi har få norske studier, men en studie basert på HUNT-data (det vil i en representativ del av befolkningen) identifiserte disse gruppene innen bygg og anlegg med redusert hørsel: tømrere og ufaglærte, rørleggere, samt noe svakere statistisk sammenheng for murere, gipsere og teglsteinsarbeidere (Engdahl & Tambs, 2010).

Kort oppsummert varierer eksponering og redusert hørsel etter yrkesgrupper. Eksponeringen forårsakes av konkrete støykilder og støykarakteristika ved disse (toppverdier, gjennomsnittsverdier, avstand), men der fasen utbyggingen er i, oppgavene og materialbruk, og ikke minst kombinasjonstøy og hvilke støytyper som kombineres er sentralt for risikobildet. Informasjon om

støykilder, hvilken støy de avgir og avstandsforhold, gjerne også informasjon om kombinasjonstøy, og materialer som bidrar til støy under bearbeiding vil kunne kobles til BIM. Et viktig aspekt ved støy, som vist i oversikten over, er dette med kombinasjonstøy, med tanke på at ulike objekter eller aktiviteter som medfører utstyr eller materialer som bidrar til støy installeres og utføres flere steder på en byggeplass, der det foregår mange parallelle aktiviteter over tid. Dette er støyutfordringene som synliggjør organisatoriske utfordringer som kan kreve supplerende metodikker eller teknologier (simuleringer, 4D etc.).

4.2.4. Vibrasjon

Helseplager forårsaket av vibrasjon er godt dokumentert, herunder det som omtales som helkroppsvibrasjon, vibrasjon over hele eller deler av kroppen og hånd- og armvibrasjon (HAV) (STAMI, 2017). Helkroppsvibrasjon er vibrasjoner overført fra transportmiddel eller ved opphold ved maskiner som skaper vibrasjon gjennom underlag. HAV er knyttet til arbeid med vibrerende håndverktøy og maskiner (ibid.). STAMI sin kunnskapsoppsummering peker på påviste sammenhenger mellom HAV og plager i nakke-skulder og arm, spesielt når det gjelder underarm, hånd, fingre, og en eksisterende om noe svakere sammenheng mellom helkroppsvibrasjon og ryggplager, der en rekke studier anvender selvrappotering. En kunnskapsoppsummering som ser på helkroppsvibrasjoner og risiko for ryggplager peker i tillegg på at sammenhengene mellom helkroppsvibrasjon og plager ikke kan forklares av andre risikofaktorer/eksponeringskilder man kan være eksponert for, det vil si at man har en isolert effekt av helkroppsvibrasjoner (Burstrøm et al., 2015). Den samme oppsummeringen peker videre på fortsatt manglende kunnskap angående hva kan være det laveste nivå som ikke bidrar til økt risiko for vibrasjonsskader, med anbefaling om så lav eksponering som mulig (Burstrøm, 2015).

Det finnes noen enkeltstående studier som er verdt å nevne. En svensk longitudinell studie undersøkte yrkesgrupper eksponert for håndholdt utstyr som også krever bruk av høy kraft eller tung belastning på hendene. De som hadde slike eksponeringer, hadde høyere risiko for utvikling av ulnar nerve entrapement (UNE). Undersøkelsen var gjennomført blant svenske operative ansatte i bygge og anleggsbransjen, og yrkesgruppene det ble pekt på var betongarbeidere, trearbeidere, metall grunnarbeid, gulvleggere, rørleggere og sprengningsarbeidere (Jackson, 2019).

BA-bransjen anses som en av de mest eksponerte næringene (Lopez-Alonzo et al., 2013). For Norge viser tall fra LKU (2016) at vibrasjoner mest vanlig i anleggsvirksomhet (42 %), med byggevirksomhet på fjerdeplass (29 %) (mer enn 1/4 av arbeidsdagen). Disse yrkesgruppene peker seg ut: anleggsarbeider (53 %), tømrer (43 %), byggarbeider (35 %), metallarbeider (34 %) og elektriker (20 %)⁶. Vi vet videre at kilder til hånd-/armvibrasjoner er håndholdt arbeidsredskap, som slipemaskiner, motorsager, slagdrill, trykkluftbor og meiselmaskiner. Kilder til helkroppsvibrasjoner er kjøretøy som lastebil, buss og tog, samt skogsmaskiner, gravemaskiner og trucker.

Kort oppsummert gjelder det at vibrasjon fra håndholdte verktøy og maskiner, samt vibrasjon som overføres fra maskiner via underlag, er helseskadelig. Informasjon om verktøy som skaper vibrasjon, samt på hvilket nivå, vil kunne kobles til BIM.

⁶ <https://noa.stami.no/tema/mekaniskfysisk-arbeidsmiljo/fysiske-faktorer/vibrasjoner/>

4.3. Risikofaktorer for utvikling av muskelskjelettplager

MSD er en sekkebetegnelse som inkluderer betennelseslignede og degenerative tilstander som påvirker muskler, ledd, sener samt nerver og blodårer, der noen av tilstandene kan påvises klinisk mens andre er knyttet til lite kjent patologi og til selvrapportering (Punnett & Wegman, 2004). Dette kompliserer vår forståelse og ikke minst undersøkelser av sammenhenger mellom arbeidets innhold og helseutfall. Til tross for dette sammensatte bildet, er sammenhengen mellom belastninger i arbeid og utvikling av slike plager veldokumentert (Punnett & Wegman, 2004). Hver av disse eksponeringene er anerkjente risikofaktorer for MSD i en eller flere kroppsregioner: tungt fysisk og manuelt arbeid, arbeid i bøyde eller vridde posisjoner, statisk eller repetitivt arbeid og vibrasjoner, der risikoen forsterkes for de som er eksponert for en kombinasjon av disse eksponeringsfaktorene (ibid.). Den samme artikkelen peker videre på psykososiale faktorer som jobbkrav, autonomi og pausemønstre, men der disse sammenhengene er funnet til å være noe svakere enn for fysiske belastninger. Videre så er tidsaspektet, og variasjon i eksponering over tid en viktig faktor for utvikling av plager, men en faktor som epidemiologiske studier i liten grad har klart å fange opp, som krever andre metoder for å innhente gode data, eks direkte målinger (Wells et al., 2007).

Ser vi spesifikt på BA-bransjen kan den karakteriseres av arbeid og oppgaver som inkluderer en rekke kjente risikofaktorer for utvikling av MSD (Umer et al., 2018), der disse eksisterer i kombinasjon. Umer og kolleger er de eneste som utført en systematisk kunnskapsoppsummering som spesifikt ser på MSD i BA-bransjen. De finner at de mest vanlige plagene er knyttet til rygg, kne, skulder og håndledd (ibid.). Litteraturgrunnlaget ga dessverre ikke forfatterne mulighet til å spesifisere plagerforekomst innenfor ulike fagområder, og de etterlyser derfor mer fagspesifikk kunnskap. Dette kobles til mangfoldet av yrkesgrupper, oppgaver og krav (eksponering), der en del oppgaver også er til dels spesialiserte oppgaver (Umer et al., 2018). Det vil være varierende for de ulike yrkesgruppene for hvor plagene setter seg, og den enkelte yrkesgruppe kan rammes av flere plager. For eksempel viser studien at gulvleggere rammes av både ryggplager og plager med knær (ibid.).

MSD er en sekkebetegnelse for mange ulike tilstander. Mangfoldet av yrkesgrupper og risikofylte oppgaver bidrar til at forskningen på tematikken spesifikt for BA-bransjen er fragmentert. Som nevnt i forrige avsnitt, er det lite sammenstilt kunnskap for ulike yrkesgrupper knyttet til oppgaver og organisering, og en fullstendig oversikt er vanskelig å skaffe til veie. Dette bildet bekreftes av en kunnskapsoppsummering som sammenstiller til sammen 69 studier av murere og ledere i bygge- og anleggsbransjen (Boschmann et al., 2011). Oppsummeringen fant at murere har høyere risiko for ryggplager og for smerter i arm og legg (ibid.). De fant videre stor grad av variasjon mellom studier i observert arbeidsbelastning. Variasjonen ble funnet for antall timer brukt på murerarbeid (35-60%), antall murstein/ blokker og total vekt, og antall repetisjoner per time (ibid.). Det er med andre ord vanskelig å gi entydige svar også innenfor avgrensede yrkesgrupper.

Det sammensatte årsaksbildet gjør det også svært vanskelig å studere betydningen av intervensjoner. Oppsummeringene over synliggjør viktigheten av at bedriftene forstår og kjenner arbeidsprosesser, oppgaveutførelse og eksponering, det vil si selv jobber systematisk med risikovurdering i egen bedrift og bruker disse til å gjøre forbedringstiltak. Dette er også påkrevd gjennom lov og forskrift⁷.

⁷ https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-62#KAPITTEL_4

Kort oppsummert så kjenner vi risikofaktorene for muskelskjelettplager, vi vet hvor utsatt bransjen er, men vi har lite fagspesifikk kunnskap knyttet både til yrkesgrupper og de konkrete oppgavene og prosessene oppgavene inngår i. De få studiene som oppsummerer eksisterende kunnskap, viser videre stor variasjon i det oppgavebaserte. Bedriftenes egne risikovurderinger og eget arbeid vil derfor være sentralt i hvordan muskelskjelettplager forebygges gjennom BIM.

5. Erfaringer fra BA-bransjen og integrering av HMS i BIM

Kapittel 4 har gitt en innføring i hva forskning og statistikk sier om utfordringer knyttet til HMS i bygg- og anleggsbransjen. I dette kapittelet vil vi vise hva aktørene selv sier om sine HMS-utfordringer, om virksomhetens bruk av BIM og om hvilket potensial BIM har i forebygging av helseplager og ulykker.

5.1. Dagens utfordringer og praksiser i HMS-arbeidet sett fra HMS/ BHT og fra prosjektering

I intervjuene ble virksomhetens HMS-utfordringer tatt opp som tema uavhengig av hvilken praksis eller erfaring informantene hadde med BIM. På denne måten fikk vi et godt innblikk i «hvor skoen trykker» for de ulike aktørene, også basert på deres rolle i virksomheten.

5.1.1. Helse, miljø og sikkerhet – roller og dilemma

Utfordringene som er knyttet til HMS er på ingen måte nye. De er dessverre velkjent, både for virksomhetene og oss forskere. Det er ofte snakk om situasjoner i et arbeidsmiljø der mange aktører og fagområder jobber side ved side. En planlegger sier følgende:

«Så har vi jo definerte områder som vi vet er de mest farlige operasjonene vi gjør. Der er det ekstra fokus på at det kan oppstå vanskelige situasjoner som kan føre til skade, da. Det er jo typisk sånn konflikt mellom mennesker og maskin, som igjen blir enda vanskeligere om en jobber på trange riggplasser eller trange byggeplasser i byen. Så er det jo løfteoperasjoner, jobb i høyden, strøm og eksplosjoner.»

Når det gjelder utfordringer på individnivå, forteller informantene at det er de samme type hendelser som går igjen, for eksempel mindre personskader (overtråkk, fall og kutt), som bransjen som helhet har vanskelig for å bli kvitt. Samtidig kommer det tydelig frem at det på virksomhetsnivå er en større bevissthet rundt sikkerhet og forebygging av ulykker enn tilfellet er for helserelatert risiko. Også planleggere medgir at de er mest fokusert på sikkerhet og miljø. Risikofaktorer for alvorlige hendelser og dødsfall får mer oppmerksomhet, mens helseeksponeringer som tunge løft og hender over skulderhøyde selger i mindre grad oppover. En av informantene som representerte HMS / BHT hos en entreprenør sa det på følgende måte:

«Det (...) er veldig lett å få oppmerksomhet rundt sikkerhet helt til topps i organisasjonen. Det er enkle budskap, det er sterke bilder, det er lett å forholde seg til, selv om det er grusomt, for å si det sånn. (...)»

Samme informant forteller videre at bedriften har egne workshops som ser på status for helse- og sikkerhetsarbeidet i hver region, og peker på endringer utover i organisasjonen:

«Vi har de siste årene hatt mer og mer fokus på helsedimensjonen i de workshopene. Da ser vi at det overholde ikke er vanskelig å få gode diskusjoner rundt helse og psykososial helse på prosjekt- og regionsnivå. Det er stor interesse for det, og det er et stort ønske om å ta tak i det. Så bevisstheten

rundt det og klima, for å gjøre noe med det, er mye bedre enn det var, men det selger litt dårlig oppover.»

En annen informant i samme intervju utfyller:

«(...) det scores generelt lavt på helse. Altså, det betyr at man har et forbedringspotensial for å arbeide opp mot helse- og sikkerhetsfaktorer. (...) Så ser jeg også at det er fokus på det psykososiale, organisatoriske faktorer, når det kommer til helse, mens de mer fysiske delene når det kommer til helse, hvor man kan ta den treenigheten med ergonomi, kjemisk eksponering, støy og vibrasjon. Det ble fire, faktisk. At de nevnes ikke så mye på de områdene.»

På tvers av intervjuene er det et gjennomgående mønster at S'en i HMS er mer fremtredende enn H'en. Samtidig kjenner flere informanter betydningen av at helseutfordringer blir tatt tak i. Spesielt er informanter fra BHT mer opptatt av helseutfordringer, som tunge løft, kjemisk eksponering og organisatoriske/psykososiale faktorer (stress, arbeidspres og tidsfrister). Her er imidlertid *roller* en viktig faktor, og rollenes betydning for arbeidsoppgaver og eksponering. Dersom en virksomhet er hovedentreprenør i et prosjekt, er det begrenset hvor mange yrkesgrupper som faktisk har denne virksomheten som arbeidsgiver. For hovedentreprenør kan dette bety mer spesialisering hos egne ansatte, mens tunge og fysisk belastende oppgaver blir utført av andre yrkesgrupper som er ansatt hos leverandører. Helseplager og fravær som skyldes disse oppgavene vil derfor ikke bli direkte synlig for hovedentreprenøren, og slike utfall kan derfor lettere gå «under radaren». Et eksempel på dette synliggjøres i sitatet under fra en HMS-leder hos en av entreprenørene:

«Det er også sånn at ubekvemme oppgaver ofte blir plukket litt ut av akkorden. Steder hvor det er veldig vanskelig å jobbe akkord for eksempel, så blir det krevd og tatt ut av akkorden [...]. Det blir satt som en egen oppgave, og igjen gjerne blir brukt innleid arbeidskraft på».

En kollega følger opp med følgende synspunkt:

«(...) sånn bransjen er bygget opp, så har vi jo... Vi har ikke så mange arbeidsoppgaver igjen selv. Vi setter jo bort veldig mye til innleide. Ved å gjøre det, så står vi igjen med lite å variere med, samtidig som vi kanskje gir bort det som er tyngst. Så noen arbeidsgrupper som kanskje ikke er våre egne, de har kanskje veldig tungt arbeid. Så har kanskje vi veldig monotont, repeterende arbeid. Så det ser jeg også som en utfordring.»

Når en virksomhet bruker underleverandører, kan det oppstå uheldige situasjoner fordi forventningene ikke er tilstrekkelig avklart på forhånd, for eksempel i forbindelse med fastpriskontrakter. Man kan da oppleve at HMS blir nedprioritert av leverandøren, fordi den har som hovedstrategi å innfri i henhold til tidsramme og kostnad, selv om dette skulle vise seg å avvike fra hovedentreprenørens HMS-målsetninger for prosjektet. To informanter fra entreprenørsiden sier det slik:

«(...) så hvis det ikke er ordnede former og ikke like uttalt hva som er prioriteringer, altså at HMS kommer først, så tror jeg nok at andre firmaer under oss kan føle seg presset til å utføre ting utrygt. Kanskje de har fått beskjed om at de taper penger eller at hvis de ikke blir ferdige snart, så blir det dagbot osv. Penger, rett og slett»

«Så det er ikke til å «legge under en stol» at penger og fremdrift ofte kan bli litt overskyggende. Da spesielt for de som skal jobbe for oss. Jeg tror som de andre sier, at vi har en veldig god ryggmargsrefleks i forhold til sikkerhet, og det er veldig sjeldent at vi tar egne folk til å gjøre farlige ting på byggeplassen»

Samtidig snakkes det om holdningsendring i bransjen. Den unge generasjonen omtales som mer opptatt av sikkerhet enn de eldre, og det er en stadig større aksept for bruk av verneutstyr og fokus på HMS. Dette gjelder også for underentreprenørene:

«Det virker som underentreprenørene våre også har blitt bedre på det å si ifra når forholdene ikke ligger skikkelig til rette, da. Ikke minst at det er takhøyde for det, da. At det er noe man setter pris på, heller enn at det kan gå litt fort i svingene.»

Andre utfordringer knyttet til HMS (og fortrinnsvis sikkerhet) dreier seg om språkbarrierer, ved at det er arbeidstakere som ikke snakker norsk og kanskje heller ikke engelsk. En av entreprenørene har bestemte retningslinjer knyttet til dette. Midlertidige konstruksjoner går igjen som en utfordring, også fordi det brukes av flere yrkesgrupper:

«Ja, det er jo et typisk dilemma vi står i, at våre tømrere ønsker f.eks. en type størrelse på stillaset, mens murere, som er en gruppe vi har kontrakt med, de har behov for en annen type høyde. Så koster det veldig mye å bygge om stillaset, sies det. Det regnestykket innebærer både direkte og indirekte kostnader, så det er et vanskelig regnestykke. Men begrunnelsen er i alle fall at det koster mye å bygge om. Så det er et typisk dilemma vi står i, at vi skal ta hensyn til ulike arbeidsgrupper og ulike arbeidsoppgaver.»

I sum er det mange hensyn som skal tas i et BA-prosjekt, og dette fører til at beslutningstakerne blir stående med flere dilemma. Vi syns dette best illustreres med en av de rådgivende ingeniørene sine egne ord:

«Så er jo spørsmålet: Hva er det som er tyngst av kriteriene, da? Er det kostnad? Er det fremdrift? Er det SHA eller miljø? Eller hva er det? Ikke sant? Det blir jo egentlig en totalvurdering, da. Det aller meste kan jo løses.»

5.1.2. Verktøy og strategier for arbeid med HMS

I det daglige bruker virksomhetene en rekke verktøy for å avdekke og forebygge risiko på arbeidsplassen. Noen verktøy er overordnede, som f.eks. risikoanalyser på hele prosjekt som anvende i prosjektering / planlegging, mens andre anvendes ute på byggeplass og er tilpasset enkeltoppgaver, som sikker jobb-analyser (SJA). I tillegg kommer såkalte «tool box»-møter, hvor ledere fra alle underleverandørene på byggeplassen møtes hver morgen for å koordinere arbeidet. Å planlegge et stort prosjekt er en komplisert oppgave, som krever ulik kompetanse og koordinering av ressurser. De ulike aktørene har ulike roller og ståsted, noe som blant annet utfordrer inkluderingen av HMS tidlig (nok) i prosessen. Dette omtales mer i kapittel 5.2. De som jobber med planlegging, kan derfor erfare det som vanskelig å holde oppmerksomheten om HMS «levende» gjennom hele prosessen:

«Det er klart, det å leve risikovurderinger og HMS gjennom planleggingsfasene, det er noe som vi har tatt opp flere ganger, vi. Det er vanskelig. Jeg ser i alle fall på det som en av de viktigste tingene å utvikle videre i neste prosjekt. Det er der vi sikkert har mest å gå på, og kan bli mye flinkere, da. Jeg synes det er vanskelig å skape skikkelig engasjement, men vi gjør jo øvelser på det.»

Og om det er vanskelig å planlegge tilstrekkelig for sikkerhet i prosjekteringsfasen, så viser det seg å være enda vanskeligere å inkludere helseutfordringer i risikoanalysene, slik HMS-lederne vi snakket med ser det:

«Nei, det er jo en del ting som jeg har prøvd å sette på dagsorden flere ganger, da. For de risikovurderingene er veldig sånn konkret på sikkerhet. Så vi har puttet inn en del etter hvert på både støy og på ergonomi, men der er det nok et lite hull. Vi har gjort det, men den biten blir mye mindre enn den sikkerhetsbiten, da. Den blir jo konkret, og da...».

«Så er det jo dessverre litt sånn at vi sier at vi tenker HMS først. Vi gjør jo egentlig det. Det sitter i beinmargen vår og tenker at: 'produserbart=mulighet til å produsere uten å ta livet av noen i praksis' [...] Vi sitter nå blant annet med et ergonomiprojekt, som også er en del av HMS. Dette for å få inn ergonomi inn i tidlig fase. Altså helt, helt, helt i tidlig fase. Også inn i prosjektering og det å tenke: Er dette fysisk mulig å gjennomføre uten å måtte jobbe og ødelegge kroppen til de som utfører jobben? Det ser vi mangler i dag.»

Hos en av entreprenørene fremkommer det at de har en helsesjekkliste, som skal sette fokus på de mest kjente risikofaktorene og som skal gås gjennom i prosjektene. Informanten sier at dette brukes mest i oppstartsfasen av utbygging. En kollega utfyller:

«Faren med mange av disse risikovurderingene er at de på en måte blir gjort én gang, og så blir de hengt opp på veggen, og så tenker man at man skal gjøre det. Men så går hverdagen sin gang, og så glir man litt tilbake i gamle spor.»

Når det gjelder helse, er det noen ting som er lettere å inkludere enn andre. Det er tydelig at støy er en risikofaktor som flere er bevisst på, både med hensyn til måling og konsekvensreducerende tiltak (hørselvern). På en annen side anses det vanskelig å gjøre noe med støy, fordi den er en naturlig konsekvens at det arbeidet som foregår på en byggeplass. Enda vanskeligere blir det da med andre helseutfordringer, som muskel- og skjelettplager, som ikke kommer til syne umiddelbart, og som har sammensatte årsaker:

«[...] ankepunktet der er at du prøver på en måte å tallfeste noe som ikke kan tallfestes. [...] så er det ikke som støy eller støv, hvor du kan måle partikler, lyd eller noe. Her har vi forskjellige armspenn og forskjellig tåleevne. Så du vet du også at psykologiske faktorer påvirker ryggplager. Du prøver da å tallfeste noe som ikke kan tallfestes, tenker jeg noen ganger i forhold til de risikovurderingene.»

Dette sitatet fra en HMS-leder hos en entreprenør illustrerer hvordan helseutfordringer er vanskelig å forebygge gjennom de verktøyene som finnes i dag. En av utfordringene er at tallfesting og standardisering er nødvendig for å kunne inkludere for eksempel muskelplager i en risikoanalyse så tidlig som i prosjektering, men som sitatet synliggjør at de i dagens praksis opplever som vanskelig. Ikke bare på grunn av hvordan risikoanalysene er utformet, men på grunn av kompleksiteten i aktør- og årsaksbildet. Slik som prosjekteringsarbeidet foregår i dag, vil ikke HMS kunne inkluderes på et

tidlig tidspunkt, fordi den rette kompetansen ikke er til stede. Dette gjelder både kjennskap til byggeplass og spesifikk HMS-kompetanse.

Uønsket eksponering som det ikke har vært mulig å eliminere i planleggings- og prosjekteringsfaser, må håndteres i driftsfasen. Informantene gir eksempler på hvordan bedriftene forholder seg til denne rest-eksponeringen (vårt ord). Det første eksempelet gjelder vibrerende utstyr: Arbeidstaker kan legge inn spesifikk informasjon om det nødvendige utstyret i digitale verktøy, som deretter kan angi maksimalt lovlig eksponeringstid ved bruk av det gitte utstyret. Et annet eksempel er at en bedrift har ergonomi som et eget kampanjeprojekt. Denne bedriften har derfor som mål at arbeidstakere i størst mulig grad skal «erge» (les: ha fokus på ergonomi) når de utfører sine arbeidsoppgaver. Tilsvarende eksempler for person- og støyskader er tilgang på personlig verneutstyr og holdningsskapende arbeid for at folk skal benytte det. Dette sitatet illustrerer hvordan ansvaret for egen helse blir vurdert og håndtert i driftsfasen:

«Jeg går på en befaring og da ser jeg en av egne fagarbeidere som står i en støyfull sone med en sag som bråker noe forferdelig. Så avventer jeg til at han er ferdig med arbeidsstykket sitt, og så går jeg bort og spør ham: 'Jeg bryr meg om hørselen din. Hvorfor har du ikke hørselvern på deg? Burde ikke du hatt hørselvern på deg når du gjør dette stykket arbeid?' Da var svaret at han ikke trengte det fordi at han hørte så dårlig likevel. Det vitner jo litt om... Dette var jo en fagarbeider som hadde vært mange år i bransjen. Det jo vitner jo litt... På tross av at bedriften har vært ute og hatt kampanjer og vi informerer og prøver å passe på hverandre, så sitter det igjen noen gammeldagse holdninger igjen. Det er fryktelig vrient å få gjort noe med, altså.»

Sitatet eksemplifiserer hvordan ansvaret for helserisiko som arbeidstakeren er nødt til å forholde seg til, flyttes fra arbeidsgiver til den enkelte arbeidstaker. Når arbeidstakeren blir satt i en hovedrolle med hensyn til å ivareta sin egen helse (i dette tilfellet: hørsel) er det viktig å belyse det faktum at helseproblemer er sammensatt av en rekke årsaksforhold. For mens ulykker med personskade er relativt enkle å undersøke i etterkant, er årsakene til helseproblemer, og spesielt muskel- og skjelettplager, et stort lerret å bleke. Det inkluderer i tillegg individuelle faktorer, og i en slik sammenheng er det fare for at virksomheten vektlegger den enkeltes ansvar for helse, f.eks. gjennom kosthold og trening. Dette for at arbeidstakeren skal «tåle» den eksponering som arbeidet gir, og slik at de negative effektene av arbeidsplassens helserisiko blir så små som mulig. En informant fra BHT sier følgende:

«(...) vi har diskutert en del dette med hva som er kjernetjeneste og hva som er tilleggsteneste. Det har gått en sånn vind gjennom Norge om dette med ernæring, stressmestring og de tingene der, som bedrifter har etterspurt, men som helt klart er en tilleggsteneste. Det syns jeg er interessant, fordi at vi som virksomhet ønsker da disse tilleggstenestene, men jeg ser jo at vi har utfordringer på kjernetjenester.»

De kjente eksponeringene og håndteringen av dem er altså utfordrende for bedriftene i vår studie. Det betyr imidlertid ikke at dette er en statisk situasjon. Den samme informanten som i forrige sitat ble spurt om det har blitt en slags norm i bransjen at man «godtar» de kjente eksponeringsfaktorene. På dette svarer informanten:

«Jeg vil jo si at de årene jeg har vært i bedriften, så har det vært en enorm utvikling i forhold til fokus på enkeltmenneske, verneutstyr, riktig hørselvern, hansker, riktig bekledning og nå også nå de

senere årene, litt mer fokus på helse. Da i form av ergonomi og sånn, da. (...) Jeg tror det skjer noe. Jeg tror bransjen er mer moden nå enn den var for bare ti år siden i forhold til å ta vare på folk.»

5.1.3. Erfaringsoverføring / læring av hendelser

Innledningsvis i kap. 2 viser vi et empirisk basert rammeverk som synliggjør hvordan ulike nivå i et produksjonssystem henger sammen og påvirker hverandre. I den sammenhengen viser figur 2:1 og 2:2 viktigheten av såkalte tilbakeføringsløyper med informasjon. Tilbakeføringsløyene kan være både positive og negative erfaringer, men tradisjonelt har nok sistnevnte vært mest i fokus for å oppnå læring. Hvor godt en arbeidsprosess – i dette tilfellet et prosjekt – blir evaluert kan derfor måles i hvor mange uheldige konsekvenser som gjennom erfaring og læring blir luket bort i de påfølgende prosjektene. To planleggere hos en av entreprenørene forteller hvordan dette foregår for ulykker:

«[...] hver gang noen i virksomheten har omkommet i våre prosjekt, så har vi en sånn 'global safety stand-down' over hele verden. Da man snakker om ulykken, hva som skjedde, hvorfor det ble sånn og hva som kunne blitt gjort annerledes. Rett og slett en analyse som alle byggeplassene skal være med på. Vi pleier da å kjøre det med de prosjekterende også.»

«Vil vel kanskje si at det er en av de tingene vi har et forbedringspotensial på, da. Vi er veldig flinke til å lære av de gangene det går skikkelig galt, mens de hverdagslige, mindre hendelsene så har vi nok litt å gå på. Får ikke like mye oppmerksomhet, da.»

Det er med andre ord ulik vektlegging av hendelser av ulik alvorlighetsgrad, og hvor de store ulykkene får mest oppmerksomhet. Det vil nødvendigvis påvirke hva som inngår i tilbakeføringsløyene som lærdom for fremtidige prosjekt. En annen utfordring kan være å ha samsvar mellom risikoanalyser, planer og praksis, noe som dette sitatet fra en av de som representerer HMS / BHT belyser:

«Når vi gransker, så finner vi ikke sorte hull og den slags, men vi finner rett og slett ting vi ikke har gjort, og som vi har sagt at vi skal gjøre. Det tror jeg er det brutale svaret på hvorfor ting går galt. Vi har tenkt på det, men vi klarer ikke gjøre det hele tiden, hver dag.»

Selv om tidligere sitater peker på forbedringspotensial for læring, viser intervjuene også at evaluering av sikkerhetshendelser er mer innarbeidet enn tilfellet er for helserelaterte risiko. Der hvor akutte hendelser (skader, ulykker) lettere får plass i tilbakeføringsløyene, ser det ut til at helseeksponering forblir gjentakende uønskede hendelser i prosjektene. En av grunnene er at eksponering og ergonomi ikke inngår i avviks- og rapporteringssystemet, og at helse (stress, belastningslidelser og fravær) ikke tas med i evalueringen av et prosjekt:

«Altså, vi ser det jo underveis, at det er uheldig, og vi får sykemeldinger og fravær og sånn, men jeg tror likevel ikke at vi er flinke nok til å ta det med oss til neste prosjekt, da. Når vi er ferdige med et prosjekt, så setter vi strek, og så går vi videre.»

En annen årsak til manglende erfaringsoverføring, er at prosjektene behandles som separate begivenheter, og at det er vanskelig å tenke på langtidseffekter av helseeksponering når man har tidspres mot slutten av prosjektperioden. En informant fra entreprenørene forklarer:

«Vi gjemmer oss bak det midlertidige: «Vi er jo ferdige snart. To dager og så er det jo borte». Det er litt sånn. [...] Så går vi til neste, og da begynner vi på en måte fra «scratch». Da tenker vi helt nytt igjen. Så den midlertidigheten blir dratt inn i flere sånne ting.»

I kapittel 5.1.1. ble det beskrevet at ubekvemme oppgaver noen ganger blir gitt til underleverandører, mens hovedentreprenøren beholder de spesialiserte oppgavene, og at den fysiske belastningen derfor blir «outsourcet». Det skjeve maktforholdet mellom underleverandør og entreprenør har også en direkte effekt på informasjonsflyten om hvilken effekt dette har på arbeidstakerne. Informanter forteller om at frykt for at kontrakter ikke blir videreført kan bidra til at prosjektet går glipp av informasjon om uønskede hendelser, rett og slett fordi innleide unngår å rapportere dem. Det samme maktforholdet kan også redusere åpenheten om å si ifra om kritikkverdige forhold, noe som bremser muligheten for forebygging i planleggingsfasen.

5.2. Prosjektering, faser og roller, HMS som tema og utfordring

Der det foregående kapitlet gir et generelt bilde av status for HMS, sett fra våre informanter sin side, skal vi i det følgende se på hvordan HMS ivaretas i de ulike prosjekteringsfasene.

5.2.1. Prosjekteringsfase - bygg

Integrasjon av HMS i prosjekteringsfase ble erfart som utfordrende. En av de store utfordringene som kom fram var kompetansen hos prosjekterende, omtalt til å være «skremmende langt unna det som har med byggeprosessen å gjøre. «Mange av de har ganske lite forståelse for det». Fra byggherren sin side ble det omtalt å være gjeldende ikke bare for utbygging, men i like stor grad for drift av bygg. Fra byggherre sin side ble følgende sagt om prosjekterende:

«[...] har en lang vei å gå i forhold til forståelse av hvilke krav eller hvilke plikter de faktisk har etter byggherreforskriften. Kravet til å gjøre risikovurderinger og sikre at de løsningene som de prosjekterer rett og slett er byggbare. Også driftsvennlige da. At det faktisk er mulig å drifte bygget etter at det er ferdig uten at de som jobber i driften skal sette liv og helse på spill for å skifte lyspære eller komme seg opp på taket for å rense sluk. Så jeg tenker at de prosjekterende har en lang vei å gå. Nå er det jo ikke sånn at entreprenørene er helt i mål de heller, men jeg tenker at der har man kommet en del lengre. Det er i alle fall min generelle påstand, og så finnes det selvsagt unntak.»

Fra et byggherreperspektiv, som skal ivareta HMS fra planlegging til ferdigstilling og deretter drift, ble det ansett som en stor utfordring at de er avhengig av både prosjekterende og entreprenørene sine holdninger og kunnskap. Erfaringene er at uavhengig av hvilke krav byggherre stiller, vil holdningene og kunnskapen prosjekterende og entreprenører innehar legge føringene for hvor godt SHA-arbeidet blir, og god HMS blir derfor prisgitt deres rolle også for driftsfasen av et bygg.

De samme problemstillingene kom opp fra entreprenørhold, der en av informantene i et av fokusgruppeintervjuene stilte spørsmålet: «hvem er det som typisk er med å jobbe med BIM? Altså, er det bare kontorfolk?». Spørsmålet utløste en diskusjon rundt arkitekter og prosjekteringsledere sin kompetanse, der begrepet «byggbarhet» kom opp. Begrepet «byggbarhet», ble brukt i flere intervju både av byggherre og entreprenør. Ved å øke forståelsen for «byggbarheten» vil det indirekte også bidra til bedre HMS.

«Vi ønsker å få inn edruelige planer, vi ønsker å få identifisert alle risikoene og vi ønsker rett og slett vet hvordan man i alle dager setter opp et bygg. Det vet ikke nødvendigvis de prosjekterende. Jeg tror at bare det tiltaket der, at man går opp i større grad av samspill, selv om fokuset ikke nødvendigvis kommer direkte over på HMS, så kan det indirekte være med på å fremme HMS-tankegangen».

Selv om de rådgivende ingeniørene får mye kritikk fra de andre aktørene vi intervjuet, betyr ikke dette at de er ignorante eller ikke ser problemstillingene som reises. En informant sa følgende: *«Vi må tenke som entreprenører og entreprenører må tenke og se våre aspekter også. Min erfaring er at vi litt for ofte ikke klarer å se hverandres side av bordet og at det er bygge-bransjen sin utfordring».* Det erkjennes derfor fra alle aktørene vi intervjuet, en manglende evne til å se alle aspekter ved BA-prosjektene herunder kravene som rettes mot de ulike og aktørene sine ulike perspektiver og behov i utviklingen av BA-prosjekter.

Nå rådgivende konkretiserte hvordan de jobber med HMS / SHA beskrev de involvering av SHA-rådgiver og etablering av risikoregistre som skal følge modellen eller prosjektet videre. Ifølge dem etableres det tidlig et risikoregister, det vil si det etableres flere risikoregistre. Et generelt risikoregister ivaretar risiko knyttet til kostnad, fremdrift mm. Det er videre et annet risikoregister for SHA. Disse gjennomgås en gang i halvåret sammen med tiltak. De har separate arbeidsmøter på de ulike risikoregistrene. For øvrig deltar SHA-ansvarlig i enkelte prosjekteringsmøter. De fortalte videre hvordan de identifiserer risiko og hvilke risiki de identifiserer:

«Man går gjennom hele prosjektet og prøver å finne hva det er som kan være risikoer...[...]... Når entreprenøren kommer inn senere, så kan nok han finne helt andre risikoaspekter her. Ikke sant, visst man går inn her og ser på hvordan det er i forhold til at det er et bløtt område. Da er det en lang rekke ulike aspekter som en kan se på. Men her får man en ganske grei og overordnet oversikt. Her kan man også for så vidt legge inn geotekniske. Man kan se på flomsoner som kan være der f.eks. Det er bergflaten og det er bløte områder. Så man får jo en god oversikt over at fundamentet ikke står direkte på fjell, men at her er det en kvikkleire-sone som man må ivareta. Da er det jo opp til entreprenøren om å kanskje detaljere mer. Det man kunne gjort her f.eks., det er jo å lage en bro som var lengre og man kunne ta vekk fundamenter i områder som er veldig vanskelig å bygge. Det er jo mulighet for».

På den ene siden viser sitatet hvordan man avdekker risiki, i dette tilfellet grunnforhold el, forhold som kan medføre utfordringer både for utbygging og for konstruksjonene når den er ferdig bygd. Det omtales til å være noe man identifiserer, som kan tolkes som at det er synliggjøring av risiko som er i fokus. I sitatet blir det også uttalt at det videre blir entreprenøren sin oppgave å detaljere ut håndtering av disse, noe som indikerer at håndteringen av disse risikiene oppfattes til å være entreprenørens ansvar. På den andre siden nevnes muligheten for å gjøre større grep for å fjerne eller designe vekk risiko. Et eksempel er hvordan de peker på en alternativ trasse for en toglinje:

«Eller en kan flytte hele traseen. Vi har jo sett på og har jo flere linjer som ikke vises her, men vi har jo en linje som går mer i kvikkleireområder. Mens dette området her (vi sparte en milliard kroner bare på det) la vi linjen et sted hvor det var mindre kvikkleire og mere tele. Det var jo både kostnadsbesparende, men jeg vil også tro det var en sikkerhetsmessig gevinst».

Det er den økonomiske risikoen som er begrunnelsen for å i dette tilfellet flytte en trasse, og viser dermed til det tidligere omtalte risikoregisteret som er koblet til kostnad og framdrift. Samtidig antas det at dette kanskje gir en gevinst for sikkerheten. Dette underbygger at det er mulig å oppnå flere gevinster ved å vurdere alternative løsninger.

5.2.2. Prosjekteringsfase – utbygging

Et tema som ble sentralt når vi snakket om HMS i prosjektering for selve utbyggingen, var de formelle kravene, og hvordan forskriftene på ulike måter praktiseres og griper inn i prosjekteringsfasen. I forhold til byggherreforskriften er det KP-rollen som eksplisitt diskuteres. Byggherre kan stille med egen KP, men KP kan også være innleid av byggherre. Erfaringene var at KP er nyttig når de er til stede, men at det gjerne blir det de får til der og da, der tilstedeværelsen er varierende. Erfaringene er at innleide KP-er har større grad av tilstedeværelse, og at de har bred erfaring og et utenfra-blikk som ble oppfattet til å være verdifullt. Uavhengig av hvem som sitter med KP-rollen kom det fram at systematikken i jobbingen lett blir bruk av skjema og sjekklister, med ønsker om å jobbe på andre måter enn med sjekklister, altså identifiserer metodikk som iverksetter tanker og som skaper engasjement.

På spørsmål om direkte involvering av enten HMS-personell eller BHT i tidligfase, ble BHT sin involvering koblet til internkontrollforskriften og arbeidet internt i egen bedrift, som bistand i forhold til risikovurderinger for egen virksomhet. Sett fra entreprenørene sin side fremkommer det at HMS og BHT kan være en ressurs som blir involvert i prosjektene, samtidig som de er vage på hvilken måte de involveres i selve prosjekteringsfasen. Som en av informantene videre sa:

«På boligsiden så er det lite, altså. Det er klart at det kan tilskrives også at vi ikke tar initiativ. Jeg tror nok at hvis du hadde spurt bedriftshelsetjenesten pent om å få ut en ressurs innimellom, så hadde de nok stilt opp de, altså. Det tviler jeg ikke på. Så det er nok mer en sånn vane, da. Vi er vant med å klare oss litt selv».

De selvkritiske i forhold til egen rolle og erkjenner at de kan bli bedre til å be om flere ressurser knyttet til HMS. Tilsvarende sa også våre informanter fra HMS / BHT at de må bli invitert. Våre informanter presiserte likevel viktigheten av nettopp denne involveringen, og det jobbes også med dette i enkelte bedrifter. En annen inngang til dette var erfaringer med at prosjekteringsfasen i større og større grad inkluderer spesialiserte fag som akustikk, lys osv., og det ble i denne sammenheng stilt spørsmål om hvorfor man ikke tenker tilsvarende rundt involvering av kompetanse på HMS: *«Da som en fagkompetanse i rekken av mange andre som vi benytter oss av i en prosjekteringsfase».*

I diskusjonen kom det i sammenheng med begrepet «byggbarhet» opp viktigheten av en mer «bottom-up» involvering, med entreprenørene i tidlig fase, sett fra byggherren sin side, og involvering av operative (baser/formenn) inn i prosjekteringsfase, sett fra entreprenørsiden. Dette ville bidra til at byggbarheten øker slik de så det. Fra entreprenørsiden snakket de om å bli bedre på å involvere operative. Samtidig kom det opp at enkelte prosjektledere er flinke til dette allerede: *«NN har vært veldig flink til å inkludere både formenn, produksjonsledere, prosjektledere og anleggsledere i prosjekteringsmøtene. Det er jo med det utgangspunktet: er dette her byggbart?»* Dette kan være en indikasjon på at det i bransjen sett under ett ikke eksisterer omforente praksiser på dette, men at det dette avhenger av prosjektlederne.

5.3. Hva skal til for at BIM skal kunne være et godt verktøy for å fremme god HMS og redusere risiko i BA-bransjen?

«Så det andre aspektet er jo å få rådgiverne til å tenke på HMS og hvordan de kan prosjektere for å prosjektere bort fare. Det er jo en litt annen måte å tenke på enn hva man er vant med å tenke egentlig. Så hvordan sette på folk på sporet av det, på en måte?»

5.3.1. Dagens bruk av BIM

Aktørene vi snakker med omtaler BIM som et verktøy, som allerede er sentralt i planlegging, «modellen er prosjektering» som bidrar til at prosjektene i større og større grad blir papirløse. Hos en entreprenør ble BIM av en prosjekteringsleder omtalt som følger:

«Fra det å være et verktøy som rådgiverne og arkitektene våre benyttet for å produsere plantegninger, har det nå blitt det absolutt viktigste verktøyet vi bruker i jobben. Som prosjekteringsleder så vil det jo bli slik at det kun jobbes i modellen nå. Det er ingen som får lov til å være med inn i våre prosjekt på den gammeldagse måten. Så alle som skal levere noe i våre prosjekt skal jobbe i BIM».

Bruken av BIM omtales med utgangspunkt i den rollen de har. Byggherren omtaler seg selv som «tilrettelegger av digital informasjon hvor BIM er et nav». Entreprenørene erfarer at det varierer mellom byggherrer i grad av føringer og ambisjoner for prosjektene som papirløse og tegningsløse. Entreprenørene kan for sin del sette krav til sine samarbeidspartnere / leverandører at det kun skal jobbes i BIM. Selv om kravene varierer, er mange prosjekter derfor blitt tegningsløse gjennom hele prosjektfasen.

En betingelse for utviklingen mot «papirløse prosjekt», og BIM som fundament for prosjektgjennomføring, er at teknologiske standarder og BIM-manualer legger til rette for konsistent utveksling av data. Dette vil bidra til et bedre felles grunnlag for planlegging og gjennomføring av prosjekter. Flere aktører arbeider mot dette målet. Det arbeides med digitalisering av grunnlagsdata og initiativ for økt dataflyt på tvers av organisatoriske grenser, noe som gjør det mye enklere enn slik det var før. Derfor jobbes det også for å sikre at alle aktørene inklusive leverandørene modellerer inn sine objekter inn i modellen. Som en av våre informanter sa:

«Dem som leverer store objekt da, for eksempel kjøkkenleverandør...[...] Hvis det for eksempel er noen store maskiner av eller et annet slag. At dem kan modellere inn objektene sine i modellen da. Det har tradisjonelt sett ikke vært så mye av.»

En konsekvens av dette blir at BIM-modellene må inkludere alt av informasjon. Det har en ulempe, fordi det nødvendigvis bidrar til høy detaljeringsgrad og mye informasjon.

«Jo større prosjektet blir, jo flere kokker, jo mer ting blir det å holde oversikt over som kan ha innvirkning på hverandre. Da må vi ha verktøy som på en måte tilgjengeliggjøre informasjonen slik at vi blir klar over... La oss si det er et bygg som skal bygges. Da må vi vite om rømningsveiene for brann, om akustikk-rav, om ventilasjonssjakt som kan bli trøblete hvis vi flytter på en vegg og vi må

vite om sånne ting. Det er veldig mange sånne avhengigheter som må være på stell. Da trenger vi systemer som hjelper oss med det slik at vi ikke sysler bort mye tid».

På den ene siden er det derfor viktig, slik enkelte sier å identifisere den informasjon som trengs til enhver tid, og det som skal legges inn er den informasjonen en har bruk for. På den annen side blir det viktig, slik sitatet over peker på at verktøyene tilgjengeliggjør informasjonen på en god måte, når det blir mye av den, for å dermed sikre at de klarer å utnytte informasjonen på effektivt.

Når modellen blir gjeldende som den primære informasjonskilden og en naturlig del av hverdagen, ligger det implisitt at detaljeringsgraden endres underveis, som en av de rådgivende ingeniørene sa: *«I forskjellige faser så er BIM-en eller 3D-modellen til forskjellig detaljgrad, alt ettersom hva en ønsker å oppnå i den fasen da. Er det å få en oversikt og alternativ-vurdere, så legger man nivået på BIM-modellen etter det... (...)*»

Dette betyr likevel ikke at det ikke produseres papir, til tross for at prosjekteringsfasen blir mer og mer papirløs. Fra de rådgivende sin side ble det sagt at de produserer tegninger til slutt, som arbeidsgrunnlag eller sluttprodukt.

Gjennom alle intervjuene fremkommer det tydelig hvordan BIM bidrar til å etablere arbeidsprosesser, og at de etter hvert blir bedre og bedre på disse prosessene. BIM blir en modell som man tar opp på storskjerm som man prater ut fra og diskuterer rundt. Det skaper et godt fundament for diskusjon, og bidrar til økt samhandling og felles forståelse. Ett viktig aspekt er storskjerm, en annen side ved dette er nettopp det tredimensjonale:

«... det der er jo tredimensjonalt. Misforstå meg rett, men rør er veldig tredimensjonalt. Et rom er bare en boks på en måte. Du skal være ganske god og trent for å se hvordan alt av teknisk anlegg egentlig sprer seg i et areal da. Så det er veldig bra.»

Fordi man ser det samme og fordi elementer i et bygg og bygget selv er lettere å forstå i 3D, blir BIM en samhandlingsarena, like mye som en teknologi. Hvordan en tenker rundt denne samhandlingen vil variere mellom aktørene, noe som også gjenspeiler fasene i prosjektet. De rådgivende/prosjekterende som er inne i tidlig fase, omtaler i stor grad samhandling rundt en overordnet modell, med viktigheten av at de ser det samme og jobber i det samme, som omsettes i en eller annen form for samhandlingspraksis: *«Når man sitter og jobber, sitter jo alle og jobber i samme modellen og ser på de samme tingene. [...] De beste tilfellene så bryter vi med modellen og jobber i modellen på samme måte som vi har planlagt gjennomføring osv. Alt vi gjør blir én til én, på et vis.»*

Når entreprenørene begynner sitt arbeid, så kommer det bidrag fra mange aktører. En entreprenør sa følgende:

«Gitt selve detaljprosjekteringsfasen, da, så vil det jo også være slik at... Altså, det starter vi jo. Så vil jo den BIM-en være bidrag i fra veldig mange fag. Kan jo typisk ha 8-12 forskjellige fag-BIM-er som vi setter sammen til en samlemodell, da. Som da bearbeides gjennom selve prosjekteringsfasen og utvikles og rapporteres i forhold til det som nå heter MMI, da. Så det er en utviklingsprosess».

I sitatet omtales 8-12 ulike fag som leverer inn bidrag til BIM, noe som er innenfor det vanlige i et prosjekt, ifølge noen av våre informanter. En annen entreprenør beskriver det sammensatte aktørbildet i prosjektene som følger:

«Den entreprenørbedriften, oss, sitter og håndterer egenproduksjon på tømmer og betong. Det vil også si at alle andre tjenester, dem kjøper vi. Sånn som f.eks. arkitektfaget, der kjøper vi en arkitekttjeneste i fra typisk (navn konsulent) eller hva enn de nå skal hete. På samme måte som rådgivning, ingeniør, byggeteknikk kan sitte i (navn konsulent) eller i (navn konsulent). Så sånn kjøper vi tjenester gjennom hele leddet. ...[...]... Så dette er et ganske sammensatt bilde, da. Men uansett så er det til syvende og sist noen som kommer med et bidrag inn i BIM-en.»

Det mangfoldige aktørbildet i hvert prosjekt gir videre et mangfold av BIM-verktøy, eksempler på programvare som aktørene bruker er Autodesk Revit, BIM 360, ArchiCAD, Tecla BIMsight, StreamBIM og Dalux. En typisk situasjon er at ulike selskaper og ulike fagområder (eks. arkitekter, ulike ingeniørmiljøer og entreprenørfag) bruker sine foretrukne programvarer og plattformer i utvikling av de spesifikke modellkomponentene, som i etterkant blir satt sammen til en helhet.

«Men de lager sine BIM-modeller inntil vi kommer inn og tar over det dem har laget og så jobber vi videre med det. Så det er ikke sånn at det som regel eksisterer flere modeller av samme prosjekt. Man jobber i den samme kopien og det som til slutt blir virkelighet da, på en måte. Vi sitter ikke med forskjellige versjoner. Sånn sett så jobbes det jo godt i en modell, synes jeg da. Bedre enn før man fikk modell. Da kunne det jo eksistere alt mulig slags versjoner.»

Denne sammenstillingsprosessen var mer utfordrende tidligere, men oppleves nå i stor grad som uproblematisk ettersom alle systemene kan utveksle data ved bruk av det åpne standardformatet IFC (Industry Foundation Classes). Det brukes også standard BIM-manualer som fremmer samhandling og datautveksling på tvers av teknologiske plattformer, fagområder og organisatoriske grenser.

Et begrep som dukker opp på tvers av intervjuene hos entreprenørene er «krasj-sjekk», som er en del av denne samhandlingen mellom aktørene. Hver av modellene som inngår i samlemodellen skal i utgangspunktet være kollisjonsfrie internt, for så å sette modellene sammen på tvers av fag. Det er da de såkalt krasj-sjekkes på tvers, det vil si gjennomgår konfliktkontroller i den sammensatte modellen for å påvise konflikter imellom fagene, for så å utbedre og gjøre modellen så konfliktfri som mulig. Disse krasj-sjekkene kan da blant annet inngå som et tema på prosjekteringsmøtene.

Videre bidrar BIM til at man kan jobbe mer systematisk, der datarikhet og datatilgang i denne sammenheng trekkes frem som viktige forhold. Når det gjelder datarikhet er det mulig å ta bilder og legge disse til elementer i modellen, noe som gir økt forståelse for arbeidsoppgaver og evt. utfordringer. Datatilgang handler om muligheter til å enkelt få opp elementer ved bygget en arbeider med til enhver tid, og at dette også kan knyttes til eksempelvis sjekklister.

«Men når du sier det der med sjekklister og at det ikke lengre er så vanlig at dem gjør det hjemme på sofaen i helgene, så kom jeg på det der som er så fint med f.eks. BIM 360. Det verktøyet vi bruker... Da er det jo sjekklister direkte linket opp til en plass i modellen. Da kan du stå der med modellen og trykke på den modellen du vil ha. Altså, der får du litt gratis. Det er bra, tenker jeg. (Annen informant:) Å ta bilder. (Informant:) Ja, nettopp.»

Til tross for at BIM legger til rette for samhandling, informasjonsutveksling mellom en rekke aktører med ulik fagbakgrunn, og ikke minst det å kunne etterprøve konflikter eller dilemma mellom fag, så omtales i liten grad HMS- eller BHT-fagpersoner/grupper blant de som involveres i arbeidet rundt BIM. Dette bekreftes fra prosjekteringsiden og fra informantene som representerer HMS/BHT. En av de som er involvert i prosjektering sa følgende: *«Ut ifra BIM-perspektivet så synes jeg det er synd at vi ikke har kommet lenger da. Det må jeg bare si».*

Fordi BIM visualiserer en konstruksjon, legger den forholdene godt til rette for å avdekke risiko, og en informant sa følgende: *«Det kan gjerne være slik at vi kan bli oppmerksomme på en tilfeldig risiko eller potensiell risiko når vi likevel sitter og går gjennom modellen, men vi har ikke noe systematikk for å fange opp det. Vi har heller ikke noe verktøy inn i modelleringsprogrammene som kan prosjektere HMS i BIM-en».*

Det ligger derfor barrierer i BIM slik den er utformet i dag, for å avdekke HMS-relatert risiko. Flere erfarer at man kan se farer. Samtidig peker de også på det som ikke kommer fram i en modell, som midlertidige konstruksjoner og fremkomst. Fra entreprenørene si side ble det sagt følgende:

«Vi har ikke klart å få opp den modelleringen av stillaset f.eks. som også viser utfordringene med kanter hvor det er åpninger eller steder det er vanskelig å bygge et stillas f.eks. Fremkomst på byggeplassen med maskiner, gangveier og alle de tingene som egentlig er det vi egentlig driver med. Altså, ferdes rundt på byggeplassen».

BIM er et verktøy som også etter hvert tas i bruk ute på byggeplass, noe som inkluderer de som faktisk bygger. Det kom også fram i ett av intervjuene at de hadde fått tilbakemeldinger fra operatører, basert på BIM-modellene. Eksempelvis hører vi om gravemaskinsjåfører som sitter med BIM-modellen på sin egen iPad i gravemaskinen. Det betinger at iPad-er m.m. som brukes ute, kan håndtere programvaren som anvendes. Videre kan de mange ulike systemene som brukes av ulike aktører representere en barriere fordi BA-bransjen er prosjektbasert og dermed innebærer stadig endring av aktørsammensetninger og krav til systembruk. Dette vil være særlig utfordrende for små aktører med begrensede ressurser.

«Innimellom så opplever vi at det er litt utfordringer med tanke på programvare... BIM 360 er et innarbeidet verktøy som vi er vant med å bruke og har holdt på med det ganske lenge nå. Så kan vi komme inn i prosjekt (spesielt for store offentlige byggherrer) der de vil at vi skal bruke deres system. Det er ikke så veldig heldig med tanke på å få dem som jobber ute til å faktisk bruke modellen. Det samme egentlig med underleverandører da. Jeg forstår jo det at visst snekkeren må forholde seg til fem ulike programvarer for å se på den ene modellen, så er det jo mye mindre sjanse for at det skjer da. Så det kan jo være en utfordring.»

5.3.2. Potensialet i BIM

På tvers av alle informantgrupper og bedrifter kom det opp ulike aspekter ved BIM, som kan utnyttes for å øke fokus på og bidra til integrering av HMS i BIM.

Samhandling rundt modellen kan bidra til å belyse ulike tema. For at dette ikke skal bli en tilfeldig gjennomgang, mener enkelte at dette avhenger av god fasilitering. Det trenger ikke å bli bra, bare av å ha en modell. Flere aspekter bidrar til bedre bruk: alle må være med på at det er modellen som

gjelder og det er der all informasjon ligger, det er noe som må være omforent i hele bransjen. Videre så pekes det på at prosessene for å diskutere rundt den samme modellen er fasilitert eller styrt, med prosesser og workshops. En av de rådgivende ingeniørene sa følgende:

«Det er jo derfor en nå går mot å prøve å integrere flere og flere ting i modellen for at man skal kunne diskutere og snakke rundt det samme. Alle sitter og ser på den samme tingen. Å få til sånne aspekter som de hjelmene da, som kanskje er en måte å gjøre det på hvor man kan få inn og fasilitere dialoger rundt risiko og sikkerhet da. Man kan sitte i modellen, se på det samme og kjøre prosesser og workshoper rundt det da. Mer fasilitert».

I sitatet over, nevnes «hjelmer». Det er flere av aktørene som omtaler slike faresymboler. De omtalte hjelmene er røde, blåe og grønne hjelmer, og en av de prosjekterende beskriver hvordan de bruker disse hjelmene aktivt i prosjekteringen: *«Der hvor det er spesielle fareområder, så legger vi inn hjelmer og ser hva som er. Har det koblet mot et risikoregister hvor vi kan gå nærmere inn, men vi ser det også i modellen. Bruker da denne aktivt når vi går gjennom prosjektet».*

Det digitale som BIM representerer kan også oppfattes som fremmed for aktører, som dersom HMS ikke bare skal handle om S og M, men også om H-en, eksempelvis er rådgivere fra BHT som skal kunne gå inn som en av aktørene som skal samhandle i BIM. En peker på at BHT ikke alltid har erfaring med digitale verktøy: *«Jeg tenker at sperrene er det digitale, det nytenkende med verktøyene da. At bedriftshelsetjenestene ikke har de verktøyene da. Entreprenørene har jo de verktøyene. Så for at bedriftshelsetjenestene skal være en god samarbeidspartner så må de ha tilgang på teknologien og verktøyene».* Selv om BIM ikke er et verktøy som BHT selv innehar, synliggjør sitatet en usikkerhet og fremmedgjorthet for slik teknologi, som er viktig å ta hensyn til for å sikre at disse gruppene blir involvert i dialogene rundt BIM.

En god bruk av BIM, herunder også utnyttelse av potensialet for samhandling i BIM forutsetter at den tidlige planleggingen fungerer. En representant for entreprenørene sa følgende: *«Faren her er at disse valgene er tatt lenge før både prosjekteringslederen og anleggslederen er til stede på prosjektet. Da har du jo allerede lagt masse føringer som kan medføre problemer for oss. ...[...].... Da er det for sent å begynne å utbedre dette i BIM. Da blir det en sånn kompromissløsning hvor man da er tilbake til gamle trakter hvor man tenker: 'ja, ja. Vi har jo klart å få inn sånne tunge vinduer før, så det går vel denne gangen og'. Så kanskje klarer man å justere litt på dem slik at det er mulig å løfte dem med en sugekopp med kran eller med en robot».*

I intervjuet ble en av de forskningsbaserte prototypene, som er beskrevet i kunnskapsoppsummeringen under 4.1, brukt som grunnlag for videre diskusjon av hvordan BIM kan utvikles. Informantene ble spurt om deres refleksjoner og tanker rundt dette innspillet. For ordens skyld er figuren presentert igjen på neste siden, men nå i noe mindre format (figur 5:1). Eksempelet bidro til både diskusjon og refleksjon rundt hvordan man kan tenke rundt utvikling av BIM for å integrere HMS i prosjektering. En av informantene syntes den forskningsbaserte prototypen var interessant og i tråd med egen tenkning, og reagerte som følger (planlegger):

«Altså, i hodet mitt så er dette grand-tanken. Altså, det å kunne visuelt... altså, kunne bygge et bygg digitalt før man bygger det praksis. Både for å få en mest effektiv plan og for å redusere HMS og sånn. Hvordan man skal gjøre det i praksis er liksom det jeg har problemer med å se for meg. Hvis

man greier å komme inn på et spor her, at man har noen tanker om hvordan man skal gjøre dette her i praksis, så tenker jeg at det er kjempeinteressant å se på».

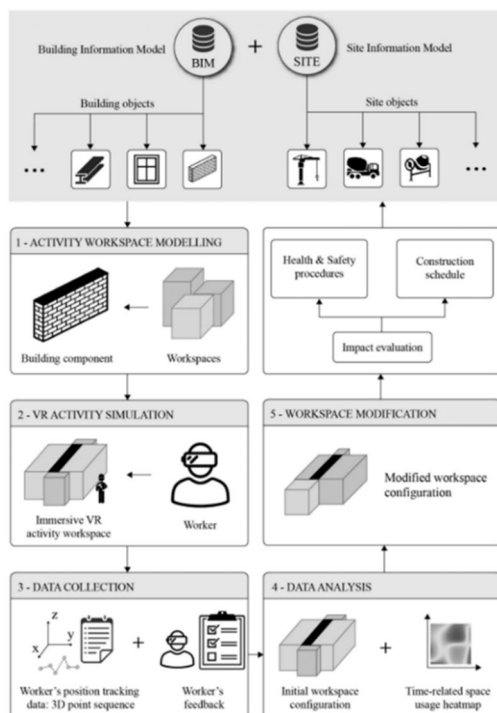


Fig. 1. VR-based construction workspace planning workflow.

Figur 5:1: Arbeidsmetodikk for å kombinere VR og BIM

Siden eksempelet inkluderer bruk av VR-teknologi, ble dette gjenstand for stor diskusjon i fokusgruppeintervjuene. Flere var inne på VR-teknologi og VR-briller som en

etter hvert rimelig og tilgjengelig teknologi, sammenlignet med f.eks bruk av «cave». De som hadde erfaring med eller observert bruk av VR-briller for å identifisere utfordringer og finne løsninger, var også de som lettest så nytten og hva bidraget kan være:

«Jeg tenker at VR i dette tilfelle kan brukes i disse risikoområdene. Altså, plukke ut deler av modellen f.eks. og lage en VR-setting der f.eks. [...] hvis du kjenner litt på kroppen hvordan ting fungerer, og det er lettere å se det i 3D og det er lettere å se det i en VR...[...] Det er litt det som har vært tanken rundt i de andre prosjektene som har blitt gjort i forbindelse med VR og. Også det prosjektet vi snakket om i forhold til bruk av VR i sikkerhetsopplæring, hvor du faktisk gir folk litt den der 'støkket' på forhånd. Enten i forhold til planlegging. Altså, at ting ikke funker. Eller at du faktisk ser at: 'oi, dette her er jo livsfarlig å drive med. Dette kan vi ikke gjøre'. Da må man enten gjøre om på hele modellen, eller så må man hente inn spesialløsninger som kanskje er dyre. Da er det kanskje billigere å gjøre om modellen i tidlig fase da».

Det kom også opp noen kritiske innvendinger, av flere grunner. Det ble pekt på at nytteverdien av VR kan være varierende, nyttig i noen sammenhenger, men ikke i alle. I den sammenheng ble det også uttrykt bekymring for dette som en morsom gimmick, mer enn et nyttig verktøy som gir effekter på sikt. Kostnader knyttet til VR, basert på det presenterte eksempelet var også oppe til diskusjon, der enkelte hevdet at man kan oppnå det samme med andre teknologier, men da basert på at visualiseringen i seg selv vil være nyttig.

Tenkningen rundt visualisering av arbeidsprosesser og arbeidsutførelse blir positivt mottatt av alle, fordi det kan bidra til økt involvering også «bottom-up». En side ved VR-teknologien som ble fremhevet med utgangspunkt i det forskningsbaserte eksempelet var hvordan det kan bidra til ansattinvolvering, som en representant for entreprenørene sa: «Altså, visst du får håndverkerne inn i et virtuelt rom og gjør det samme som han gjør ute, så kommer en til å få mye ut av den studien der.», og spesifiserer spesielt at dette kan ha en nytteverdi for å rette fokus på de helserelaterte eksponeringene. En representant fra BHT var inne på det samme, og sa følgende: *Noen er gode på det digitale, mens noen er gode på det teoretiske og har erfaring i fra hva som skaper belastninger i forhold til H-en. Da tenker jeg at man bare må snakke sammen og samle disse erfaringene. Samle praktikerne med de digitale».*

Basert på figuren, men også spontant tidligere i intervjuet, kom det opp konkrete risikofaktorer BIM kan være egnet for å designe vekk. Dette var *tunge løft*, koblet til *materialbruk og logistikk*, hvordan dette plasseres og lagres i forhold til når og hvor det skal brukes. Et annet aspekt er *rom til å arbeide*, som også eksempelet illustrerer. En side ved dette, er hvordan en kan belyse mer effektive måter å arbeide på, eksemplifisert med *trange passasjer og fremkommelighet* som en sa: «*går jo på det med effektivitet og bygging det også. Det er jo litt sånne ting vi HMS-nerder har savnet da, for å si det sånn*».

Et annet aspekt som kom opp var dette med midlertidige konstruksjoner, dvs. stillas, og at BIM kan bidra til å synliggjøre oppgaver som kan erstattes med roboter, eksempelvis *repetitive oppgaver* som boring av hull i betong. Fra HMS/ BHT-synspunkt ble muliggjøringen av visualisering som verktøy for å i større grad enn i dag avdekke og synliggjøre dilemma, som konflikter menneske / maskin, og ulike dilemmasituasjoner som størrelse på gipsplater og dermed manuell håndtering av tunge materialer versus mindre gipsplater som gir mer skruing.

En konsekvens av innspillene som kom til hva BIM kan brukes til, er hvilke HMS-relatert informasjon som må legges inn og bli en del av BIM, for at verktøyet skal fungere til det er tenkt, og sikre at prosjektene forblir papirløse, også basert på at helse-relaterte aspekter inkluderes. «*Vi skal bruke modellen til å putte inn all informasjonen da. Sånn man kan hente ut både, farge, størrelsen, vekt, mengden og kjemisk sammensetning (holdt jeg på å si) på alle materialene, slik at det er mulig å bruke på en bestilling når du skal kjøpe inn materialene. Men det krever jo også enormt mye ressurser fordi at det er ikke lagt til rette for at dette skal være en enkel klikk-funksjon i dag da*». Det refereres til andre moduler eller verktøy, som inneholder informasjon som kan være HMS-relevant og som dermed kan kobles til BIM. Et eksempel her er det som omtales som "*no collaborate*", som basert på intervjuene skal inneholde mye informasjon om produkt, produktsammensetning, som igjen kan kobles til eksponering og risiko, som kom opp som høytenkning underveis i intervjuene.

En barriere for god utnyttelse av BIM er at utbygging starter før prosjekteringsfasen er ferdig. Dersom man klarer å prosjektere ferdig før byggefase, vill dette muliggjøre bruken av BIM med den tilleggsmodulen som ble presentert (figur 5:1) i intervjuene, i større grad enn slik det er nå, var oppfatningen til våre informanter. En barriere er ressurstilgang tidlig nok, der det i stedet blir mange «*dersom/hvis om*» - faktorer. Et annet forhold er ressurser i form av nok kompetanse. «*Så lenge at det er begrensinger i ressursene, altså, fagpersoner som er gode på dette her, så sliter vi med å få til dette her. De personene gidder jo ikke å komme på en liten byggeplass på Jæren, liksom. De vil jo gjerne jobbe på store, kule prosjekter*».

Et siste og viktig poeng som kom frem er utvikling av BIM fra 3D til 4D, det vil si inkludering av tidsdimensjonen. Da kan utbyggingen følges basert på *når* de ulike bygningselementer og når eventuelt midlertidige konstruksjoner kommer på plass i bygget, et potensiale som kan utnyttes til å gi oversikt over arbeidsflyt, og helhetlig planlegging av arbeid. En videreutvikling til 4D anses derfor som viktig for å få til en utvidelse av bruksområder av BIM – eksempelvis HMS i BIM.

6. Diskusjon av funn

Formålet med dette prosjekter har vært, basert på en gjennomgang av litteratur og intervjuer i næringen å legge et grunnlag for utvikling av et hovedprosjekt som skal integrere HMS i BIM, med fokus på støy, vibrasjon og MSD. En gjennomgang av litteratur identifiserte studier som vi mener er relevante for og gir innspill til en integrasjon av HMS i BIM. Sammenholdt med status for risikobildet når det gjelder støy, vibrasjon og MSD, peker støy og vibrasjon seg ut på kort sikt som risikoforhold ved arbeidet som kan integreres i en slik utvikling av BIM. MSD har et mer sammensatt og krevende årsaksbilde, der studiene som spesifikt adresserte forebygging av MSD la til grunn krevende innsamling og analyser av data.

Analysene av intervjuene viser at BIM slik det brukes i dag, i liten grad utnyttes for forbedring av HMS, gjennom å designe vekk risikofaktorer i tidlige faser av et prosjekt. Samtidig så viser resultatene at det etableres arenaer for samhandling og dialog rundt modellene som gir et godt grunnlag for å ivareta HMS, dersom de åpnes for nye aktører inn i diskusjonene. Det eksisterer i liten grad involvering og erfaringsoverføring nedenfra, noe som gjelder for kompetanse som HMS / BHT sitter inne med, og operativ kompetanse hos ansatte også i forhold til forståelse av byggbarhet. BIM har gjennom muligheten til å visualisere og inkludere «bottom-up», et stort uutnyttet potensial.

Ett generelt funn fra studien som vi også ønsker å trekke fram, er hvordan de ulike bokstavenes betydning i HMS og SHA, vektlegges og i dette tilfelle ikke vektlegges likt. Gjennomgående er det S-en, altså sikkerhet, som ivaretas. H-en erfarer som mer utfordrende og vanskelig, skyves nedover i kjeden og ansvaret forblir liggende på operativt nivå. Basert på hovedfunnene og prosjektets målsetninger, vil vi dele diskusjonen i to deler: potensialet i BIM og hvordan dette kan utnyttes, og de trekk bransjen har som fasiliterer eller forhindrer en god utnyttelse av dette potensialet.

6.1. HMS i BIM, eksisterende forskning og koblingen til de utvalgte parameterne (støy, vibrasjon og MSD)

Eksisterende kunnskap om ulike risikofaktorer som leder til redusert hørsel, HAVS eller andre plager forårsaket av vibrasjon og MSD, synliggjør mange kilder til eksponering. Det involverer et mangfold av oppgaver, gjennom mange faser, der hver av fasene kan ha et sammensatt eksponeringsbilde. Basert på funnene fra litteraturgjennomgangen av studier som har sett på integrasjon av HMS i BIM, tror vi at å utvikle BIM mht. støy og vibrasjon på kort sikt er gjennomførbart, basert på dagens kunnskap og kompetanse om støy og støyutvikling på byggeplass. For muskelskjelettplager er det god dokumentasjon på risikofaktorer, men kunnskap om hvordan disse risikofaktorene inngår i oppgaver og arbeidsprosesser spesifikke for næringen er mangelfull. De få studiene som oppsummerer eksisterende kunnskap, indikerer stor variasjon for den enkelte yrkesgruppe. Studiene som har sett på metodikk for å integrere forebygging av MSD i BIM er arbeidskrevende, noe som forskerne bak studiene selv har pekt på.

Som vi har vært inne på er støy og vibrasjon knyttet til kjente kilder (jfr. kap 4.2), det vil si at vi kjenner hvilke utstyr, maskiner og oppgaver som bidrar til støy. En av de forskningsbaserte studiene, som i utgangspunktet søker å utvikle metodikk for å visualisere tilgjengelighet, utforming og størrelse på omgivelsene rundt objekter i et bygg, tar i betraktning at dette rommet også fylles opp at utstyr og verktøy (Getuli et al., 2020). De legger derfor til en informasjonskomponent til BIM, med

slik byggeplass-spesifikk informasjon. Det er tenkbart at slik byggeplass-spesifikk informasjon kan inkludere informasjon om både støy og vibrasjon. I utgangspunktet skal Maskinforskriften⁸ sikre at maskiner og verktøy er utviklet og konstruert på en slik måte at det ikke skal forvolde skade på liv og helse. Dette betyr at utstyr skal komme med en støyeffektgaranti (ikke overskride en øvre grense), noe som også er gjeldende for utstyr på byggeplass. Videre skal forskriften sikre at maskiner og verktøy merkes med støyeffektnivå. Slik type informasjon vil kunne innhentes og inkluderes i BIM. Samtidig så er det den eksakte bruken av utstyr og verktøy over tid, og i kombinasjon, på et mangfold av byggeplasser, med gitte romlige og dermed også lydmessige forhold som til slutt vil si noe om den reelle eksponeringen den ansatte utsettes for. Flere av studiene vi fant i litteraturgjennomgangen som omhandlet MSD anvendte simuleringer, der dataene som gikk inn i disse simuleringene var basert på reelle målinger ute på byggeplass. Selv om studiene som bruker denne metodikken ikke handlet om støyeksposering, tror vi dette har overføringsverdi. Et senere søk i søkemotoren scopus⁹ på støy og BIM identifiserte studier presentert på konferanser. disse hadde i liten grad fokus på byggefase, men synliggjorde anvendelse av BIM til å avdekke støy i ferdige bygg / konstruksjoner eller i tilknytning til spesifikke omgivelser som kan avgi støy. Det er grunn til å tro at det er under utvikling, metodikker/ programvare som kan integreres i BIM for å predikere /simulere støy med overføringsverdi til byggeplass og utbyggingsfase, og som det kan bygges videre på.

Studiene som adresserer forebygging av MSD (jfr. Kap. 4.3) tar i bruk det vi tidligere har omtalt som VHF-tools, VHF definert som den disiplinen som søker å forstå interaksjon mellom mennesker og andre objekter i et «virtuelt» system, for å optimalisere forholdet mellom helse og utførelse, kvalitet og økonomi (Perez & Neumann, 2015). Slike verktøy baserer seg på eksisterende verktøy som lenge har vært i bruk for design av produksjonssystemer, det vil si i analyser av alternative systemdesign, ressursoptimalisering, kostnadsberegninger, som i liten grad har blitt benyttet til å adressere HF/E, men der moduler for dette er under utvikling (Perez, et al., 2014). Studiene vi fant kombinerer eller bruker flere at disse verktøyene tidligere omtalt. De inkluderer bevegelsesdata, det vil si data som innhentes ved hjelp av bærbare sensorer eller videoopptak av operatører, enten ute på en byggeplass, eller ved hjelp av en laboratorieset-up. Selv om verktøyene er anvendelige i én bransjekontekst, er det ikke gitt at de har direkte overføringsverdi fra en kontekst til en annen. Slike verktøy beskriver ulike oppgaver som sekvenser av handlinger, hver av disse tilskrives standard varighet basert på tabeller, tidsstudier eller videoopptak, og som primært er blitt brukt for å sette standard for eksempelvis en arbeidssyklus for oppgaver av type «grip tak i» og «legg på plass» (Wells et al 2007), altså mer tilpasset evaluering og risikovurdering av produksjonslinjer.

BA-bransjen er svært mangfoldig mht. yrkesgrupper, oppgaver og krav, samtidig som det er høy grad av spesialisering (Umer et al., 2018), men som til sammen bidrar til et svært sammensatt årsaksbilde. Det er derfor grunn til å stille spørsmål om de tilnærmingene vi identifiserte i litteraturstudien gir et godt grunnlag for designfasen, gitt bransjens særtrekk. Det vil kreve innhenting av enorme mengder data, for å dekke fag, oppgaver og faser, der det kan diskuteres hvorvidt standardiserte mål som anvendes i simuleringsverktøy gir realistiske simuleringer for en bransje der både oppgaver og arbeidsdager i liten grad er standardiserte, men heller uforutsigbare. Et annet innvending er at de ennå i utilstrekkelig grad er i stand til å adressere mellomliggende faktorer som slitenhet og behov for gjenhenting (Perez, 2014).

⁸ https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-05-20-544#KAPITTEL_12

⁹ Dato 2. nov, søkebegrep: «noise and BIM».

For MSD der tidsaspektet er sentralt når det gjelder eksponering men også til dels underkjent når det gjelder risikovurdering og tiltak (Wells, et al 2007), vil utviklingen av 4D stå sentralt, basert på at dette utvider handlingsrommet til å kunne forstå og utvikle risikovurderinger som inkluderer tidsaspektet, både for forebygging av fysiske (biomekaniske) eksponeringer, men som også har implikasjoner for «organisatoriske risikofaktorer (herunder kontroll, krav og sosial støtte) for MSD (ibid.). Dette er essensielt basert på ønske å se de helsemessige aspektene, men også aspekter knyttet til effektivitet og produktivitet.

6.2. Rammebetingelsene for BIM

Overordnet sett viser studien at det er potensial for bruk av BIM som verktøy og prosess for å fremme god HMS og redusere risiko i BA-bransjen, men også at betydelige utfordringer må håndteres for å lykkes med dette. Resultatene viser at både teknologiske, organisatoriske og menneskelige forhold har betydning, og at det er viktig å se disse forholdene i sammenheng. Særlig vil vi fremheve at det ikke først og fremst er teknologiske forhold som utgjør barrierer for integrering av HMS i BIM, men at teknologirelaterte utfordringer knyttet til BIM-utvikling, og digitalisering i BA-bransjen generelt, må ses i sammenheng med bransje- og prosjektkjennetegn.

Resultatene viser blant annet at en videreutvikling fra 3D til 4D BIM er viktig for å kunne etablere en god modellering av HMS-forhold og risiko i BA-prosjekter. Denne utviklingen innebærer at tid blir inkludert som en dimensjon i modellen, ved at data som omhandler planlegging og fremdrift for arbeidsoppgavene og de fysiske objektene integreres. Selv om dette kan være teknologisk utfordrende ettersom det kan kreve integrering og flyt av data fra ulike systemer og kilder, er det i større grad organisatoriske utfordringer som preger og begrenser en slik utvikling. 4D BIM krever god oversikt over arbeidsflyt gjennom hele prosjektet; med andre ord helhetlig planlegging og koordinering av arbeid fra tidlige faser. En slik utvikling er utfordrende å få til på grunn av BA-prosjekters kompleksitet og aktørmangfold, samt kultur og etablert praksis for prosjektgjennomføring som er tilpasset prosjektenes ressursituasjon og handlingsrom. Eksempelvis er det ikke uvanlig med oppstart av byggearbeid før planleggingen er fullført (dvs. til dels parallelle planleggings- og byggeprosesser), og dette kan representere utfordringer for etablering av en 4D-basert praksis.

BA-prosjekter preges i stadig større grad av spesialisering, og dette er en viktig årsak til prosjektenes kompleksitet. Dette er igjen relatert til økte krav til utførelse, utforming og innhold i det som bygges (eksempelvis ift. energi, sikkerhet, miljø, etc.), samt teknologisk utvikling innenfor hvert enkelt fagområde. Videre kjennetegnes BA-prosjekter av stadige endringer av aktørsammensetninger – med andre ord at ulike aktører og fag involveres på ulike tidspunkt gjennom prosjektforløpet. Dette gjør det utfordrende å skape og opprettholde en god helhetsforståelse for – og styring av – prosjektarbeidet, og kan skape utfordringer for videreutvikling av BIM. Det er derfor behov for strukturer og prosesser for involvering av kompetanse på tvers.

Det er mange fag som er involvert og leverer sine komponenter som til slutt utgjør den totale BIM-modellen. Dette er også en følge av stor grad av spesialisering og fagmangfold i prosjektene, og innebærer at ulike fagområder kan bidra med stadig større mengde spesialiserte data i modellen. Konsekvensen er at modellen kan bli både faglig fragmentert og omfattende, og i intervjuene påpekes det at datamengden i den fullstendige modellen kan skape utfordringer. Blant annet påpekes det mulighet for at HMS og risikoinformasjon velges bort. Dette stiller krav til etablering av

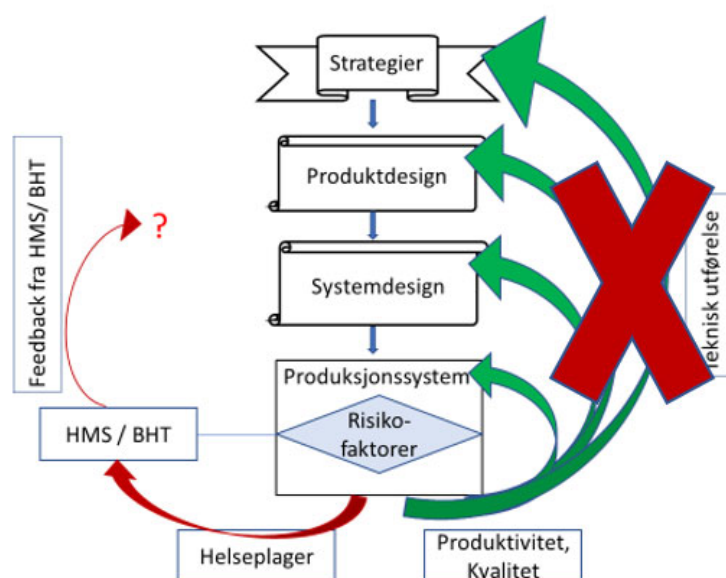
gode prosesser for anvendelse av HMS- og risikoinformasjon i modellen. Det stiller også krav til avveining av datamengde ift. bruksnytte og bruksvennlighet for ulike brukergrupper, og at prioriteringer er nødvendig når det gjelder input, bruk og vedlikehold av data.

Dette handler også om potensielle vanskeligheter med å holde totaloversikt og å få til en god dataflyt i prosjektarbeidet. utfordringene med datamengde og dataflyt er relatert til at arbeid i BA-prosjekter skjer både på kontorer og ute på byggeplasser – med andre ord at arbeidet er geografisk distribuert. BA-prosjekter kjennetegnes av endring av arbeidsomgivelser og mobilitet, noe som skaper mangfold i sluttbrukerutstyr for BIM. Store og tunge BIM-modeller som fungerer godt på systemer og utstyr på kontorer, er ikke nødvendigvis like anvendelige på sluttbrukerutstyr som brukes på byggeplasser. Dette indikerer at BA-bransjen må fokusere på samspillet mellom tungvekt og lettvekt IKT (se eks. Bygstad & Iden, 2017). Data og programvare må dermed tilrettelegges for arbeid på maskinvare som brukes på ulike arbeidsplasser.

Teknologiske og organisatoriske utfordringer er også relatert til menneskelige forhold. Ettersom arbeidet er prosjektbasert og kjennetegnes av organisatorisk, faglig og systemmessig mangfold, vil det være stor variasjon i teknologisk kompetanse. Følgelig er det behov for fokus på opplæring.

6.3. Rammebetingelsene for integrasjon av HMS

Som nevnt innledningsvis i dette kapittelet, fant vi for at det for prosjektering er liten grad av involvering og erfaringsoverføring nedenfra. Dvs. kunnskap om og inkludering av ekspertene som ivaretar helserelaterte plager og de arbeidsrelaterte risikofaktorer som de forårsaker av, samt den operative kompetansen knyttet til forståelse av byggbarhet. HMS/SHA inkluderes, fordi det forskriftmessig er krav om det, i prosjekteringsens ulike faser. Og det er S-en som ivaretas, i motsetning til H-en, som skyves nedover i kjeden og ansvaret legges på operativt nivå.



Figur 6:1: Systemmodell (Village & Neumann, 2012) for å forstå integrasjon HF /E i design, supplert med våre funn.

Våre funn bekrefter det Neumann & Village (2012) illustrerer med sin modell for integrering av HMS i designfase, de manglende tilbakeføringsløyferne fra operativt nivå til design. Der Neumann & Village (2012) i sin modell viser til manglende tilbakeføringsløyfer for HMS-forhold, men eksisterende tilbakeføringsløyfer for teknisk utførelse (produktivitet, kvalitet), finner vi i denne studien at for BA-bransjen er også tilbakeføringsløyferne for teknisk utførelse i varierende grad til stede (synliggjort i figur 6:1).

Et særtrekk ved denne bransjen som kan belyse nettopp dette funnet er utfordringene de har knyttet til manglende organisatorisk læring og silotekning. Unikhet, midlertidighet, spesialisering og høyt press på ferdigstilling bidrar til at det kan være (for) lett å gå videre til neste prosjekt, det vil si læring av erfaring i liten grad oppnås. Dette synes å være en gjennomgående erfaring for alle aktører og gjennom hele kjeden av beslutninger fra toppen av kjeden ned til det operative nivået. En spesielt kritisk faktor fremhevet var at både byggherresiden og entreprenørsiden beskrev varierende grad av kunnskap og interesse fra arkitekter og prosjekterende sin side for det som ble omtalt som «byggbarhet¹⁰». Fordi BIM-modellen starter sitt «liv», basert på oppdraget fra byggherre hos prosjekterende ingeniører og arkitekter, blir den utgangspunktet for de neste fasene og også premissgivende for hvordan entreprenør/ underentreprenør kan redusere HMS-risikoen i utbyggingsfasen. Sentralt her bli tilbakeføringsløyferne i figur 6:1, der et «bottom-up»-perspektiv, med involvering nedenfra i design, vil kunne synliggjøre praksis og identifisere barrierer for god byggbarhet for dermed å gi innspill til å designe vekk risiko på tidlig stadium.

En sentral aktør som ikke inkluderes i prosjektering er BHT. HMS-rådgivere og verneombud er både lettere tilgjengelige og mer involvert når vi kommer til prosjektering av utbyggingsfase hos entreprenør, men da vektlegges gjerne sikkerhetsmessige aspekter og forebygging av ulykker, og i liten grad forebygging av helseplager. BHT-personale sin involvering i designfase blir videre utfordret av strukturen i næringen. Store aktører har interne bedriftshelsetjenester. Mange kjøper slike tjenester, og involvering av disse i prosjektering vil kunne medføre merkostnader. Basert på graden av spesialisering, så vil en BHT hos bedrifter langt ute i leverandørkjeden ha innsikt i risikofaktorer for bedriftens egne ansatte, men veien inn i til prosjektering vil likevel være lang.

En annen utfordring er spesialiserte oppgaver som gjennomføres av innleid arbeidskraft, der et nærliggende spørsmål er hvordan sikrer vi at kunnskap om risikobilde for de spesialiserte oppgavene de utfører inngår som en del av prosjekteringsfase og inn i BIM. De lange leverandørkjedene, inklusive spesialiseringen, er en barriere for at forståelse og kunnskap om de helserelaterte risikofaktorene faktisk tilfaller designfase, som i sin ytterste konsekvens kan bidra til at man forflytter risiko (løser utfordringer og reduserer risiko for egne ansatte, men ikke for andres, som kan få det verre).

Like viktig som involvering av BHT er også involvering av de operativt ansatte. Sammenlignet med andre bransjer, skårer BA-bransjen relativt godt på mål for psykososialt arbeidsmiljø, inklusive opplevd kontroll over arbeidssituasjon (se kap. 4.2.2.). Operativt ansatte vil være viktige aktører for å synliggjøre dette som omhandler byggbarhet, der VR-teknologi eller tilsvarende kan muliggjøre dette i designfase, gjennom å synliggjøre praktiske arbeidsoperasjoner og barrierer for en effektiv og sikker utførelse i en virtuell virkelighet. Dette kan også være viktig fordi økt fokus på HMS i

¹⁰ «buildability» - en vurdering i designfase med perspektivet til de som skal utføre arbeidet (produksjon, komponenter og bygging), om bygget er mulig å bygge, gitt premissene som er satt, som inkluderer en rekke aspekter også HMS. (Hentet fra https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Buildability_in_construction)

planlegging /prosjektering kan være med på å redusere autonomien for den operativt ansatte i det daglige arbeidet. Sikkerhet og autonomi blir ofte sett på som motstridende målsetninger i en arbeidsprosess, men at dette avhenger av ståsted, type risiko, mengden usikkerhet og tilnærmingen til den (Grote 2020). For eksempel er det mulig å sikre autonomi for arbeidstakere ved at de får komme med innspill til hvordan jobben deres utformes eller til utformingen av prosedyrene som deres daglige arbeid skal være underlagt. Grote (2007) kaller dette for «higher order autonomy», ettersom disse beslutningene tas på designnivå, mens arbeidstakeren kan være underlagt strenge prosedyrer i praksis. Slik autonomi kan øke den indre motivasjon for arbeidsoppgavene, som igjen er gunstig for arbeidsmiljøet (jfr. Parker et al., 2017, ref. i Grote, 2020). Dette underbygger viktigheten av å trekke inn ansatte i tidlig fase.

En videre utfordring for bransjen, gitt bransjeprogrammet sine prioriteringer av støy, vibrasjon og MSD samt psykososiale utfordringer som innsatsområder, er forholdet mellom de ulike bokstavene i HMS (og SHA). Som vi allerede har pekt på er det når HMS / SHA integreres i tidligfase, S-en det tas tak i, men risikoanalyser og etablering av risikoregister i tidlig stadium, med verktøy som «toolbox-møter og sikker jobb analyse (SJA) for å håndtere og minimere restrisiko i operativ fase. Våre funn viser at risikofaktorer/eksponering som gir helseplager, forblir vurdert og løst langt ute i kjeden. For ulykker/skade har derfor tankegangen om minimering av risiko festet seg, i motsetning til håndtering av risiko som rådende strategi valgt for forebygging av helseplager (Grote, 2012), med arbeidstakeren i hovedrollen.

Både figur 2:1 og figur 2:2 illustrerer sammenhengen mellom produksjonssystemer, eksponering samt effekt (Westgaard & Winkel, 2002; 2011), og synliggjør arbeidstakeren som «siste instans» i denne modellen. Målsetningen i minimeringen av MSD bør være at forebyggingen skal ligge på virksomhetsnivå, tilsvarende som for sikkerhet ved å minimere risiko gjennom design, samt planleggings- og styringssystemer. Ved en slik strategi vil det redusere behovet for tiltak på det nederste nivået (i den «skarpe enden»), også omtalt som «retrofitting» (jfr. figur 2:2). Slik det fremgår av intervjuene, legges det opp til håndtering av risiko, til tross for at de kjenner risikofaktorene. Det er med andre ord også høy grad av risikoaksept (Grote, 2012).

En av grunnene til at det er slik, kan skyldes at helseplager har lang latenstid, konsekvensene av risikofylt eksponering erfares først over tid, som for en rekke plager kan være mange år, og for den enkelte ikke lett å årsaksforklare til konkrete risikofaktorer. Denne oppfatningen kan forsterkes av den prosjektbaserte naturen til BA-bransjen, noe som de selv peker på som en årsak til at risikofaktorene i mindre grad tas tak i enn for skader. Midlertidigheten og unikheten i prosjektene kan bidra til å nedskalere det opplevde risikonivået, fordi risikofaktorene fortoner seg som nye og annerledes i neste prosjekt. På den måten forblir helse et individuelt ansvar, der tiltakene handler om, i tråd med Grote (2012), ikke bare håndtering av risiko som oppstår på arbeidsplassen, men også gjennom livsstilsfaktorer; å forvente at enkeltpersoner selv skal styrke sin evne til å håndtere risiko og belastning. Dette forsterkes av at våre informanter fra BHT erfarte at bedriftene etterspurte tiltak som er rettet spesifikt mot den enkelte, som f.eks. livstiltiltak som kosthold og trening eller stressmestring, det vil si retter seg mot det som Westgaard & Winkel (2002) omtaler som modifierende faktorer.

Ubalansen mellom H og S som vi har avdekket i intervjuene denne studien gjenfinner vi også i Arbeidstilsynets rapportmateriale for bygg og anlegg fra de siste fem årene. KOMPASS Tema-rapporter for BA-bransjen domineres av ulykkestall og årsaker til disse (Arbeidstilsynet, 2020; 2019;

2018; 2016; 2015) og har i mindre grad har fokus på helseplager. I de to rapportene hvor helseplager er et tema (Arbeidstilsynet 2018; 2017), kommer dette i tillegg til ulykker. Vi kan ikke si at rapportene gjenspeiler ATil sine prioriteringer. Likevel kan rapportene gjenspeile utfordringen som denne bransjen har i forhold til ubalansen mellom H og S i HMS-/SHA-arbeidet, og det kan være grunn til å spørre om hvordan denne utfordringen imøtekommes av tilsynsmyndighetene. Viktigheten av og kunnskap om hvordan ulike eksponeringskilder og årsakssammenhenger for utvikling av helseplager og årsaker til ulykker spiller sammen synes viktig, herunder også hvordan tilsyn følger opp styringssystemene med hensyn på dette.

Studier som betrakter forståelser og praksiser når det gjelder hvordan man jobber med helse versus sikkerhet i bygg- og anlegg er det svært få av med noen unntak. En nylig publisert britisk studie fant liten grad av kobling mellom risikostyring og helsereelatert risiko. De fant videre ufullstendig kunnskap og mangel på eierskap og ansvar for helse fra ledelse og HMS-personell sin side (Jones et al., 2019). Et sentralt forhold som studien peker på er anbefalinger som sier at helse skal håndteres som sikkerhet, men utfordringene som studien finner, oppstår nettopp fordi sikkerhet og helse er forskjellig. Helse forstås bredere, mer personlig og sensitivt, og dermed frakobles helse arbeidsplass og styring av arbeidsrelaterte risikofaktorer. En kanadisk studie adresserte spesifikt forebygging av MSD som en del av bedrifters styringssystemer, men uavhengig av bransje (Yazdani et al., 2018). Basert på intervjuer av både forskere, konsulenter og HMS-ledere fant de at forebygging av MSD ikke forankres i styringssystemer. Dette var basert på at MSD skiller seg fra andre utfall, med et mer uklart risikobilde sammenlignet med ulykker eller kjemisk helsefare, og at det er vanskeligere målbart sammenlignet med andre eksponeringer (f.eks: kjemisk helsefare). Videre var erfaringene at effektene av tiltak i mindre grad kan synliggjøres på statistikken, sammenlignet med ulykker, noe som gjør det vanskelig å få støtte for og prioritere tiltak rettet mot MSD (ibid.). For å unngå silotenkning og isolerte programmer for forebygging, peker studien på bruk av koordinerte verktøy, metoder og språk som korresponderer med eksisterende styringssystemer, inkludert verktøy for å identifisere og vurdere risiko.

Å designe bort risiko betinger eksistensen av gode risikovurderingsverktøy. For vurdering av sikkerhetsmessige aspekter foreligger det verktøy og metodikk til bruk i prosjektering. For helse og ergonomi gjennomføres målinger og risikovurderinger ute på arbeidsplass, så for at disse skal anvendes i design, så må resultatene fra disse være meningsfulle for måten det tenkes på i designfase. Risikovurderingene knyttet til støy enkle å forholde seg til, det kan enkelt måles. På den andre siden erfarer risikofaktorer for MSD som vanskeligere å risikovurdere fordi de er krevende å tallfeste og standardisere. Dette synliggjør også viktigheten av at det gjennomføres systematiske risikovurderinger, på tvers av prosjekter, prosjektfaser og over dager for å etablere både bevissthet og kunnskap om eget risikobilde, og som synliggjør *risikonivået*.

Tiltak basert på anerkjente verktøy for risikovurderinger har oppnådd reduksjon i slike plager (Lind et al., 2019), og synliggjør derfor viktigheten av gode risikovurderingsverktøy. En stor utfordring er at slike verktøy anvendes i liten grad. De oppleves som lite brukervennlige for den tiltenkte brukergruppen, både basert på metodikken som anvendes, måten de kommuniserer resultatene på og evnen til å fasilitere endring (Lind, 2017).

Verktøy som støtter opp under risikostyring, inklusive indentifisering, vurdering og evaluering av risiko, implementering av tiltak og som underlagsmateriale for design har derfor vært etterlyst. Et nyutviklet verktøy for risikovurdering av manuelt arbeid har lagt til grunn grundige litteraturstudier

av risikofaktorer (Lind & Rose, 2016), og vist god brukervennlighet (Rose et al 2020)). Med opplæring vil disse være verktøy som BHT-/HMS-personell (og eventuelt verneombud) kan bruke for å gjennomføre risikovurderinger for å etablere kunnskap om status og i hvilken grad de er på et nivå som utsetter ansatte for risiko. Slike verktøy vil videre være viktige for å evaluere prosjektenes evne over tid til å faktisk designe vekk risiko. På det andre side vil det kunne være behov for å oversette risikovurderingene, fra formatet resultatene kommer i, til språk og formuleringer som tilpasses tenkningen i designfase.

7. Konklusjon

Denne studien viser at potensialet for integrasjon av HMS i BIM er stort. Dette er basert på gjennomgangen av forskning som omhandler integrasjon av HMS i BIM og på vår studie av eksisterende praksiser rundt BIM hos utvalgte aktører i Norge. Det ligger et potensiale i teknologien og hvordan den kan videreutvikles til å inkludere HMS. BIM viser seg som et godt samhandlingsverktøy, men det er per i dag mangelfull systematikk når det gjelder inklusjon av HMS som tema. Vår studie viser at prosessene rundt BIM i liten grad inkluderer relevant fagkompetanse som HMS og BHT. For å forebygge og designe/prosjekttere bort risiko for skader og helseplager gjennom BIM, peker funnene på at det bør velges ut noen få og målbare risikofaktorer (f.eks. støy) som BIM utvikles i forhold til. Dersom dette lykkes, kan man deretter gå videre med andre helserelaterte utfordringer. Helseplager utvikles over tid og kan ha mer sammensatte årsaksforhold enn akutte skader. Vi anser derfor utvikling av BIM mot 4D som et viktig grep for å designe bort risiko i tidligfase.

BA-bransjen har flere særtrekk som kan forhindre en god utnyttelse av BIM. Prosjekter er til dels komplekse, store og unike, dog tidsavgrensede, men med involvering av mange ulike aktører gjennom mange ledd og over en rekke faser. Funnene blant norske aktører peker på at bransjen er svak på organisatorisk læring, der vi finner at det i liten grad eksisterer læringsløyper fra operativt nivå til prosjekteringsfase, og der manglende kunnskap om byggbarhet hos de prosjekterende trekkes fram som en utfordring. Vi vil derfor peke på viktigheten av å sikre riktig og tidlig nok involvering fra operativt nivå også i prosjektering. Det er i prosjekteringsfasen at premisene blir satt, også for utvikling av BIM-modellene.

BA-bransjen har fokus på og systemer for å håndtere sikkerhet og ulykker. Denne studien indikerer at det prosjektbaserte blir en barriere for tiltak rettet mot å redusere helserelaterte risikofaktorer på systemnivå. Dette kan skyldes at helseplager med lang latenstid og sammensatt risikobilde skiller seg fra skader som er akutte og direkte forårsaket av observerbare hendelser. Håndtering av helserelatert risiko på operativt og individuelt nivå, blir dermed virksomhetenes strategi fremfor minimering av helserisiko på systemnivå. Økt forståelse og kunnskap om bedriftens eget risikobilde og systembasert ledelse i forhold til arbeidsrelaterte risikofaktorer for helseplager, vil kunne øke forutsetningene for god utnyttelse av BIM for å prosjektere bort helserelaterte risikofaktorer.

8. Referanser

- Arbeidstilsynet (2020). *Ulykker i bygg og anlegg*. Mostue, B.Aa., Nyrønning, C.Å., Winge, S., og Gravseth, H.M. KOMPASS Tema nr. 2.
- Arbeidstilsynet (2019). *Ulykker i bygg og anlegg – Rapport 2019*. Gravseth, H.M., Mostue, B.Aa., Nyrønning, C.Å., og Winge, S. KOMPASS Tema nr. 1 (revidert).
- Arbeidstilsynet (2018). *Helseproblemer og ulykker i bygg og anlegg*. Gravseth., H.M., Sterud, T., Mostue, B.Aa., Nyrønning, C.Å. og Winge, S. KOMPASS Tema nr. 2.
- Arbeidstilsynet (2017). *Helseproblemer og ulykker i bygge- og anleggsbransjen*. Mostue, B.Aa., Winge, S., og Gravseth, H.M. KOMPASS Tema nr. 2.
- Arbeidstilsynet (2016). *Ulykker i bygg og anlegg i 2015*. Mostue, B.Aa., Winge, S., og Gravseth, H.M. KOMPASS Tema nr. 8.
- Arbeidstilsynet (2015). *Skader i bygg og anlegg: Utvikling og problemområder*. Winge, S., Mostue, B.Aa., og Gravseth, H.M. KOMPASS Tema nr. 4.
- Arbeidstilsynet (2013). *Tilstandsanalyse i bygg og anlegg*. Johannessen, H., Lysberg, K., Løvseth, E.K., Melgård, M., Tynes, T., og Winge, S. KOMPASS Tema nr. 4.
- Arndt, V., Rothenbacher, D., Daniel, U., Zschenderlein, B., Schuberth, S., & Brenner, H. (2005). Construction work and risk of occupational disability: a ten year follow up of 14 474 male workers. *Occupational and environmental medicine*, 62(8), 559-566.
- Boje, C., Bolshakova, V., Guerriero, A., Kubicki, S., & Halin, G. Semantics for linking data from 4D BIM to digital collaborative support. *Front Eng. Manag.*
- Boschman, J. S., van der Molen, H. F., Sluiter, J. K., & Frings-Dresen, M. H. (2011). Occupational demands and health effects for bricklayers and construction supervisors: A systematic review. *American journal of industrial medicine*, 54(1), 55-77.
- Burström, L., Nilsson, T., & Wahlström, J. (2015). Whole-body vibration and the risk of low back pain and sciatica: a systematic review and meta-analysis. *International archives of occupational and environmental health*, 88(4), 403-418.
- Dode, P., Greig, M., Zolfaghari, S., & Neumann, W. P. (2016). Integrating human factors into discrete event simulation: a proactive approach to simultaneously design for system performance and employees' well-being. *International Journal of Production Research*, 54(10), 3105-3117.
- Engdahl, B., & Tambs, K. (2010). Occupation and the risk of hearing impairment—results from the Nord-Trøndelag study on hearing loss. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 250-257.

- Fernández, M. D., Quintana, S., Chavarría, N., & Ballesteros, J. A. (2009). Noise exposure of workers of the construction sector. *Applied Acoustics*, *70*(5), 753-760.
- Getuli, V., Capone, P., Bruttini, A., & Isaac, S. (2020). BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A safety-oriented approach. *Automation in Construction*, *114*, 103160.
- Golabchi, A., Han, S., Seo, J., Han, S., Lee, S., & Al-Hussein, M. (2015). An automated biomechanical simulation approach to ergonomic job analysis for workplace design. *Journal of Construction Engineering and Management*, *141*(8), 04015020.
- Golabchi, A., Guo, X., Liu, M., Han, S., Lee, S., & AbouRizk, S. (2018a). An integrated ergonomics framework for evaluation and design of construction operations. *Automation in Construction*, *95*, 72-85.
- Golabchi, A., Han, S., & AbouRizk, S. (2018b). A simulation and visualization-based framework of labor efficiency and safety analysis for prevention through design and planning. *Automation in Construction*, *96*, 310-323.
- Grote, G. (2007). Understanding and assessing safety culture through the lens of organizational management of uncertainty. *Safety science*, *45*(6), 637-652.
- Grote, G. (2012). Safety management in different high-risk domains – All the same? *Safety Science*, *50*, 1983-1992.
- Grote, G. (2020). Safety and autonomy: a contradiction forever? *Safety Science*, *127*, 104709.
- Jackson, J. A., Olsson, D., Punnett, L., Burdorf, A., Järvholm, B., & Wahlström, J. (2019). Occupational biomechanical risk factors for surgically treated ulnar nerve entrapment in a prospective study of male construction workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, *45*(1), 63-72.
- Jin, H., Nahangi, M., Goodrum, P. M., & Yuan, Y. (2017). Model-based space planning for temporary structures using simulation-based multi-objective programming. *Advanced Engineering Informatics*, *33*, 164-180.
- Jones, W., Gibb, A., Haslam, R., & Dainty, A. (2019). Work-related ill-health in construction: the importance of scope, ownership and understanding. *Safety Science*, *120*, 538-550.
- Kerr, M. J., Brosseau, L., & Johnson, C. S. (2002). Noise levels of selected construction tasks. *AIHA Journal*, *63*(3), 334-339.
- Kim, K., & Teizer, J. (2014). Automatic design and planning of scaffolding systems using building information modeling. *Advanced Engineering Informatics*, *28*(1), 66-80.
- Koch, M., Lunde, L. K., Gjulem, T., Knardahl, S., & Veiersted, K. B. (2016). Validity of questionnaire and representativeness of objective methods for measurements of mechanical exposures in construction and health care work. *PLoS One*, *11*(9), e0162881.
- Kubicki, S., Guerriero, A., Schwartz, L., Daher, E., & Idris, B. (2019). Assessment of synchronous interactive devices for BIM project coordination: Prospective ergonomics approach. *Automation in Construction*, *101*, 160-178.

- Lee, S. C., Hong, J. Y., & Jeon, J. Y. (2015). Effects of acoustic characteristics of combined construction noise on annoyance. *Building and Environment*, *92*, 657-667.
- Lee, S. C., Kim, J. H., & Hong, J. Y. (2019). Characterizing perceived aspects of adverse impact of noise on construction managers on construction sites. *Building and Environment*, *152*, 17-27.
- Lewkowski, K., Li, I. W., Fritschi, L., Williams, W., & Heyworth, J. S. (2018). A Systematic Review of Full-Shift, Noise Exposure Levels Among Construction Workers: Are We Improving? *Annals of work exposures and health*, *62*(7), 771-782.
- Li, X., Han, S., Gül, M., Al-Hussein, M., & El-Rich, M. (2018). 3D visualization-based ergonomic risk assessment and work modification framework and its validation for a lifting task. *Journal of Construction Engineering and Management*, *144*(1), 04017093.
- Li, X., Han, S., Gül, M., & Al-Hussein, M. (2019). Automated post-3D visualization ergonomic analysis system for rapid workplace design in modular construction. *Automation in Construction*, *98*, 160-174.
- Lind, C. (2017). *Assessment and design of industrial manual handling to reduce physical ergonomics hazards: – use and development of assessment tools* (Doctoral dissertation, KTH Royal Institute of Technology).
- Lind, C., & Rose, L. (2016). Shifting to proactive risk management: Risk communication using the RAMP tool. *Agronomy Research*, *14*(2), 513-524.
- Lie et al. (2016). [Occupational noise exposure and hearing: a systematic review](#). *Int Arch Occup Environ Health*; *89*(3): 351-72
- Lie et al. (2013). [Støy i arbeidslivet og helse](#). STAMI-rapport nr. 10, årgang 14, Oslo: Statens arbeidsmiljøinstitutt.
- Lingard, H. C., Cooke, T., & Blismas, N. (2012). Designing for construction workers' occupational health and safety: a case study of socio-material complexity. *Construction Management and Economics*, *30* (5), 367-382.
- López-Alonso, M., Pacheco-Torres, R., Martínez-Aires, M. D., & Ordoñez-García, J. (2013). Comparative analysis of exposure limit values of vibrating hand-held tools. *International journal of industrial ergonomics*, *43*(3), 218-224.
- Van der Molen, H. F., de Vries, S. C., Stocks, S. J., Warning, J., & Frings-Dresen, M. H. (2016). Incidence rates of occupational diseases in the Dutch construction sector, 2010–2014. *Occupational and Environmental Medicine*, *73*(5), 350-352.
- Muzafar, M. (2020). Building information modelling to mitigate the health and safety risks associated with the construction industry: a review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 1-9.
- Neitzel, R., Seixas, N. S., Camp, J., & Yost, M. (1999). An assessment of occupational noise exposures in four construction trades. *American Industrial Hygiene Association Journal*, *60*(6), 807-817.
- Neumann, W. P., & Village, J. (2012). Ergonomics action research II: a framework for integrating HF into work system design. *Ergonomics*, *55*(10), 1140-1156.

- Santos de Oliveira, R., Mendes da Cruz, F., Zlatar, T., Arezes, P., Barkokébas Junior, B., & Gorga Lago, E. M. (2019). Case study: Analysis of the propagation of noise generated by construction equipment. *Noise Control Engineering Journal*, 67(6), 447-455.
- Perez, J., De Looze, M. P., Bosch, T., & Neumann, W. P. (2014). Discrete event simulation as an ergonomic tool to predict workload exposures during systems design. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(2), 298-306.
- Perez, J., & Neumann, W. P. (2015). Ergonomists' and engineers' views on the utility of virtual human factors tools. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 25(3), 279-293.
- Punnett, L., & Wegman, D. H. (2004). Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *Journal of electromyography and kinesiology*, 14(1), 13-23.
- Rose, L. M., Eklund, J., Nilsson, L. N., Barman, L., & Lind, C. M. (2020). The RAMP package for MSD risk management in manual handling—A freely accessible tool, with website and training courses. *Applied Ergonomics*, 86, 103101.
- Shewchuk, J. P., Nussbaum, M. A., Kim, S., & Sarkar, S. (2016). Simulation modeling and ergonomic assessment of complex multiworker physical processes. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 47(6), 777-788.
- STAMI (2018). *Faktabok om arbeidsmiljø og helse*. STAMI-rapport, nr. 3, årgang 19. Oslo: Statens arbeidsmiljøinstitutt.
- STAMI (2017). Mekaniske eksponeringer i arbeid som årsak til muskel- og skjelettplager – en kunnskapsstatus. 6(18).
- Sterud T. (2013). Work-related psychosocial and mechanical risk factors for work disability: a 3-year follow-up study of the general working population in Norway. *Scand J Work Environ Health*, 39: 468-476
- Stocks, S. J., McNamee, R., Carder, M., & Agius, R. M. (2010). The incidence of medically reported work-related ill health in the UK construction industry. *Occupational and environmental medicine*, 67(8), 574-576.
- Stocks, S. J., Turner, S., McNamee, R., Carder, M., Hussey, L., & Agius, R. M. (2011). Occupation and work-related ill-health in UK construction workers. *Occupational medicine*, 61(6), 407-415.
- Suter, A. H. (2002). Construction noise: exposure, effects, and the potential for remediation; a review and analysis. *Aiha Journal*, 63(6), 768-789.
- Takala, E. P., Pehkonen, I., Forsman, M., Hansson, G. Å., Mathiassen, S. E., Neumann, W. P., ... & Winkel, J. (2010). Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 3-24.
- Umer, W., Antwi-Afari, M. F., Li, H., Szeto, G. P., & Wong, A. Y. (2018). The prevalence of musculoskeletal symptoms in the construction industry: a systematic review and meta-analysis. *International archives of occupational and environmental health*, 91(2), 125-144.

- Wells, R., Mathiassen, S. E., Medbo, L., & Winkel, J. (2007). Time—a key issue for musculoskeletal health and manufacturing. *Applied Ergonomics*, 38(6), 733-744.
- Westgaard, R. H., & Winkel, J. (2002). On occupational ergonomic risk factors for musculoskeletal disorders and related intervention practice. In Linton SJ. (editor). *New avenues for the prevention of Chronic Musculoskeletal Pain and Disability*. Amsterdam: Elsevier Science BV p 143.164.
- Westgaard, R. H., & Winkel, J. (2011). Occupational musculoskeletal and mental health: Significance of rationalization and opportunities to create sustainable production systems—A systematic review. *Applied ergonomics*, 42(2), 261-296.
- Yazdani, A., Hilbrecht, M., Imbeau, D., Bigelow, P., Neumann, W. P., Pagell, M., & Wells, R. (2018). Integration of musculoskeletal disorders prevention into management systems: a qualitative study of key informants' perspectives. *Safety Science*, 104, 110-118.
- Yuan, L., Buchholz, B., Punnett, L., & Kriebel, D. (2016). An integrated biomechanical modeling approach to the ergonomic evaluation of drywall installation. *Applied ergonomics*, 53, 52-63.

9. Vedlegg

Vedlegg 1: NOEN NYTTIGE LINKER

<https://iea.cc/>

Principles and guidelines for Human Factors/Ergonomics (HF/E) Design and Management of Work Systems: https://secureservercdn.net/166.62.110.213/m4v.211.myftpupload.com/wp-content/uploads/2014/10/Principles-and-Guidelines_May2020-1.pdf

Risikovurderingsverktøyet RAMP: <https://www.ramp.proj.kth.se/>

Diverse standarder:

ISO-standard 11690 - 1 (som tilsvarer Norsk Standard:

<https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=iso11690>).

<https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/vibrasjoner/vibrasjoner-fra-bygg-og-anleggsarbeid/>)

Vedlegg 2: INTERVJUGUIDE

Info om prosjektet og ivaretagelser av personvern

Informantens bakgrunn (dette tas ned skriftlig før båndet settes i gang)

- Utdanning, fagbakgrunn, erfaring
- Tilhørighet i faggruppe/avdeling
- Har du praktisk erfaring fra bygg-/anleggsarbeid?
 - Eventuelt: Har du opplæring som kan erstatte praktisk erfaring (f.eks. Koordinatorskolen)?

Lydopptak begynner her!

HMS

- Bakgrunn og kompetanse innen HF-E/HMS; utdanning/kurs?
- Hvordan vil du beskrive fokuset på HMS der hvor du jobber:
 - I din faggruppe/avdeling?
 - I ulike fora: på møter/i korridoren?
 - Fra ledelsesnivå?
- Har dere noen tanker om hva som er de største HMS-utfordringer for din virksomhet?
- Hvilke verktøy har din bedrift for å kartlegge og vurdere disse utfordringene?
 - Eksempler: overordnede risikoanalyser, SJA, RUH
- I hvilken grad tas risikovurderinger inn i planlegging slik dere er kjent med at det er jobbet fram til nå?

Utarbeidelse / bruk av BIM

- Hvordan bruker din virksomhet BIM?
- Kan du beskrive de ulike fasene i prosjektering mht. hvordan dere utvikler den digitale tvillingen (BIM-modellen)?
- Hvilke aktører er involvert i BIM
 - I hvilke faser er ulike aktørene involvert?
 - Etterspørre spesielt: HMS / BHT
- Hva er deres rolle i utarbeidelsen av BIM?
- Kan du nevne retningslinjer/ verktøy som er førende for hvordan du/dere utarbeider en BIM?
 - For eksempel: kravspek, tegningsutkast, risikoregistre, risikovurderinger, føringene for bygget?
- Hvilken informasjon utenom selve konstruksjonen/bygningsmodellen knyttes til BIM i dag?
 - Tid (4D BIM), kostnader (5D BIM), etc.
 - Utfordringer ved sammenkobling/integrering av data fra ulike systemer?
- Hva kunne du/din virksomhet ønske å legge inn i BIM?
 - Hvilken informasjon savner dere i dag?
- Hvilke aktører/nivå burde vært inkludert i BIM-arbeidet, som ikke er det i dag? Hvorfor?
- Rolle – dere er i hovedsak entreprenører, men byggherrer bruker jo også nå BIM.
 - Forskjeller / likheter å jobbe på?

- Hva skiller byggherre sin måte å jobbe på fra deres?
- Opplever dere forskjeller mellom byggherrer når det gjelder bruk av BIM? Hvilke utfordringer skaper eventuelt dette?

HMS i BIM

Hvis vi trekker linja tilbake til det vi snakket om angående HMS, utfordringer og verktøy:

- Hva tenker du/din virksomhet om å inkludere HMS i BIM?
 - Hvor bør fokus ligge?
 - Hvordan skal det gjøres?
 - Hvem bør inkluderes i dette arbeidet?
 - Praktiske utfordringer? Begrensninger?
- Hva tenker du om uttrykket “å designe bort uheldige HMS-utfall”?
- Hva tenker du på når jeg sier “Human factors” og “Ergonomi”?
- Har du kjennskap til såkalte “guidelines” for inkludering av HF-E i BIM?
 - Hvordan vil du si at disse er egnet for å ivareta HMS i en byggeprosess?
 - Samme: Hva med ISO-standarder?

Forskningsbaserte initiativer knyttet til å inkludere HMS (HF/E) i BIM.

Se egen powerpoint/slides (se under)

Basert på det vi har vist nå, hva tenker dere om en slik fremgangsmåte?

- Utgangspunkt:
 - Byggeplassen som avgrenset men dynamisk (endrer seg over tid)
 - Ansatte, operasjonene og det som kreves av utstyr, fasiliteter (eks lager), krever plass
 - Allokere plass til å jobbe i planlegging, sikre effektivitet og god HMS
 - Inkludering av operative erfaringer hos ansatte
- Prototype:
 - Modellering – kobling av komponent eks vegg og et utførelsesrom rundt
 - Simulering vha VR, operatøren visualiserer hvordan han vil utføre oppgaven
 - Innhenting av data, eks bevegelsesmønster i rommet, operatørens egne beskrivelser
 - Analyser og forslag til forbedringer
 - Modifisering av modellen
 - Konsekvenser, Identifisering av tiltak

Case studie – uttesting: God overenstemmelse mellom realitet på byggeplass og VR, altså hvordan operatøren forholder seg til det virtuelle rommet sammenlignet med det virkelige rommet, og studien fant faktorer å endre på.

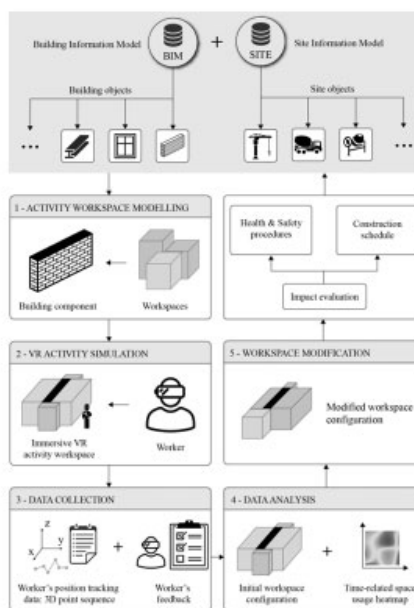


Fig. 1. VR-based construction workspace planning workflow.

HMS (spørsmål spesielt rettet til HMS/BHT)

- Hvilke HMS-utfordringer erfarer du er de største for denne bedriften?
- Hvilke verktøy har HMS / BHT for å håndtere disse utfordringene?
- Hvordan samarbeider BHT med bedriften(e) for å håndtere disse utfordringene?
- Hvordan gjøres risikovurderinger eks i forhold til støy, vibrasjon og manuelt arbeid?
- Hvilke tiltak iverksettes per i dag rettet mot disse eksponeringene?
- Hvordan kan støy, vibrasjon og manuelt arbeid reduseres?
- Hva kan man gjøre gjennom design med utgangspunkt i dagens arbeidssituasjon?
-
- Hva tenker du om bruken av BIM i relasjon til ditt HMS /BHT sitt arbeid?
- Hva er – etter din erfaring – bedriftens kjennskap til retningslinjer/guidelines/standarder for inkludering av Human factors og ergonomi (HF-E) i forebyggende arbeid (for eksempel BIM)?
-
- På hvilken måte blir disse utfordringene og/eller verktøyene samkjørt med BIM?
- Hva tenker dere om å inkludere HMS i BIM?
 - Hvor bør fokus ligge?
 - Hvordan skal det gjøres?
 - Hvem bør inkluderes i dette arbeidet?
 - Hvilke nivå/steder på tidslinja er viktige?

Praktiske utfordringer? Begrensninger?