

Reduksjon av støyrisiko i bygge- og anleggsprosjekter ved bruk av BIM

Bakgrunnsrapport

Forfattere:

Kari Anne Holte, Kari Kjestveit, Leif Jarle Gressgård

Rapport nr. 19-2023, Helse og samfunn



Rapporttittel	Reduksjon av støyrisiko i bygge- og anleggsprosjekter ved bruk av BIM: Bakgrunnsrapport
Prosjektnummer	104957-1
Institusjon	NORCE Helse og samfunn
Oppdragsgiver	IA-bransjeprogram for bygg og anlegg
Gradering	Åpen
Rapportnr.	Nr. 19-2023
ISBN	978-82-8408-307-0
Antall sider	57, inkl. vedlegg
Publiseringsdato	20.11.2023
CC-lisens	CC BY 4.0
Sitering	Holte, Kjestveit & Gressgård (2023). "Reduksjon av støyrisiko i bygg- og anleggsprosjekter ved bruk av BIM. Bakgrunnsrapport». NORCE Helse og samfunn, rapport nr. 19-2023
Bildekreditering	Skanska

Sammendrag

I denne rapporten presenteres delresultater fra et prosjekt gjennomført av NORCE i samarbeid med Skanska og Multiconsult, finansiert av IA-bransjeprogram for bygg og anlegg. Det overordnede målet med prosjektet har vært å utvikle teknologi og prosesser/metodikk som integrerer HMS i bygningsinformasjonsmodellering (BIM), med spesielt fokus på støy. Hensikten er å bidra til økt kunnskap og større grad av felles forståelse av støyrisiko blant ulike aktører i bygge- og anleggsprosjekter, og derigjennom skape grunnlag for bedre håndtering av støyrisiko for ansatte. Resultatene i denne rapporten baserer seg på litteraturgjennomgang, intervjuer og gjennomføring av arbeidssamlinger. Alt dette danner også grunnlaget for øvrige leveranser i prosjektet; utvikling av metodikk, presentert i egen [manual](#).

Første del av rapporten gir en kunnskapsoversikt over støy og risikofaktorer i bygge- og anleggsbransjen, som utgjør et grunnlag for prosjektet. Deretter følger resultater fra intervjuer og møter, hvor ansatte fra bransjen har fått sette ord på *sine* erfaringer og sin tilnærming til støy. Et sentralt tema er hvilken plass støy har i planleggingen av et større prosjekt. Dernest, bruken av BIM og modellering, hvor vi har sett på verdien av – og utfordringer med – tverrfaglig samarbeid i tidlige prosjektfaser. Kompetanse om BIM og innsikt i andres fagområder er viktige stikkord her. Det har vært viktig å utforske hvilket potensial som bruk av BIM har for reduksjon av støyrisiko. Det innebærer en diskusjon av hva som skal til for å utnytte potensialet, og hvilke barrierer som må adresseres av ulike aktører for å realisere nytteverdien av den typen verktøy og metodikk som vi har utviklet i dette prosjektet. Rapporten løfter viktige diskusjoner om hvilken rolle støy og annen helserisiko har og bør ha i planleggingsprosesser, og peker på hvilke aktører som er i posisjon til å løfte helserisiko høyere på agendaen.

Forord

Denne rapporten er en delleveranse i et prosjekt med målsetning om å redusere støyeksponering for ansatte i bygg og anlegg ved bruk av BIM (byggningsinformasjonsmodellering). Prosjektet er utført på vegne av IA-bransjeprogram for bygg og anlegg.

Prosjektgruppen hos NORCE er satt sammen av Kari Kjestveit, Leif Jarle Gressgård og Kari Anne Holte, der sistnevnte har vært prosjektleder. Vemund Stensrud Thorød og Ingunn Milford har deltatt fra Multiconsult, og fra Skanska har følgende vært med i prosjektet: Håkon Westby Fløisbonn, Mads Knutsen, Kristin Hildegard Hovland, Anders Grønvold Fossli og Marius Sortland Myklebust (film).

Vi vil takke alle som har bidratt til gjennomføringen av prosjektet. Takk til IA-bransjeprogram for bygg og anlegg, og spesielt Knut Aaneland for godt samarbeid og tilrettelegging underveis. Vi vil også rette en stor takk til virksomhetene som har stilt tid og personer til rådighet for samlinger og intervjuer.

Innhold

Forord.....	3
Innhold	4
1. Innledning	5
1.1. Bakgrunn.....	5
1.2. Hvorfor «støy i BIM»?.....	5
1.3. Risikofaktorer for støy: Hva viser forskningen?.....	6
1.4. Målsetninger med prosjekt	9
2. Metode	11
2.1. Prosjekt-/forskningsdesign.....	11
2.2. Aktiviteter	11
2.2.1. Litteraturgjennomgang	12
2.2.2. Intervjuer.....	13
2.2.3. Arbeidssamlinger.....	14
3. Resultater.....	15
3.1. Resultater fra litteraturgjennomgang	15
3.2. Resultater fra intervjuer med nøkkelinformanter.....	23
3.2.1. Kunnskap om støy	23
3.2.2. Tiltaksfokus og HMS/støyhåndtering i tidlige prosjektfaser	24
3.2.3. Muligheter og utfordringer for «støy i BIM»	26
3.3. Resultater fra pilotering av teknologi.....	32
3.3.1. Test av pilot 1	32
3.3.2. Test av pilot 2	36
4. Diskusjon og konklusjon	40
4.1. Bruksområder for BIM.....	40
4.2. Hva må til for å utnytte potensialet i BIM?	40
4.2.1. Tverrfaglig samarbeid mellom fagområder	41
4.2.2. Samhandling mellom faser og nivå	41
4.3. Barrierene for god utnyttelse av potensialet i BIM.....	42
4.3.1. Byggherren sin rolle	42
4.3.2. Betydningen av lover og forskrifter	43
4.3.3. Forholdet mellom H og S.....	43
4.4. Konklusjon	44
Referanser	45
Vedlegg 1: Intervjuguide	47
Vedlegg 2: Gjennomføringsplan for arbeidssamlinger/test av piloter	52
Vedlegg 3: Diskusjonsgrunnlag, test av pilot 1	54

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

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.

En av de valgte bransjene er bygg og anlegg² (BA). 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.

I denne rapporten presenteres delresultater fra et prosjekt finansiert av IA-bransjeprogram for bygg og anlegg, med følgende overordnet problemstilling: Hvordan kan teknologi og tilhørende metodikk og arbeidsprosesser utformes for å kunne kommunisere kritiske aspekter ved støy og støyeksposering i utbyggingsfase til sentrale aktører i prosjektering (ingeniører, planleggere, designere, koordinatore og HMS/BHT), og for å synliggjøre hvordan støyeksposering i utbyggingsfase kan reduseres/elimineres med god planlegging. Prosjektet er gjennomført av NORCE, Multiconsult og Skanska, på oppdrag fra IA-bransjeprogram for bygg og anlegg.

Prosjektet bygger på et forprosjekt utført av NORCE (Holte et al., 2020), som presenterte en kunnskapsstatus for integrering av HMS i BIM (byggningsinformasjonsmodellering), risikobildet for støy, vibrasjon og muskelskjelettplager (MSD). I tillegg gjennomførte forprosjektet en kartlegging av bransjeerfaringer med BIM, inklusive bransjens egne tanker om hvordan HMS kan integreres i BIM. Hovedprosjektet som denne rapporten omhandler, er avgrenset til støy som risikofaktor. Videre er resultatene som presenteres i rapporten knyttet til gjennomføring av intervjuer, litteraturgjennomgang og arbeidssamlinger, som også utgjør bakgrunnskunnskap for øvrige leveranser i prosjektet; utvikling av metodikk. Dette er presentert i [manual](#).

1.2. Hvorfor «støy i BIM»?

BIM brukes i økende grad i BA-prosjekter og kan ha betydelige positive effekter på ulike parametere i prosjektgjennomføringen (Abbasnejad et al., 2020). Studier viser imidlertid at bruk av BIM ikke nødvendigvis fører til endringer i måten arbeidet organiseres og forstås på, i den forstand at BA-prosjekter fortsatt i stor grad kjennetegnes av faglig fragmentering og «silo-

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>

orientering» (Miettinen & Paavola, 2014), med den risikoen dette innebærer. Eksempelvis viser en studie av Neff et al. (2010) at bruk av BIM tvert imot kan bidra til økte forskjeller i forståelse mellom involverte aktører (f.eks. arkitekter, ingeniører og fagarbeidere), på tross av at digitale bygningsmodeller utgjør et felles teknologisk grunnlag for prosjektarbeidet. En viktig årsak til dette er at eksisterende BIM-løsninger er begrenset til visualisering og beskrivelse av fysiske objekter, og derfor i liten grad er i stand til å formidle og skape forståelse for organisatoriske forhold som preger prosjektene. En avsluttet studie fra NORCE (Holte et al. 2020) viser at disse argumentene også gjelder for HMS. På den ene siden er nettopp visualisering et godt hjelpemiddel i HMS-arbeidet, fordi det kan bidra til å gjøre HMS-relatert risiko synlig allerede i prosjekteringsfase. Dette betinger at aktørene som har kompetanse til å adressere ulike risiki er til stede i prosjektarbeidet, noe studien fra NORCE viste at ikke er tilfelle for HMS-relaterte forhold. Et annet aspekt som studien peker på, er hvordan vi forstår og operasjonaliserer begrepene HMS og SHA. Når begrepene (og bokstavene) operasjonaliseres er tanken at dette gjøres på en balansert måte i forhold til hva de ulike bokstavene representerer. Dette er ikke tilfelle, ettersom risiko relatert til sikkerhetsmessige forhold er det som vektlegges. Sikkerhet er målbart og observerbart, og de alvorlige ulykkene, f.eks. med fare for dødsfall er mer synlige for bedriftene og bransjen enn øvrige hendelser. Dette styrer forståelsen av årsakssammenhenger hos de involverte aktørene (ibid).

Arbeidsrelaterte helseplager utvikles over tid og er forårsaket av mange risikofaktorer. Vi trenger derfor å forstå hvordan arbeidsprosessene rundt objektene i BIM er organisert. Dette inkluderer maskiner, verktøy, utstyr, omgivelsene rundt, selve arbeidsorganiseringen og tilretteleggingen rundt hvert enkelte objekt samt forståelsen av hvordan ulike arbeidsprosesser som foregår samtidig, påvirker eksponering. Tidsdimensjonen er derfor helt essensiell når HMS skal integreres i BIM, fordi fremdriftsplanlegging mht. aktører og aktiviteter er viktig for eksponeringsbildet.

Studien NORCE gjennomførte, identifiserte forskning som gir innspill til en videre utvikling av BIM. Sammenholdt med hvordan vi forstår risikobildet for støy, vibrasjon og MSD, peker støy seg ut som en risikofaktor egnet for integrasjon av HMS i BIM. MSD har et mer sammensatt årsaksbilde, og er derfor vanskeligere å håndtere, noe som krever stor grad av systematikk i arbeidet med å kartlegge risikofaktorer. MSD holdes derfor utenfor i prosjektet som denne rapporten presenterer resultater fra. Det vil likevel være overføringsverdier fra dette prosjektet til MSD, inklusive det å utvikle samhandlingsarenaer som involverer aktører som har spesifikk kompetanse knyttet til ulike eksponeringer og utfall. For MSD er tidsaspektet sentralt, men også til dels underkjent når en ønsker å forebygge slike plager (Wells et al., 2007). Dette fant vi også at manglet i de studiene som utvikler metodikk/verktøy for å forebygge MSD i prosjekteringsfase, blant annet basert på bruk av BIM (Holte et al. 2020). Vi mener derfor at å forebygge MSD i design, gjennom bruk av BIM, fordrer utviklingen av 4D, nettopp fordi tidsaspektet inkluderes.

1.3. Risikofaktorer for støy: Hva viser forskningen?

Støy er et utbredt arbeidsmiljøproblem i arbeidslivet, og sammenhengen mellom yrkesmessig støyeksponering og nedsatt hørsel er godt dokumentert (Lie et al., 2013; 2016). En rekke andre negative helseeffekter er også påvist, som tinnitus, overømfintlighet for støy, fysiologiske og psykologiske stressreaksjoner med midlertidig nedsatt kognitiv yteevne, varig økning i blodtrykk og hjerte-/karsykdommer (ibid.). Støyeksponering er videre en risikofaktor for ulykker. I Lie og kolleger sin sammenstilling pekes det på en dokumentert (statistisk signifikant) sammenheng mellom støy og ulykker, og estimerer at ved en eksponering for >90 dB (A) kan én av 10 ulykker

tilskrives støyeksponeering (ibid). En noe nyere oppsummering er avgrenset til litteratur som ser på sammenhenger mellom støy og ulykker (Dzhambov & Dimitrova, 2017). Også denne studien dokumenterer statistisk signifikante sammenhenger mellom arbeidsrelatert støy og risiko for ulykker på arbeidsplassen. Videre finnes det noe dokumentasjon som viser til statistisk signifikante sammenhenger mellom arbeidsrelatert støyeksponeering og sykefravær (Knardahl et al., 2016). Det er likevel pekt på at det å studere økonomiske konsekvenser av støy er utfordrende (Themann & Masterson, 2019), samtidig som tall fra USA viser at arbeidstakere med hørselsskader har både redusert inntekt (Themann & Masterson, 2019) og økt sannsynlighet for å falle ut av arbeidslivet (Emmett & Francis, 2014).

Nedsatt hørsel og tinnitus er kategorisert som yrkessykdom. I henhold til § 5-3 i Arbeidsmiljøloven skal tilfeller av hørselstap som skyldes støyeksponeering meldes til Arbeidstilsynet, som har et register for arbeidsrelatert sykdom (RAS) for landbasert virksomhet. Et gjennomsnitt over fem år (2016-2020) viste at 47,6 % av meldingene om arbeidsrelatert sykdom var med diagnose knyttet til øre/hørsel (Arbeidstilsynet, 2021). Videre er følgende tall innmeldte arbeidsrelaterte støyskader i bygge- og anleggsbransjen de siste fem årene: 2016: 278, 2017: 254, 2018: 237, 2019: 272 og for 2020: 234 (personlig meddelelse, Tonje Strømholm³). Uavhengig av bransje er omtrent 50 % av meldingene knyttet til personer som ikke er i den jobben de har pådratt seg helseskaden/sykdommen (Samant et al., 2014). Erfaring fra Arbeidstilsynet tilsier at yrkessykdom dessverre er gjenstand for underrapportering (Arbeidstilsynet, 2021). Samant et al. (2014) viser også til at meldepraksisen for yrkesrelatert sykdom ikke så godt fanger opp hørselstap hos kvinner, yngre arbeidstakere og arbeidstakere i bedrifter uten bedriftshelsetjeneste. Spesielt de to siste kategoriene er godt representert i bygge- og anleggsbransjen, noe som understøtter at de faktiske tallene er høyere enn det som er gjengitt her.

Når det gjelder risikogrupper og aktiviteter finner vi en kunnskapsoppsummering som sammenstiller studier fra bygge- og anleggsbransjen, etter trender og identifiserer de mest utsatte yrkesgruppene (Lewkowski et al., 2018). Basert på studier fra ti land, fant forskerne at de mest utsatte yrkesgruppene var tømrere, ufaglærte, håndmenn, ingeniører, murere og betongarbeidere med fullskifts-eksponering over 85 dBA-grensen. De fant videre en 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, som synliggjør viktigheten av å tenke forebygging allerede i prosjektering (Lewkowski et al., 2018). En norsk studie basert på HUNT⁴-data (det vil i en representativ del av befolkningen) identifiserte redusert hørsel hos disse yrkesgruppene innen bygge- og anleggsbransjen: tømrere og ufaglærte, rørleggere, samt noe svakere statistisk sammenheng for murere, gipsere og teglsteinsarbeidere (Engdahl & Tambs, 2010).

Det finnes en rekke studier som går mer inngående inn i hvordan støyeksponeering henger sammen med hvordan arbeidet er organisert. En amerikansk studie (Neitzel et al., 1999) så på eksponering for fire yrkesgrupper: tømrere, ufaglærte, jernarbeidere og ingeniører innen bygge- og anleggsbransjen, der målingene ble gjennomført i oppføring av næringsbygg/offentlige bygg med

³ Overlege, Arbeidstilsynet.

⁴ Helseundersøkelsen i Nord-Trøndelag. Et langvarig og omfattende prosjekt, som har bidratt til Norges største samling av helseopplysninger om en befolkning. Se <https://www.ntnu.no/web/hunt/om> for mer informasjon.

betong som hovedmateriale. Forskerne 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 at det å forstå hva som foregår i ulike byggetrinn er viktigere enn å se på yrkesgrupper hver for seg.

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 er fra tidlig 90-tall, men anses likevel som relevant. Den peker på disse faktorene som viktige for støynivå: arbeidets natur, skiftlengde, varighet av aktivitet som involverer støy, samt synergieffekter med kjemisk eksponering.

En annen amerikansk studie (Kerr et al., 2002) undersøkte spesifikke oppgaver for yrkesgruppene tømmer, veiarbeider og taktekker. Her ble oppgaver med høyt støynivå identifisert, basert på forslag fra representanter for de ansatte. For tømmerere valgte man å studere arbeid med pulveraktiverte og 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. Taktekkere hadde noe lavere eksponering for støy (< 100 dBA).

En spansk studie (Fernandes et al., 2009) undersøkte 40 bygningsarbeidere på bolig- og industribygg som brukte betong som byggemateriale. De fant et høyt generelt støynivå som overskred normen. 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 dem som ble undersøkt, var omtrent 25 % utsatt for toppverdier over 140 dBA. De høye verdiene ble assosiert med grunnarbeid og bruk av trykkluftbor. En annet forhold som ble adressert i studien, var tilstedeværelse av mange ansatte med ulike oppgaver samtidig i de senere byggefaser. For disse ansatte fant man 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 (f.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 lavstøymaskiner, materialbruk (f.eks. skjæring i stål), isolering og støydemping rundt spesielle aktiviteter og godt vedlikehold av maskiner.

Flere studier har sett på konkrete støykilder. En studie (Santos de Oliveira et al., 2019) undersøkte støy generert fra sirkelsag og betongblander. De målte lydtrykksnivå over 85 dBA i en avstand på sju 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.

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, som er anbefalt til å være høyere enn 5 dBA når støynivåer kommer over 65 dBA, og som i praksis betyr at det mobile støynivået holdes så lavt som mulig.

En annen studie fra Sør-Korea (Lee et al., 2019), gjennomført blant byggeledere, vurderte ubehag knyttet til støy på byggeplass basert på byggefase og utstyr som ble benyttet i de ulike fasene av et byggeprosjekt. En av grunnene til at studien fokuserte på 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 spørreskjemabaserte studien oppga 93 % at tidligfase av et BA-prosjekt 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.

Kort oppsummert kan vi si at eksponering og redusert hørsel varierer etter yrkesgrupper. Eksponeringen forårsakes av konkrete støykilder og karakteristika ved disse (toppverdier, gjennomsnitts-verdier, avstand), men like sentralt for risikobildet er hvilken fase utbyggingen er i, oppgaver og materialbruk, og ikke minst hvilke støytyper som kombineres. 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. Dette kapittelet har vist at kombinasjonstøy er et aspekt som bør adresseres. Parallelle aktiviteter over tid, med støygivende utstyr og/eller materialer, synliggjør hvor viktig det er å ta hensyn til organisatoriske utfordringer når en skal arbeide med reduksjon av støy og tilhørende skadevirkninger.

1.4. Målsetninger med prosjekt

Det overordnede målet med prosjektet har vært å utvikle teknologi og prosesser (metodik) som integrerer HMS i BIM, med spesifikt fokus på støy. Støy ble valgt fordi kildene er enkle å identifisere, og fordi støy er målbart. Risikobildet er imidlertid sammensatt og peker på organisatoriske komponenter, og bevisstheten rundt disse har overførbarhet til andre helsesrelaterte utfall.

Teknologien og metodikken skal bidra til økt og større grad av felles forståelse av støyrisiko blant ulike aktører. Dette inkluderer de som er direkte involvert i prosjekteringsfase (prosjekterende, hoved- og underentreprenører og byggherrer) og de som har spesifikk HMS-kompetanse, som HMS-rådgivere og BHT, for derigjennom å muliggjøre forbedring av prosjektplanlegging- og gjennomføring med tanke på reduksjon av slik risiko.

Basert på prosjektets hovedmål er følgende delmål definert:

- Utvikle mer kunnskap om forhold som bidrar til støyrisiko i BA-prosjekter.
- Utvikle løsninger for visualisering av støyrisiko knyttet til eksisterende BIM-verktøy. Løsningene skal resultere i økt felles forståelse av støyrisiko på tvers av relevante brukergrupper, der brukere av teknologien også defineres som en del av løsningen.
- Utvikle/beskrive løsning for kobling/integrering av støyvisualisering i eksisterende BIM- og planleggingsverktøy, basert på åpne standarder.
- Utvikle rammeverk for implementering og bruk av løsning i planlegging og gjennomføring av BA-prosjekter.

Prosjektet er avgrenset til *utenomhus/byggegrøp*. Dette valget er tatt basert på flere forhold. Som oppsummert i innledningen er det god forskningsbasert dokumentasjon på at tidligfase gir høy grad av støyeksposering. Utenomhus/byggegrøp representerer også en fase av utbygging som inkluderer både anlegg (f.eks. grunnarbeid) og bygg. Metodikken som utvikles vil derfor være fleksibel når det gjelder anvendelse og kan videreutvikles av bedriftene som ønsker å ta denne i bruk, uavhengig av om de jobber mest innenfor anlegg eller bygg. Det er i den sammenheng viktig å poengtere at det i prosjektet ble utviklet en *støy-modul protoyp* som bedriftene selv kan videreutvikle i forhold til egne behov, noe som også begrunner bruken av åpne standarder.

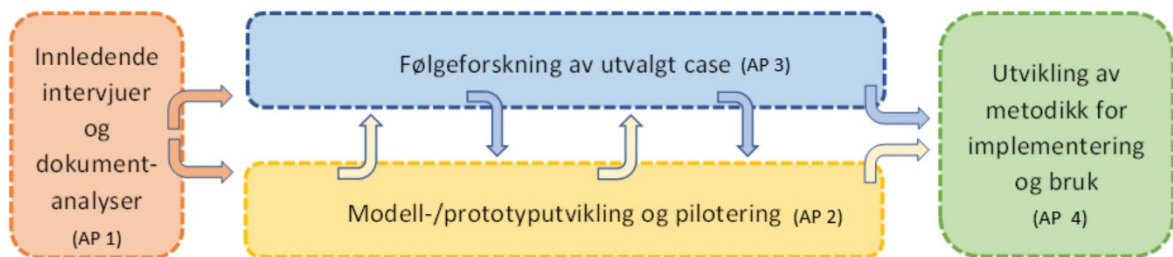
2. Metode

2.1. Prosjekt-/forskningsdesign

Med utgangspunkt i prosjektets målsetninger har prosjektet bestått av følgende hovedelementer og arbeidspakker (AP):

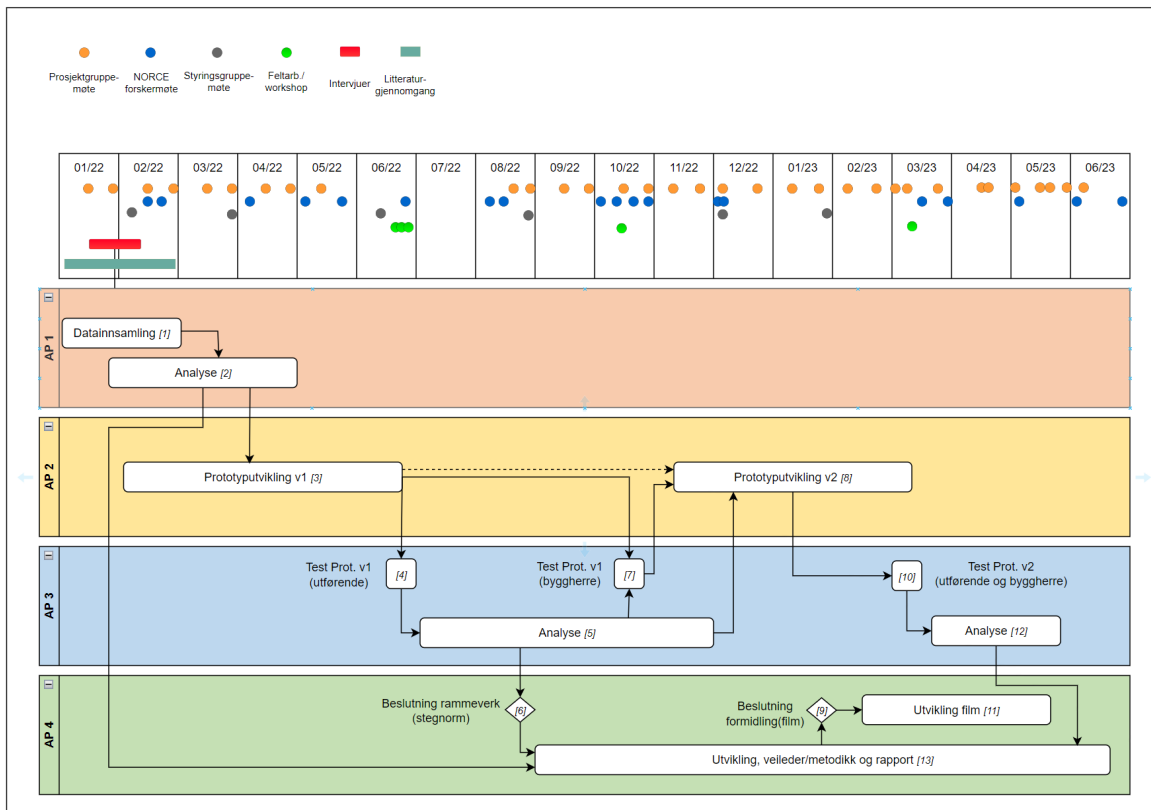
- Utvikling av kunnskapsgrunnlag (AP1, samt deler av AP3 og AP4)
- Utvikling (AP2) og pilotering av teknologi (AP3).
- Utvikling av metodikk/rammeverk for bruk av teknologi (AP4).

Prosjekt-/forskningsdesignet er basert på hovedelementene og illustrert i figuren nedenfor.



2.2. Aktiviteter

Figuren nedenfor viser en oversikt over prosjektets aktiviteter i de fire arbeidspakkene og hvordan disse henger sammen med hverandre.



- 1/2: Datainnsamling og analyse: Gjennomføring av litteratursøk og intervjuer. Resultater brukt som grunnlag for prototyp utvikling.
- 3: Utvikling av prototyp, versjon 1
- 4/5: Test prototyp 1: Gjennomføring og analyse: Rådgivere og entreprenør
- 6: Beslutning om rammeverk (grunnlag for manual).
- 7/5: Test prototyp 1: Gjennomføring og analyse: Byggherrerepresentanter
- 8: Utvikling av prototyp, versjon 2
- 9: Beslutning formidling
- 10/12: Test prototyp 2: Gjennomføring og analyse: Entreprenør
- 11: Utvikling av film
- 13: Utvikling veileder/metodikk og rapport

Aktivitetene har ledet til følgende leveranser fra prosjektet:

- Metodikk
- Film
- Kunnskapsgrunnlag/dokumentasjon (denne rapporten).

Metodikken (beskrevet i egen manual) er hovedleveransen fra prosjektet. Det er i tillegg laget en egen liten film, som ligger på samme [nettside hos BNL](#). Som nevnt presenteres ikke disse leveransene i denne rapporten. Resultatene som presenteres og diskuteres her, omhandler (og dokumenterer) kunnskapsgrunnlaget som har vært sentralt for utvikling av metodikk. Disse aktivitetene er litteraturgjennomgang, intervjuer med nøkkelinformanter og arbeidssamlinger for test/diskusjon av prototyper.

2.2.1. Litteraturgjennomgang

Innledningsvis i prosjektet ble det gjennomført en kunnskapsoppsummering om forskning som omhandler «Modellering og visualisering av støy i bygge- og anleggsprosjekter». I denne forbindelse ble det gjennomført litteratursøk i Scopus og Google Scholar. I førstnevnte søk ble søkestrengen «BIM OR "Building information modelling" AND noise» brukt for søk i tittel, sammendrag og nøkkelord i artikler, og dette resulterte totalt 146 treff. Titler og sammendrag ble deretter gjennomgått og seks artikler ble vurdert som relevante. I tillegg ble to artikler inkludert etter gjennomgang av «tilknyttede/relaterte artikler». Scopus-søket resulterte dermed i totalt åtte artikler. De samme artiklene ble identifisert i søket i Google Scholar. I dette søket ble det i tillegg identifisert én relevant artikkel. Totalt sett resulterte litteratursøket i ni relevante artikler.

2.2.2. Intervjuer

I prosjektet er det gjennomført åtte intervjuer med totalt 16 informanter. Tabellen nedenfor gir en oversikt over interjuvene.

	Fagområde	Tidspunkt	# Informanter	# Intervjuere
1	BHT entreprenør	Desember 2021	2	2
2	Hørselvernprodusent	Desember 2021	2	2
3	Entreprenør prosjektering	Januar 2022	2	2
4	KP/SHA-rådgivere	Januar 2022	4	2
5	Prosjekterende (BIM)	Januar 2022	1	2
6	Operativ entreprenør	Februar 2022	3	2
7	HMS-leder grunnentreprenør	Mars 2022	1	1
8	Utbygger	Mars 2023	1	2

Intervjuene var semistrukturerte og basert på en intervjuguide (vedlegg 1) med følgende hovedkategorier av spørsmål:

- Kunnskap om og erfaring med støy
- HMS i design og prosjektering
- Muligheter og utfordringer ved bruk av BIM

Hovedfokus for intervjuene (temaene som ble diskutert) ble tilpasset fagområdet/kunnskapsfeltet til informantene. Alle intervjuene, bortsett fra nr. 8, ble gjennomført digitalt (ved bruk av Teams). Alle intervjuene ble tatt opp på lydfil og transkribert. Analyseprosessen ble gjennomført ved at én forsker gikk gjennom hvert enkelt intervju og lagte en oppsummering av dette, som senere ble diskutert blant hele prosjektgruppen.

2.2.3. Arbeidssamlinger

Det ble gjennomført totalt seks arbeidssamlinger (workshops) hvor formålet var testing og diskusjon av piloter. Tabellen nedenfor gir en oversikt over arbeidssamlingene.

	Deltakere (fagområde)	Tidspunkt	Pilot (versjon)
1	Rådgivere; BIM, geoteknikk, HMS	Juni 2022	1
2	Entreprenør; planlegging og prosjektering	Juni 2022	1
3	Entreprenør; byggeledelse	Juni 2022	1
4	Byggherrer; statlig og kommune	Oktober 2022	1
5	Entreprenør, utførende	Januar 2023	2
6	Samhandlingsmøte byggeplass (utførende)	Mars 2023	2

Arbeidssamlingene ble gjennomført som halvdagssamlinger og basert på følgende hovedpunkter:

- Presentasjon av prosjekt/bakgrunn
- Presentasjon av pilot
- Diskusjon av muligheter og utfordringer

Med unntak av arbeidssamling 5 og 6, ble diskusjonene tatt opp på lydfil og transkribert, og analysert på samme måte som intervjuene. For de to siste arbeidssamlingen ble det skrevet utfyllende sammendrag som ble brukt i analysen. I den siste arbeidssamlingen deltok to forskere som observatører på møtet og det ble tatt notater (basert på observasjonsguide) som grunnlag for analyse.

Vedlegg 2 viser dagsplan/guide som ble brukt i arbeidssamlingene, og vedlegg 3 inneholder en presentasjon av teknologien/prototypen (v1) som ble gjennomgått i workshop 1-4 og som var grunnlag for diskusjon. I workshop 5 og 6 ble prototyp versjon 2 brukt som grunnlag for diskusjon.

3. Resultater

I dette kapitlet presenteres resultatene fra litteraturgjennomgangen (3.1), intervjuer med nøkkelinformanter (3.2) og arbeidssamlinger hvor teknologien har blitt diskutert (3.3). Disse resultatene har blitt brukt som kunnskapsgrunnlag for utvikling av metodikken og brukermanual.

3.1. Resultater fra litteraturgjennomgang

I dette delkapitlet presenteres forskningslitteratur som omhandler modellering og visualisering av støyeksponering i BA-prosjekter. Gjennomgangen viser at det er få studier som omhandler bruk av BIM for visualisering av støy basert på ambisjon om reduksjon av støyrisiko i BA-prosjekter. Nedenfor oppsummeres de 9 relevante artiklene som ble identifisert.

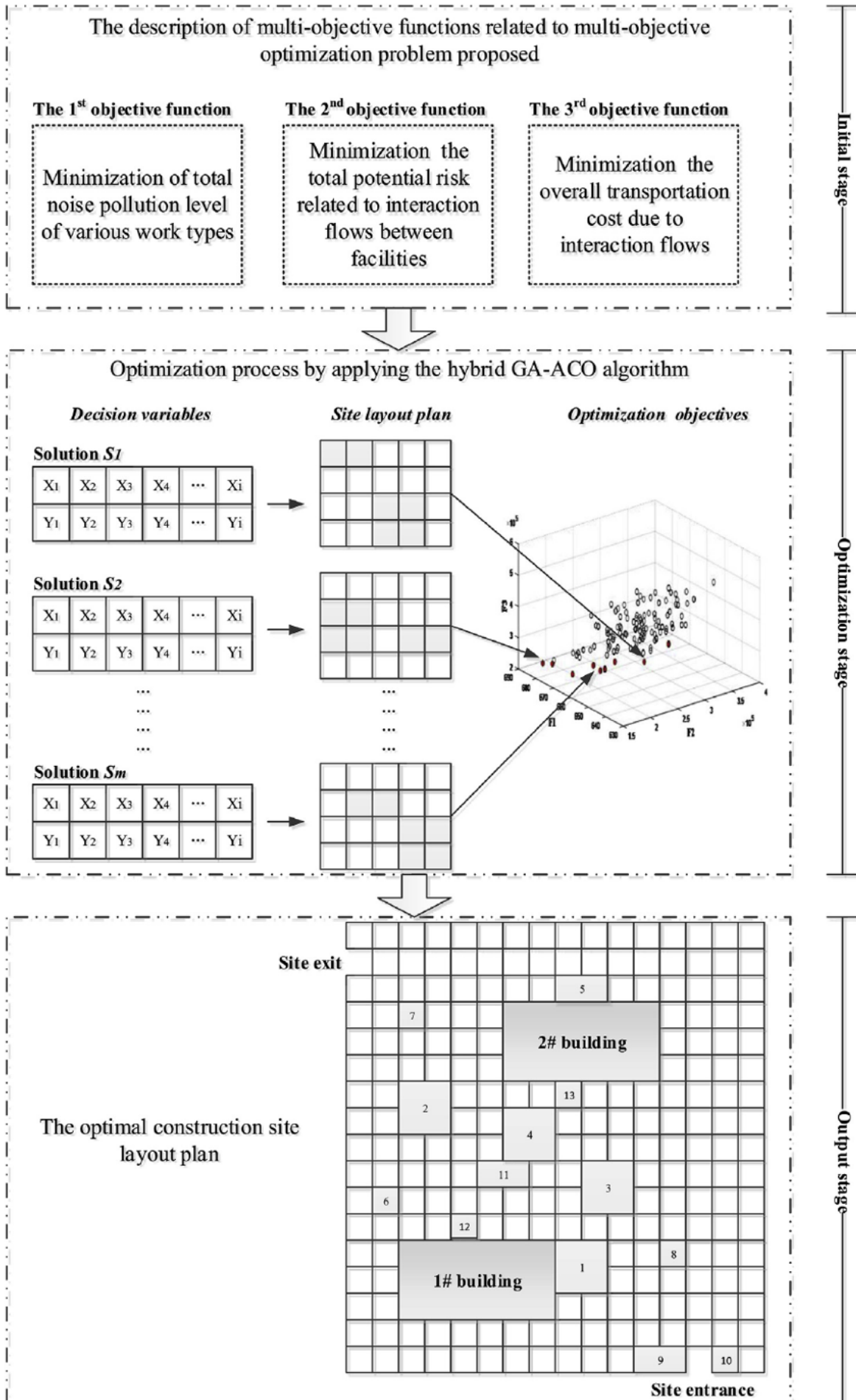
Ning et al. (2019) studerer hvordan støyeksponering kan reduseres ved optimalisering av byggestedsutforming i prosjektplanleggingsfasen. I tillegg til støy inkluderes også kostnader og sikkerhet som faktorer i modelleringen.

Studien tar utgangspunkt i 3 betingelser for utforming av modell/optimalisering (se figur nedenfor):

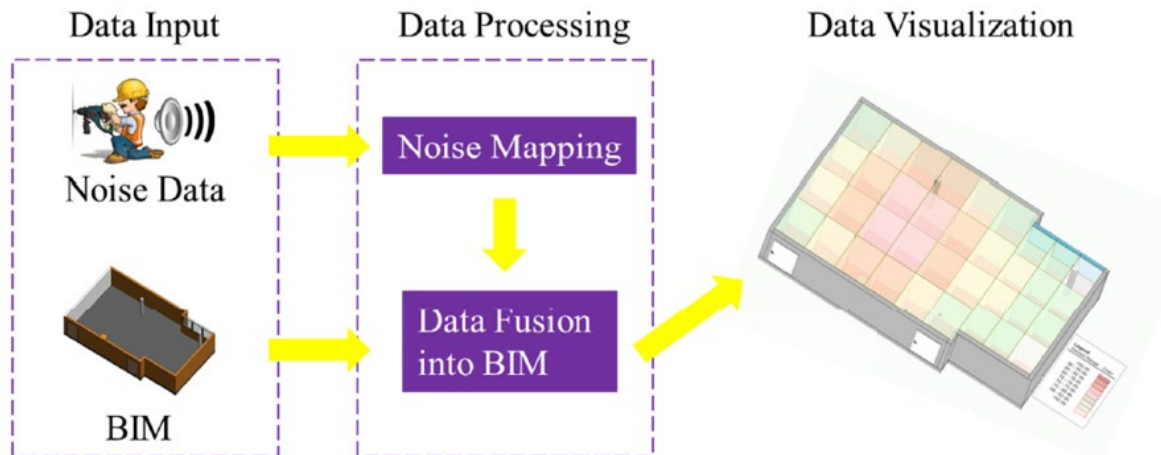
1. Reduksjon av støyeksponering (minimere totalt støynivå for ulike typer arbeid).
2. Forbedring av sikkerhet på arbeidsplass (minimere risikopotensial knyttet til interaksjon mellom anleggskomponenter).
3. Interaksjon = flyt av materialer, utstyr og personell.
4. Redusere kostnader (minimere transportkostnader relatert til interaksjoner).

Modellen ble testet ut på et byggeprosjekt og forskerne trekker frem følgende overordnede funn og implikasjoner:

- 1) For å redusere støyeksponering bør anleggselementer med ansatte plasseres lengst bort fra anleggselementer med høye støynivå.
- 2) Reduksjon av distanse mellom anleggselementer har negativ effekt på støybegrensning, men positiv effekt på kostnadsreduksjon og sikkerhet. Det kan dermed være situasjoner hvor plassledere må prioritere mellom ulike faktorer.
 - Dersom reduksjon av støyeksponering er viktigst, må plassledere først sørge for avstand mellom anleggselementer med ansatte og anleggselementer med høye støynivå. Deretter bør anleggselementer med høy interaktivitet plasseres nærme hverandre for å øke sikkerhet og redusere transportkostnader.
- 3) Dersom det er lav interaktivitet mellom anleggselementer med lavt støynivå, bør disse plasseres fjernt fra hverandre. Denne tilnærmingen kan bidra til signifikant reduksjon av støyforurensning uten at det medfører redusert sikkerhet og økte kostnader.



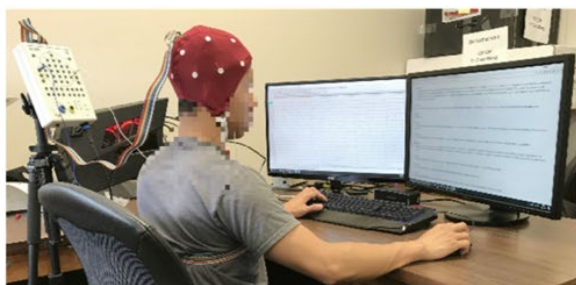
Wei et al. (2017) presenterer et rammeverk for integrering av data fra «wearables» i BIM for prediksjon av støyrisiko på arbeidsplasser. Hensikten med rammeverket er å predikere og visualisere den romlige distribusjonen av støy i BIM basert på data fra sensorer (wearables) (se figur nedenfor). I studien ble Vectorworks brukt som visualiserings-/modelleringsverktøy.



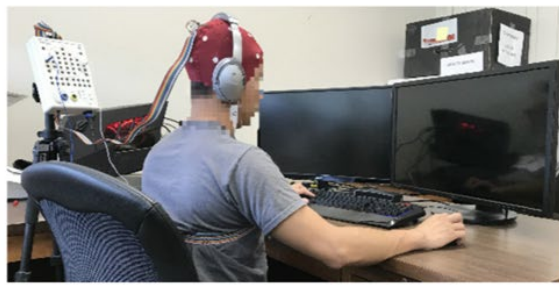
Basert på predikerte støydata ble arbeidsplassen inndelt i små celler, hvor hver celle ble gitt en farge basert på verdien på predikert støynivå. Det ble videre gjennomført en case/pilotstudie i et innendørs renoveringsprosjekt (klasserom) for validering av gjennomførbarhet og nytte. Valideringsprosessen innebærer sammenligning mellom predikerte resultater og reelle data.

Forfatterne konkluderer med at det er gjennomførbart å integrere støydata i BIM for visualisering og predikering av risiko. Studien er relativt enkel (statiske målinger av en enkelt støykilde), og forfatterne avslutter med at resultatene må følges opp med mer komplekse studier som inkluderer flere støykilder, ansatte som flytter seg, og i andre omgivelser (utendørs).

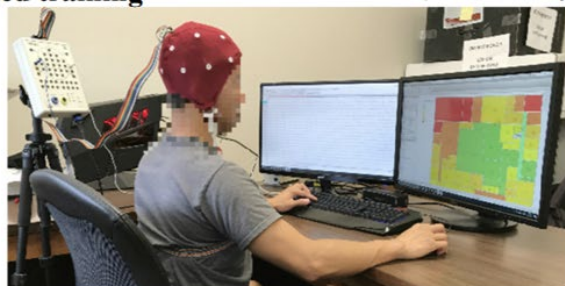
I en oppfølgingsstudie utvikler Wei og Wang (2018) en metode for vurdering av oppmerksomhetsnivå ved bruk av BIM-basert trening for å forbedre ansattes vurderinger av støynivå. Visualiseringsløsningen fra Wei et al. (2017) ble brukt i studien. Dette ble gjennomført ved måling av hjerneaktivitet (EEG). Hjerneaktivitetsmønstre fra testdeltakere som brukte visuell/BIM-basert trening ble sammenlignet med mønstre fra deltakere som brukte tekst-basert og lyd-basert trening (se figur på neste side). Resultatene viser at BIM-basert trening fører til høyere oppmerksomhetsnivå sammenlignet med de andre treningsmetodene, noe som betyr at slik trening kan forbedre oppmerksomhet om støyfarer.



a) Text-based training



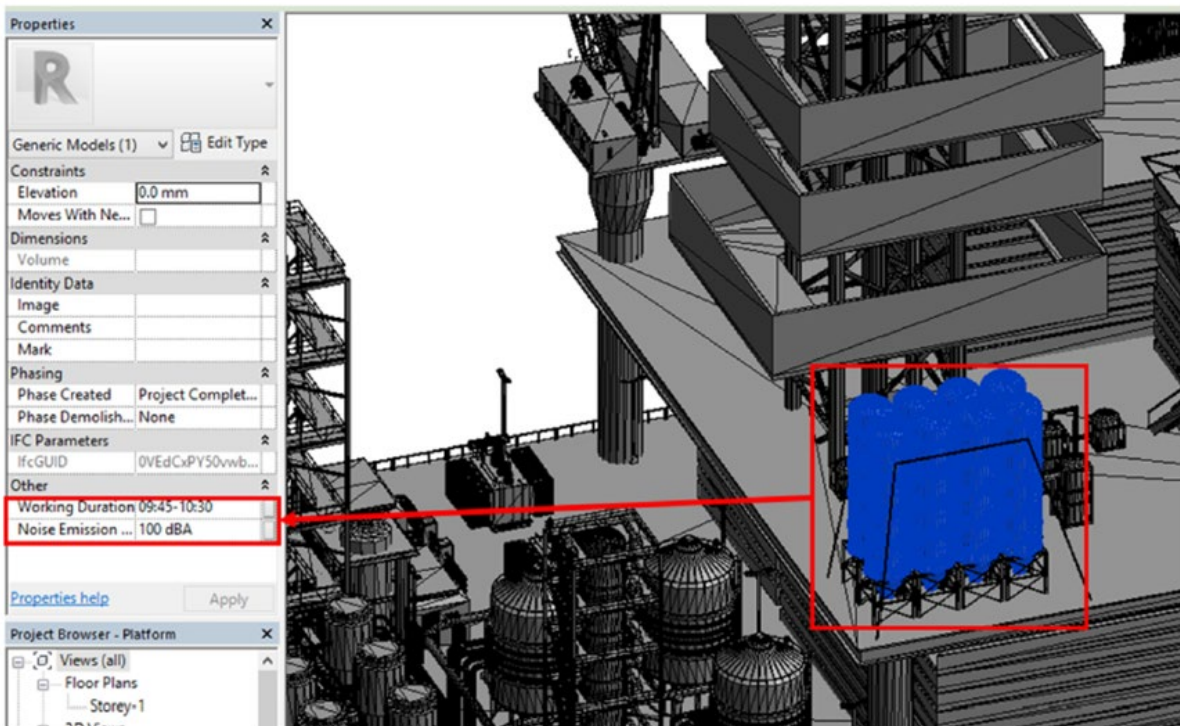
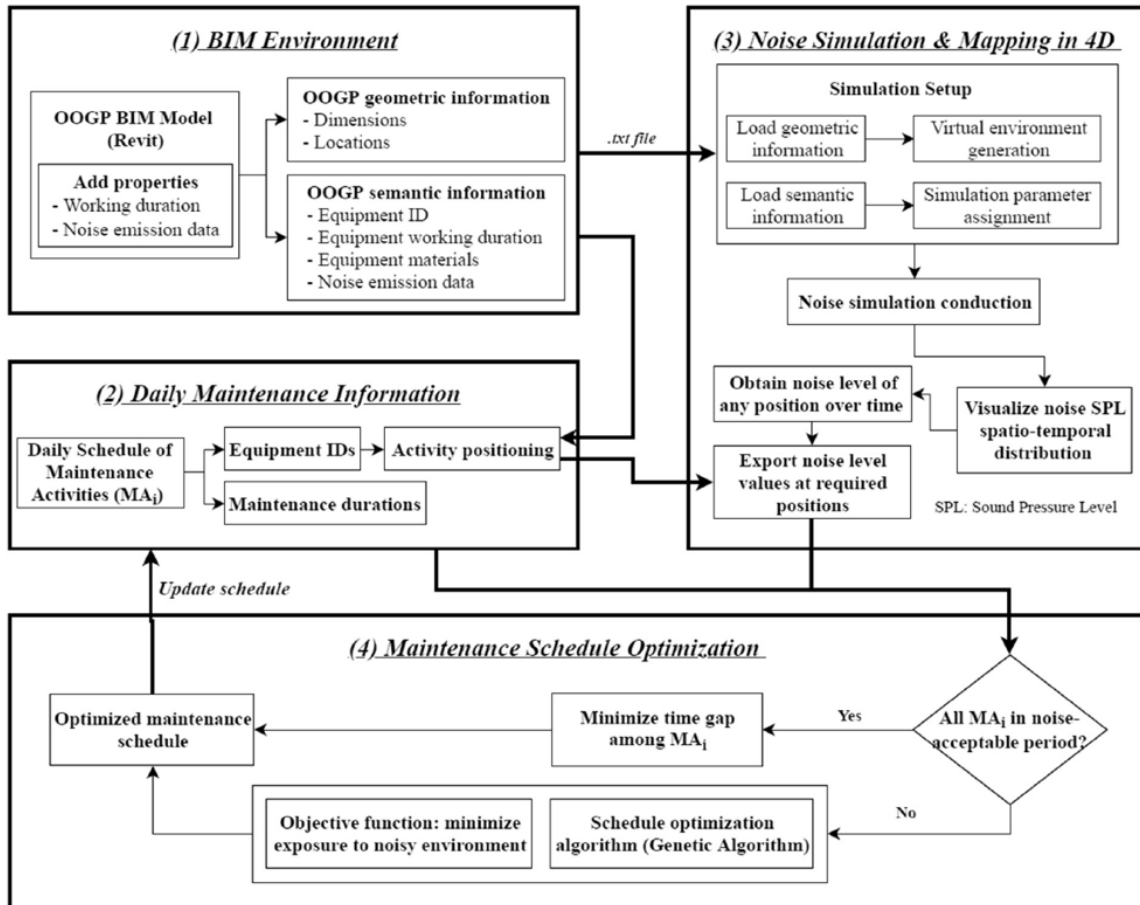
b) Auditory-based training

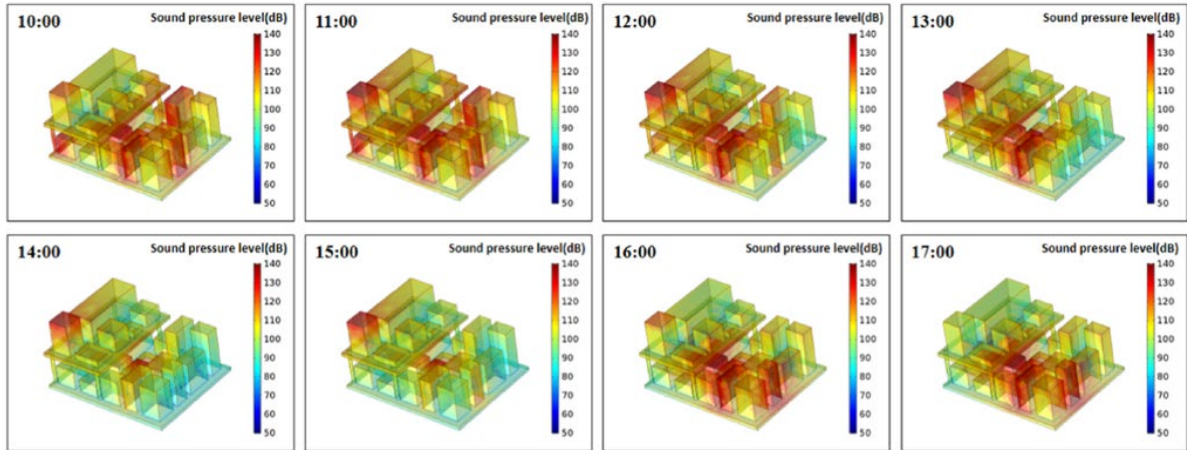


c) Visualization-enhanced training

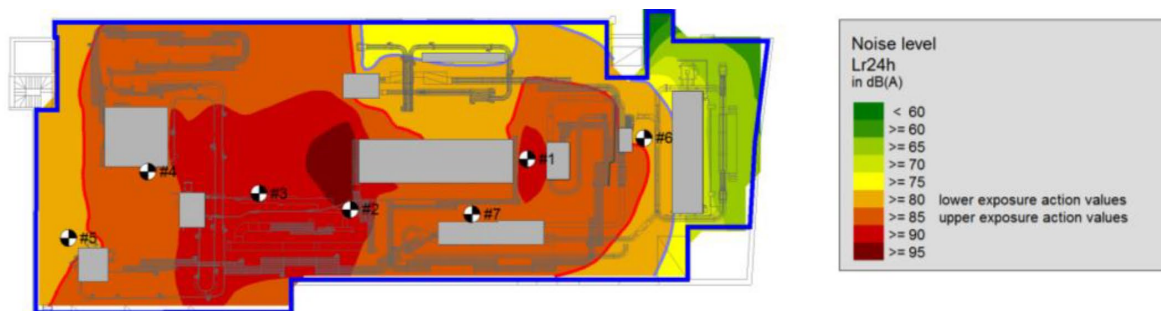
Tan et al. (2019) presenterer en BIM-støttet 4D-basert lydmodellering for reduksjon av støyeksponering for vedlikeholdsoperatører på en oljeplattform. BIM brukes for å automatisk gi informasjon nødvendig for å fasilitere støysimulering. 4D-basert simulering (Comsol) brukes for å få sted- og tidsdata for lydnivå av moduler på plattformen. Støyeksponering for vedlikeholdsoperatører regnes ut med utgangspunkt i daglig støydose, og en optimaliseringsalgoritme brukes for å generere en timeplan over vedlikehold som minimerer daglig støydose. Denne brukes for å oppdatere den daglige vedlikeholdsplanen (se figurer på neste side).

Resultatene viser at denne tilnærmingen kan kvantifisere og evaluere støyeksponering på plattformer over tid, og at støyeksponering kan reduseres ved å bruke den foreslåtte metodikken for optimalisering av vedlikeholdsplaner.

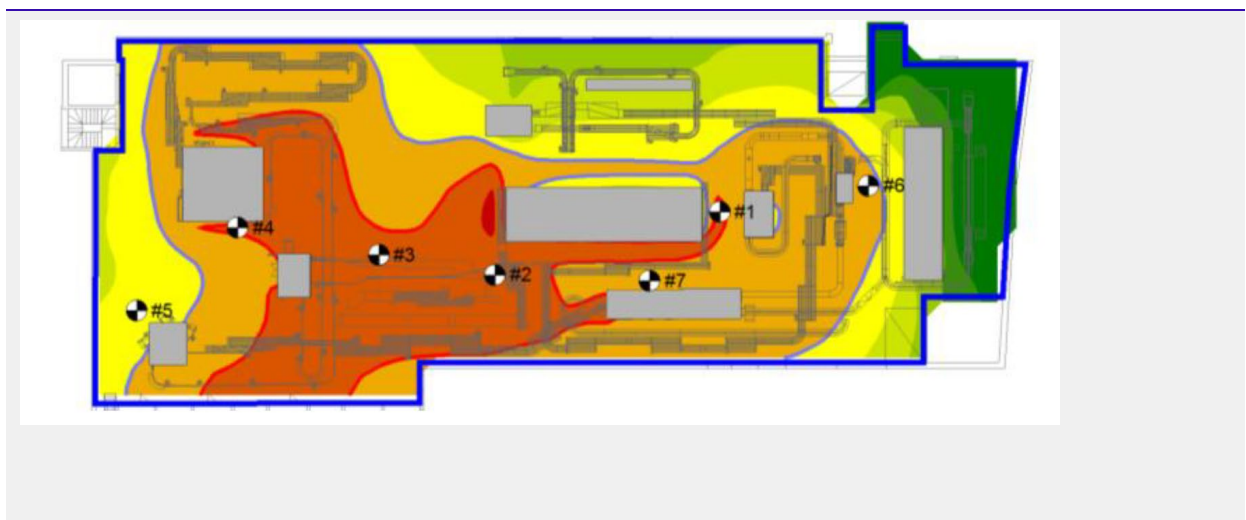




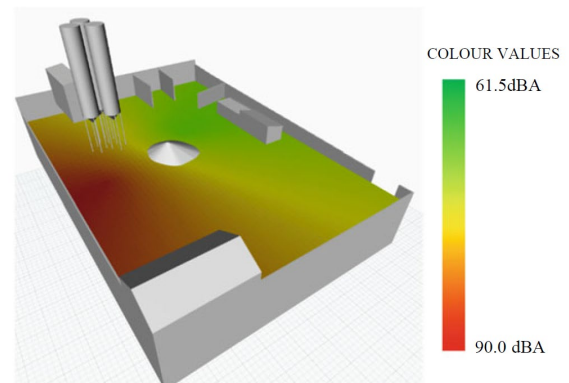
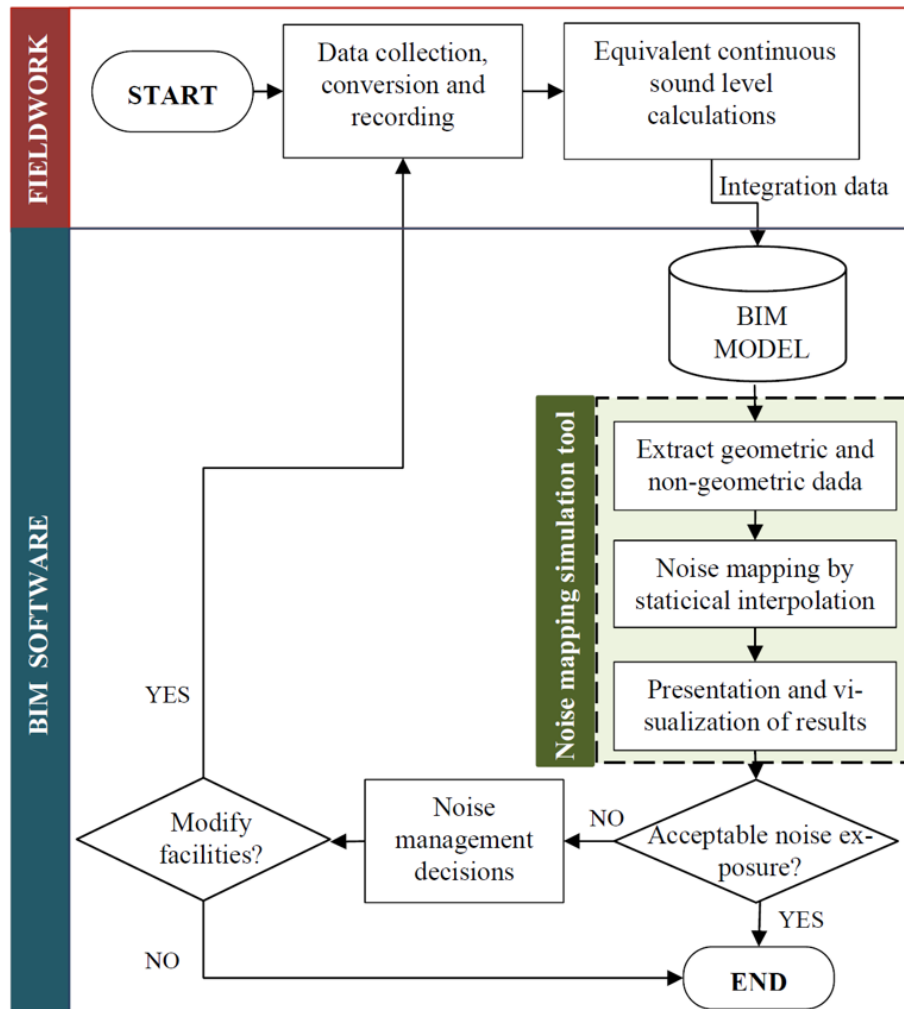
Butorina et al. (2019a; 2019b) presenterer en tilnærming til støyreduksjon ved å inkludere støydata i informasjonsmodellen av infrastruktur- eller byggeprosjekter (se figur nedenfor). BIM muliggjør monitorering av støynivå på byggeplasser, og behovsvurdering og effektmåling av støyreducerende tiltak.



Støykart over område/fabrikk uten støybeskyttelse (over) og med støybeskyttelse (under).



Aguilar-Aguilera et al. (2020) presenterer et BIM-verktøy og metode for støyhåndtering på arbeidsplasser (se figurer nedenfor). Verktøyet har blitt utviklet ved bruk av Dynamo nodes og Python.



Forskerne viser også hvordan verktøyet kan brukes for å vurdere alternative ruter i gjennomføring av arbeidet i en fabrikk som gjør at støyeksposeringen for ansatte reduseres (De la Hoz-Torres et al., 2020).



Li et al. (2016) studerer støyeksposering (ISO 9612:2009) for ulike ansattgrupper i ulike prosjektfaser. Det gjennomføres casestudier i to ulike byggeprosjekter. Resultatene viser at ansatte som jobber i byggegrop og overbygningskonstruksjon er i størst grad eksponert for støy. Videre kan forskjell i støyeksposering mellom ansatte som i teorien har samme oppgave /fase i de to fase-prosjektene forklares av ulikhet i arbeidstid, arbeidsintensitet og prosjektstørrelse (antall ansatte).

Støy visualiseres ikke i denne studien, men den kan brukes som input til valg av ulike kategorier av arbeidstakere for test/følgforskning.

Work mode and noise sources of the measured construction trades.

Construction trades	Work description	Noise sources
Excavator operator	Excavate earthwork	Noise from excavator engine
Sand ejector operator	Work near the air compressor to provide cement and sand for the shotcreting-bolting support	Noise from air compressor engine
Pile driver operator	Drive piles into the earth around the foundation pit	Noise from pile driver engine
Roofbolter operator	Place the prestressed anchor	Noise from roofbolter engine and collision noise
Steel bender	Cut and bend rebar using machines	Noise from rebar cutting and bending machines
Steel fixer	Position and secure reinforcing bars and mesh	Collision noise
Scaffolder	Erect or dismantle the operation platform, safety railing, etc.	Knock and Collision noise
Formwork fixer	Construct or dismantle the template structure	Knock and Collision noise
Concrete	Pour concrete	Noise from vibrating tube
Air duct worker	Process and install HVAC ductwork	Noise from metalworking machines and knock noise

The noise exposure level $L_{EX, 8h}$ for trades in project A and B.

Construction stage	Construction trades	Project A		Project B	
		Samples	Levels (dBA)/SD ^a	Samples	Levels (dBA)/SD ^a
Earthwork	Excavator operator	10	80.5/1.6		
	Sand ejector operator	10	87.0/2.5		
	Pile driver operator	18	88.3/1.8		
	Roofbolter operator	16	91.4/3.6		
Earthwork and superstructure construction	Steel bender	32	85.6/2.8	18	82.5/1.5
	Steel fixer	17	87.0/3.0	18	84.1/2.6
	Scaffolder	20	87.4/4.5	16	84.6/3.2
	Formwork fixer	30	91.9/2.7	22	89.3/2.5
	Concrete	12	92.4/4.1	10	91.3/2.8
Ventilation and air condition engineering stage	Air duct worker	Task 1	6	94.1/2.9,2.2	
		Task 2	12		

^a The standard deviation (SD) is the statistical index of $L_{Aeq, T}$, which reflects the stability of sample data of each trade. It should be distinguished from the monitoring index SD calculated via personal noise exposure meter, which indicates the fluctuation of noise exposure level during each measurement.

3.2. Resultater fra intervjuer med nøkkelinformanter

3.2.1. Kunnskap om støy

Det er godt kjent at støy er et omfattende problem som påvirker ansattes helse og er en utbredt yrkessykdom i bygg- og anleggsbransjen. På tross av dette er kunnskapen om støy begrenset. Som en informant sier: «*Det blir ikke håndterlig, fordi kompetansen er der ikke.*» En forklaring kan være at støy, støyeksponering og helseplager er komplekst. Støy er mindre håndgripelig enn andre forhold og dermed vanskeligere å risikovurdere og håndtere, slik denne informanten her beskriver:

«Men noe av utstyret støyet nok litt mer enn hva vi hadde trodd på forhånd. Så er jo det litt komplekst hele bildet og, vet du. Du snakket jo om akustikk i sted. Det er jo veldig avhengig av hvor du gjør det hen, hvor i bygget det er du bruker de maskinene (...). Vi har jo det der med refleksjon å gjøre og diverse. (...) Det har jo med isolasjon å gjøre og hvordan det går over i etasjer og sånne ting, egentlig.» (Entreprenør)

Behov for langsiktig perspektiv på sammenheng mellom eksponering og helseplager skaper utfordringer for analyse, kunnskapsbygging om utvikling og sammenhenger, og iverksetting av tiltak. Det er også stor variasjon mellom ulike støytyper, støykilder, arbeidsprosesser og omgivelser. Bransjens kjennetegn med stadige endringer i oppgaver, tidsplan og omgivelser kan forklare hvorfor det er utfordrende å bygge støykunnskap- og fokus i bransjen. Dette kan også bidra til å forklare hvorfor det arbeides noe usystematisk med støy blant mange aktører i bransjen slik en informant som representerer BHT beskriver det:

«Kunnskapen der ute, selv om støy har vært varslet som et så ... Ja, det er jo en av de yrkessykdommene det har blitt varslet mest om i alle de årene jeg har jobbet. Så jeg tenker jeg likevel at det er mye vi ikke har målt og som vi ikke har god nok kompetanse på (...) Vi verken er gode nok på å vite hvilke typer støy det er i forbindelse med alle typer arbeidsoppgaver som finnes ute på bygg- og anleggsplass.» (BHT, Entreprenør)

Støykunnskap- og bevissthet i den spisse enden er også begrenset. I intervjuene nevnes manglede kjennskap til brukstid og relatert støyeksponering for ulike typer utstyr. Dette knyttes også til kultur for å fullføre oppgaver som er igangsatt, som en informant kommenterte: «*... det er ikke slik at folk tenker "nå har jeg jobbet så lenge med dette i dag, at nå kan jeg ikke stå i denne støyen lenger".*»

Dette kan føre til støyeksponering som overskrider anbefalte grenser. Eksempelvis beskriver noen informanter en test av støyeksponering hvor objektive sensordata ble sammenlignet med subjektiv støyoppfattelse av arbeidstakere, og hvor resultatene viste at egenvurderingen var lavere (mindre eksponering) enn de objektive dataene. Dette viser at det er vanskelig for ansatte selv å vurdere belastning over tid, og at overlating av risikoreduksjon til den spisse enden (ved bruk av personlig verneutstyr) kan medføre at tiltak blir «*for lite og for sent*» til å unngå skade. Dette forsterkes av at det ikke er en tydelig og umiddelbar kobling mellom arbeidsevne, eksponering og sykefravær sammenlignet med andre typer skader og plager slik denne informanten beskriver det:

«Det er ikke sånn at én dag til nå, så har du hørselsskade. Det har du jo ikke peiling på. Det er mye mer ullent alt rundt støy. Mens har du en skulder du har vondt i, så er det mye enklere å gå til lederen din og si at: "Nå er det noe som skjer her. Kan jeg få noe annet å gjøre noen dager?"» (Entreprenør)

3.2.2. Tiltaksfokus og HMS/støyhåndtering i tidlige prosjektfaser

Støy får mindre fokus sammenlignet med andre risikoforhold som kan ha umiddelbare alvorlige konsekvenser. Dette får i neste omgang betydning for hvilke fagområder som er involvert, hvem som får ansvar, hvor i prosessen tema blir aktualisert, og dermed hvilke tiltak en har til rådighet, slik en representant fra de som prosjekterer hos en større entreprenør beskriver det:

«Akkurat støy så er det vel kanskje det som ... I [Virksomhet] så har vi de såkalte "seks dødsrisikoer". Det er knyttet mot konflikt, mennesket, maskin, konstruksjonssvikt, elektrisitet og ... Altså ... Eh ... Men støy er jo ingen av de seks. Så sånn sett så er mitt inntrykk at støy kanskje faller litt utenfor den diskusjonen der, da. (...) når det gjelder de langtidskroniske effektene, så er det bedriftshelsetjenesten, og da er det verneutstyr og på en måte eventuelt hviletider» (Prosjektering, Entreprenør).

Kunnskapen om og «statusen» til støy kan være faktorer som bidrar til at de enkleste løsningene og tiltakene velges, som igjen betyr at dette i stor grad er overlatt til den spisse enden (de ansatte). Også arbeidsgiveres (som også inkluderer BHT/HMS-miljø) arbeid med reduksjon av støyeksponering er i stor grad rettet mot bruk av personlig verneutstyr og risiko-/tiltaksinformering til ansatte. Enkelte informanter sammenligner med forebyggende arbeid i andre bransjer, der man har større handlingsrom til å iverksette tiltak som kan redusere selve støyeksponeringen. Dette relateres igjen til bransjekjennetegn og at arbeidet er «*støyende i natur*», og at handlingsrommet dermed er begrenset.

Det er ikke uvanlig at krav om effektivitet påvirker støyeksponering i prosjekter, eksempelvis ved å medføre behov for parallelle operasjoner/aktiviteter. Vurdering av støyreducerende tiltak gjøres også opp mot produktions-/effektivitetskonsekvenser. Samtidig erkjenner noen informanter at tradisjonelle byggeprosesser og perspektiver begrenser arbeidet med å flytte støyreducerende tiltak fra den spisse enden til planlegging/design, og at det kan være potensial i å ha et mer aktivt og bevisst forhold til støy i prosesser og retningslinjer/regler i tidligere faser. En representant for BHT reflekterer rundt dette:

«Men det har jeg jo sagt og i forhold til den SHA-planen, at jeg har tenkt at vi burde hatt noen flere folk og så burde vi vært mye mer aktivt inne i den ifra tidlig fase. Da egentlig helt ifra tilbudsfasen når byggherre kommer med den i første omgang. Så sett på om vi er enig i det som står der og har de pekt på de riktige tingene ut ifra det entreprenørene og fagfolk hos oss vet om hva som kommer til å være utfordringene fremover og det vi har jobbet med de siste årene.» (BHT, Entreprenør)

Sitatet over understreker videre hva flere informanter forteller, at fagområdene HMS/BHT ikke er involvert i prosjektering og planlegging, og heller ikke har påvirkning på valg av utstyr. BHT opplever å bli møtt med manglende forståelse for hvilken nytte tidlig involvering av disse fagområdene kan ha, slik informanten fra BHT senere beskriver:

«Vi snakket med prosjekterende, eller en representant for prosjekterende, da. Så nevnte vi da viktigheten av det med å dra inn BHT, men da ble de veldig låst: "Ja, men vår BHT jobber jo bare med folk på kontor." Altså, det er et eller annet her med hva du forbinder med din egen BHT og at deres kunnskap blir på en måte bli styrende for tanken om hva BHT kan tilføre.» (BHT, Entreprenør)

Sitatet synliggjør behov for økt samhandling og bygging av kunnskap om andre aktørers roller og mulige bidrag i prosjekter. Per nå synliggjør sitatene at den potensielle verdien av tidlige involvering av disse fagområdene i stor grad forstås kun av de selv.

I den grad støy er tema i tidlige prosjektfaser i dag handler det om støy mot tredjepart, både under bygging og etter at prosjektet er ferdigstilt. Dette gjelder både prosjekterende og byggherre. Faggruppene innen prosjektering, har ikke detaljkunnskap om arbeidsutførelse. Og fokus er på resultat, ikke prosess. I denne fasen er det ikke et bevisst forhold til og kunnskap om støyeksponering (inkludert kunnskap om krav og regelverk).

Dialog og samarbeid med byggherre, blir påpekt av en rekke informanter, som viktig for å få fokus på støy i tidlige faser. Dette er imidlertid utfordrende ettersom byggherre oppleves å være opptatt av andre ting enn utførende. Det oppleves også å være lite samarbeid mellom BHT og byggherre, og at det er behov for å vurdere etablering av formelle samarbeidsrelasjoner for å «tvinge frem» samhandling for å etablere felles forståelse mellom aktører og prosjektfaser. Denne erfaringen deles også av SHA-rådgivere slik det kommer frem i det følgende sitatet:

«Det er jo egentlig en veldig lik tanke som vi jobber med i SHA. Altså at man skal ta bort faren eller at man skal prosjektere seg ut av det. (...) Men det jeg opplever, da, er vel egentlig lite fokus mot det, og heller ikke veldig interesse ... Ikke enda, i hvert fall.» (KP/SHA-rådgivere, Entreprenør)

Det betyr ikke at enkelte byggherrer ikke reflekterer rundt dette. En informant som representerer en byggherre reflektere både rundt ansvaret, forflytning av ansvar og at det faktisk kan være en gevinst også kostnadmessig med å ta inn eksponering knyttet til helse i tidlig fase:

«Altså, vi sitter på kontor, på en måte, så det er jo resten av verdikjeden eller neste ledd og neste ledd som får konsekvensen på en måte av våre valg, da det ikke er våre egne ansatte. Det vil jo være andre ansatte som vi ... Ja, vi ved å ikke ta hensyn til eller ikke gjøre det. Eller bare videreføre ansvaret. Så ... Men hvis du skal få det med, så må det i hvert fall inn tidlig. Det er da du har muligheten til å ta noen grep, og det er da mest sannsynlig kostnadskonsekvensene blir minst også, og derfor er det meste sannsynlig at det blir gjennomført. Sånn er det jo, dessverre.» (Byggherre)

Noen informanter diskuterer behovet for og den potensielle nytten av en mer systematisk stegbasert metodikk med definerte kriterier og vurderinger når det gjelder arbeid med støy gjennom alle prosjektfaser. På denne måten kan arbeidet med støy bli knyttet tettere til den overordnede faseinndelingen av prosjekter, og få et mer bevisst forhold til reduksjon av støyeksponering i de ulike fasene, samt overføring av restrisiko mellom faser. Bruk av en mer systematisk metodikk vil gjøre det lettere å skape forståelse av at alle har ansvar for reduksjon av risiko, ikke kun utførende. Dette inkluderer informasjonsflyt, evaluering og rapportering, som kan bidra til økt bevisstgjøring av aktører med roller i tidlige faser, spesielt byggherrer.

Bransjespesifikke utfordringer

Prosjekter i bygg- og anleggsbransjen kjennetegnes av stadige endringer. Sammenlignet med andre bransjer, som opererer i mer stabile omgivelser, skaper dette utfordringer for gjennomføring av støykartlegginger og bruk av oppdaterte støydata. I tillegg oppleves risiko som å være «innebygd» i bransjens oppgaver og prosesser, som bidrar til en holdning om at risiko til en viss grad ikke kan påvirkes, men må aksepteres.

Dette gjør det spesielt viktig å motvirke at holdningen «vanskelig å gjøre noe med» leder til at HMS/risiko ikke er et tema i tidlige prosjektfaser og at risiko blir overlatt til andre. Intervjuene viser at bransjen preges av en arbeidskultur i den spisse enden med aksept for risiko sett opp mot produksjon/fremgang og effektivitet, og dermed også opplevelse av HMS-relaterte tiltaksbehov, slik sitatet under gir en indikasjon på:

«(...) det er at det er ganske sterk indre justis i et sånt tømrerlag eller i et betonglag. Du er seks stykker, du skal få jobben gjort og du tjener penger på akkord. Det betyr at kanskje terskelen for å si ifra om sånn: "Du, jeg har vondt i skulderen nå. Nå har jeg stått og skrudd i taket i ukesvis. Kanskje jeg nå skal ta hendene ned og gjøre noe nede på gulvet istedenfor?" Det er nok litt indre justis i det.» (Entreprenør)

Bransjekulturen gjør dermed at HMS i størst mulig grad bør flyttes oppover/bakover mot prosjektering og planlegging for å unngå at ansatte som er risikoeksponert må ta beslutninger som omhandler balanse mellom risiko/HMS og effektivitet.

Prosjektene i bransjen kjennetegnes også av aktørmangfold, ulike kontraktstyper og ansvarsforhold. Dette gjør at det kan være vanskelig å få oversikt over andre virksomheters arbeid med støy og støykunnskap, samt felles tiltak rettet mot reduksjon av støyeksponering.

3.2.3. Muligheter og utfordringer for «støy i BIM»

I tillegg til å beskrive forhold rundt støyeksponering og arbeid med risikoreduserende tiltak, ble informantene utfordret til å diskutere muligheter og utfordringer ved bruk av BIM for reduksjon av støyeksponering for ansatte i BA-prosjekter. Resultater fra dette presenteres nedenfor.

Mangfold: Forskjell i BIM-bruk mellom ulike prosjekter

Det er stor variasjon mellom prosjekter innenfor bygg- og anlegg, inkludert i hvilken grad og hvordan BIM brukes. En BIM-rådgiver sier følgende:

«Det meste på bane, det meste på infrastruktur og veiprojekter og lignende, som har en type gjennomføringsmodell og en tilknytning til et verktøy som gjør at du kommer litt for kort på BIM-en, på en måte. (...) Så vi har snakket veldig mye om det å jobbe i bygg og anlegg, altså med rene bygningsprosjekter, det er som å jobbe i medvind, fordi der har du gode BIM- prosjekter og prosjekteringsvarer på verktøy som på en måte støtter i prosessene hele veien, da.» (BIM-rådgiver)

Erfaringen over omtales av flere, der informantene sier at det er til dels store forskjeller mellom byggeprosjekter og anleggsprosjekter. I førstnevnte er det større grad av standardisert bruk av BIM, hvor ulike teknologier/systemer kan samvirke og hvor det er definerte prosesser.

Sammenlignet med dette er anleggsprosjekter mindre standardisert og «umodne», og dette kan skape utfordringer for håndtering av grensesnitt mellom aktører og faser. Eksempelvis nevner en informant at ulikheter i systemer, teknologisk modenhet og presisjon skaper utfordringer med å integrere leveranser fra byggeprosjekter og anleggsprosjekter, ettersom dette ofte vil kreve bruk av flere systemer som ikke nødvendigvis er fullt ut kompatible uten tilpasninger av datagrunnlag. Relatert til dette kan det være uklart hvilken kompetanse som kreves, og hvordan denne skal videreutvikles, slik en rådgiver formulerer det:

«Man har et grensesnitt da, hvor man f.eks. lager bygninger med alt som er av elektro og rørføringer og alt sånt, til én meter ut av veggen. Så stopper man på en måte prosjekteringen der, og så må man på ett eller annet vis klare å sammenstille det som skjer utomhus og det som skjer i bygget i et kanskje tredje verktøy, da, for å kunne klare å få dette til (...) Og det gjør jo det veldig vanskeligere å utvikle kompetansen hos medarbeiderne også, fordi du vet ikke hvor du skal sende dem eller styre dem i forhold til hva som er viktig å lære seg. Så det har vært en stor utfordring.» (BIM-rådgiver)

Ifølge informantene er det også ulik aktørsammensetning og ulike ansvarsområder mellom bygg og anlegg. Fra en entreprenørs perspektiv erfarer man et større behov for samordning i byggeprosjekter, sammenlignet med erfaringen fra anleggsprosjekter:

«I bygg-sammenheng, det er jo at prosjekteringsgruppene gjerne er sammensatt av folk fra et knippe forskjellige firmaer, så da har de i mye større grad behov for ... Eh ... Eller [Navn, Entreprenør] da, som på en måte er eier av den prosessen, har mye større behov for at dette her er i ordna former og at det er en gjennomføringsmodell på det, for ellers så blir det i hytt og gevær og det kommer input og ulike som snakker sammen og sånn. (...) mens i anlegg så benytter vi oss gjerne av enkelte store rådgivingselskaper, som har sin gjennomføringsmodell. De er da ansvarlig for hele BIM-leveransen og så har de sine egne retningslinjer. Så det kommer jo mye mer "ferdigtygget" fra den store rådgiveraktøren i anleggs-sammenheng enn hva det gjør på bygg, hvor du egentlig må hale i og dra for at det skal bli riktig». (Prosjektering, Entreprenør)

Perspektiv på og nåværende bruksområder for HMS/støy i BIM

Støy – og egentlig HMS som sådan – er tema som i liten grad diskuteres med grunnlag i eller ved bruk av BIM. Likevel anses det ikke å være noen begrensninger i hvordan BIM kan brukes, slik sitatet under viser:

«Men det er jo en utvikling underveis på BIM-modellen. Man har jo forskjellige ... Altså, man snakker jo om ulike MMI-nivåer⁵ ikke sant (...) Det er i forhold til ferdiggraden på modellene og hvilken informasjon som ligger i modellene. Så det er jo et verktøy som man starter med allerede på et ganske lavt modenhetsnivå, da. Man jobber med modellene og bruker dem aktivt i dialog og i møte. Møter som da både er knyttet til prosjektering, men også det som handler om planlegging og produksjon (...)

⁵ <https://mmi-veilederen.no/>

Så er jo det ingen begrensning på hvordan du kan ta BIM og bruke det igjen som grunnlag inn i andre type prosesser. (...) når BIM-en får en viss ferdiggrad, så brukes BIM-modellen også som input i andre prosesser rundt». (Prosjektering, Entreprenør)

Hvordan BIM brukes beskrives videre i det samme intervjuet:

«På samme måte som [Navn] bruker verktøyet til å forstå omfanget av oppgavene som skal gjøres, så vil jeg jo si at modellen stort sett brukes som en måte å orientere seg i hva man skal etablere og sånn sett ... Det er en kommunikasjons ... eller en base for diskusjon. Det er ganske lite at HMS-risikoene legges inn i programvaren.» (Prosjektering, Entreprenør)

Mer overordnet vurderes bruksområdene for HMS i BIM i hovedsak med utgangspunkt i mulighetene som ligger i ferdig BIM-modell og i tilknytning til operativ fase. Dette handler om bruk av moden modell som grunnlag for identifikasjon, kommunikasjon og diskusjon. Her beskriver informanter at BIM-modeller brukes i risikovurderinger av arbeid og ved SJA (sikker jobbanalyse) i planlagt arbeid, ved oppgaveendringer og/eller når teamdeltakerne ikke er kjent med hverandre. BIM brukes også i vernerunder og til rapportering og dokumentasjon. Et eksempel på bruk synliggjøres også i sitatet under, som beskriver hvordan BIM er egnet til å visualisere og få frem konkrete arbeidssituasjoner:

«Vi har med folk som er gode på å kjøre modellen, så de kan på en måte ha en sånn "walk-through" (...) Man lager en person som går gjennom objektet og som stopper opp der vi vet at man skal ha tilkomst til ting og gjøre ting.» (KP/SHA-rådgivere)

Utfordringer ved bruk av BIM til reduksjon av støyeksponering

Informantene tar opp flere forhold ved dagens situasjon som representerer utfordringer ved å bruke BIM til reduksjon av støyeksponering. Dette handler om arbeidsutførelse-/metodikk, organisering og kompetanse. Når det gjelder sistnevnte, nevner flere informanter at personell innenfor henholdsvis BIM/modellering og HMS/BHT har begrenset kompetanse om hverandres fagområder, og at dette fører til en begrenset forståelse av bruksområder og nyttepotensial. De to følgende sitatene understreker hvordan dette ser ut fra henholdsvis de som jobber med og som kan BIM, og fra SHA rådgivere:

«Men så kan du jo si at litt av hovedutfordringen her, er at de som sitter og utarbeider for eksempel HMS, de har ikke erfaring med å modellere. Så det er veldig vanskelig for dem å være kreativ på vegne av faget sitt i forhold til å løse utfordringene som kommer.» (BIM-rådgiver)

«Nei altså, jeg er jo ikke noe ekspert på BIM-modellering, så der måtte jeg ha litt hjelp. Så da fikk jeg en ung og lovende kar til å hjelpe meg. Så jeg tegnet inn de punktene inn i et 2D-GIS-kart og så la han det inn i modellen for meg.» (SHA-rådgiver)

De som har lang erfaring og god kjennskap til BIM peker på viktigheten av å forbedre samhandling mellom fagområder, og at HMS/BHT kommer inn tidligere i modelleringsprosessen. Bedre integrering og samhandling med andre fagområder krever økt BIM-kompetanse og tilpasning av arbeidsmetodikk. Som sitatet under viser, er det sentralt å kunne jobbe og forstå modellering og BIM og det å få informasjon inn i modellene:

«Det som kan bli utfordringen er at SHA, RAMS⁶ eller andre kommer og så spør de: "Hvordan kan vi løse dette i modell? Hvordan kan vi kommunisere til de andre fagene om at de her faktisk må være obs på de tingene osv.?" Da er liksom svaret: "Legg det inn i modellen og kommuniser det". Det er den eneste måten de andre fagene eventuelt vil få det med seg på.» (BIM-rådgiver)

Erfaringene er videre at å arbeide i ulike systemer gjør barrierene større for å hensynta innspill og bruke kompetanse på tvers. Dette ses opp mot når i prosessen HMS-personell- og perspektiv kommer inn, og hvordan opplevelse av nytte vs. belastning kan påvirkes. Den samme informanten som sitert over beskriver følgende:

«For man ser jo også at hvis man legger det inn i styringssystem i forhold til rapporter og dokumenter og sånt som skal leses, så ... Ja, det står der, men det er ikke sikkert at det blir fulgt når man først setter seg ned og begynner å modellere. (...) Så kommer de inn og så har de kanskje en liten sånn workshop på sikkerhet og så endrer de jo hele prosjektet. Ikke sant? Så da handler det jo om å klare å kommunisere ganske generelle ting tidlig i modellen, da» (BIM-rådgiver)

Det vil imidlertid være en balanse mellom nytte av tidlig involvering av HMS/SHA og risiko for at stadige endringer i bygning og digital modell gjør at involvering av HMS/SHA i modellering kan oppleves å medføre økt kompleksitet og merarbeid.

Utfordringer og behov for integrering av arbeidsmetodikk og systemer, og bygging av tverrfaglig kompetanse og forståelse er imidlertid ikke begrenset til koblingen mellom BIM og HMS-miljø, men omhandler fagområder og aktører i alle prosjektfaser. Behov for kunnskapsutvikling og fokus på dette fra prosjekt- og virksomhetsledelse blir i denne sammenheng trukket frem som viktig, og det er ifølge enkelte informanter slik at både prosjekteringsledere, oppdragsledere og rådgivere har for lav kompetanse, og ikke alltid er i stand til å lese og sjekke modeller. Dette kan igjen medføre at de ikke ser nytteverdien av å inkludere andre fagområder og få dette i modell.

Det er også teknologiske og prosessuelle utfordringer knyttet til kobling mellom aktiviteter på byggeplass og planleggingsverktøy. Det er eksempelvis ressurskrevende å få til en «live»-oppdatering av modell som viser fremdrift med utgangspunkt i aktiviteter som gjennomføres på byggeplass, og dette reduserer mulighetene for å vise sammenheng mellom hvordan byggingen var planlagt og faktisk bygging, inkludert HMS-forhold (f.eks. støyeksposering). Dette har blant annet med datamengde (tunge modeller) og krav til maskinvare.

Det kan videre være en utfordring at det eksisterer flere modeller avhengig av aktører og prosjektfaser. Modell utarbeidet tidlig i prosjekt blir ikke nødvendigvis brukt som arbeidsgrunnlag videre. Dette er blant annet en erfaring som SHA-rådgivere peker på:

«Så tror jeg og at akkurat det der med modell er utfordrende for (...) Det er jo ikke gitt at den modellen som brukes i prosjekteringsfasen er den modellen som det bygges etter. At man kan miste noe underveis, da. Modellen følger ikke alle fasene, ikke

⁶ RAMS: Reliability, Availability, Maintainability, Safety (på norsk: pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikeholdbarhet, sikkerhet). Her brukt som en gruppe fagpersoner eller en rådgiver som har dette som ansvarsområde.

nødvendigvis. Den kan sikkert gjøre det, men veldig ofte så er det totalentreprenørene som bygger ny modell. Da kan du jo miste noe av disse gode tingene med HMS, hvis man ikke er bevisst på det.» (SHA-rådgiver)

Dette kan gjøre at informasjon mistes og at koblingen mellom aktører og faser blir vanskeligere. Det blir også trukket frem at det ikke alltid er en tidslinje i modeller, som er en forutsetning for visning av fremdrift.

Relatert til dette brukes ulike verktøy i ulike fagområder, og overføring på tvers av fag og faser kan være utfordrende. Dette henger sammen med at det i stor grad eksisterer adskilte (faginndelte) arbeidsprosesser. For eksempel kan en støyberegning komme som en tegning med tallverdier, mens prosjektering jobber i modeller, noe som betyr at de som beregner støy bare gjør en jobb på siden. Mer samhandling etterspørres derfor, også formulert som «å berike hverandres prosjektering og hverandres modeller.»

Systemmangfold og adskilte arbeidsprosesser er nevnte utfordringer for dataflyt og integrasjon, og som kan skape merarbeid/behov for manuelt arbeid. Det er også vanlig at hvert fag kun fokuserer på egne modeller i daglig arbeid og dermed velger bort data/informasjon fra andre fag som kan være relevant input til arbeidet. Fagspesifikt eierskap til og bruk av data og modeller kan dermed gjøre det vanskelig få et helhetlig fokus og en databasert samhandling. Dette medfører – som sitatet under viser – at de dersom det er rom for å legge HMS-risiko inn i modell, så kan denne risikoen likevel bli oversett:

«Jeg vet ikke hvor mye verdi vi synes det var i det. Det var mer arbeid enn det var verdi i å legge det inn. For de som prosjekterer, de slår jo av alle fagmodellene som de ikke er interessert i. Så da så de jo den bare hvis vi hadde lagt den inn og hadde et nytt oppfølgingsmøte.» (SHA-rådgivere)

Potensial ved BIM

Informantene opplever at det er stort potensial for å bruke BIM i arbeid med reduksjon av støyeksponering for ansatte i bygge- og anleggsbransjen. Dette knyttes til mulighetene for å utnytte BIM til planlegging av aktiviteter. Dette kan eksempelvis være å få oversikt over og i størst mulig grad begrense aktivitet i støyende områder. Flere informanter peker på verdien og effekten av visualisering for å effektivt formidle risiko sammenlignet med andre metoder (eks. muntlig eller tekstlig formidling):

«Men hvis vi kunne utvidet den digitale tvillingen til å putte inn sånn at hvis det f.eks. er en rødfarge, så kommer du til et område der du blir utsatt for en risiko knyttet til sikkerhet. Er det brunfarge, da er det arbeidsoperasjon du skal gjøre som er knyttet til fremdriftsplanen i den digitale tvillingen, knyttet mot støy. For du visualiserte både hvordan bygget skulle se ut, altså når du bygget det oppover, du ser bygget blir bygget foran deg på skjermen, men også å kunne visualisere hvor det er vi har de største HMS-utfordringene.» (Entreprenør)

Relatert til dette kan BIM brukes som verktøy for utforming og organisering av byggeplass. Visualisering av utstyr, aktiviteter og støynivå kan skape grunnlag for planlegging for optimal plassering av utstyr og gjennomføring av arbeid. En informant har klare tanker om hvordan vedkommende kunne tenkt seg å bruke en BIM-modell:

«Jeg kunne jo tenkt meg å ha hatt BIM-modellen og så hadde jeg trykt på en egen som het "støy". Altså, en støymodul som hadde vist støybildet mitt. Da er tanken litt sånn helt ifra byggegrop da, hvor du da har plassert ut utstyr. For jeg vet verdiene og jeg vet hvor langt unna du skal være for å være innenfor "safe zone" og alt dette her, da ...» (Entreprenør)

Mulighetene som ligger i bruk av teknologi for å få en mer systematisk og klart definert prosess for samhandling innebærer videre potensial for bedre avklaringer og involvering av relevante aktører i tidlige prosjektfaser og dermed mindre behov for samordningsarenaer i senere prosjektfaser. Det pekes her på både mindre behov for prosjekteringsmøter og bedre bruk av tid.

I tillegg til bruksområder i planlegging- og utførelse av prosjekter, er det også potensial for å bruke BIM som verktøy til evaluering, læring og dokumentasjon på HMS-forhold etter at bygget er ferdig.

Rammebetingelser for bruk av BIM

I intervjuene diskuterer informantene forhold som har betydning for i hvilken grad og på hvilken måte BIM kan brukes for reduksjon av støyeksponering i bygge- og anleggsprosjekter. Et punkt som flere informanter tar opp er tids- og ressursbegrensninger, og medfølgende behov for stramme prioriteringer for hva som vektlegges. Dette knyttes også til nødvendigheten av samhandling og kompetanseutvikling på tvers av fagområder for å sikre HMS-fokus gjennom alle prosjektfaser, slik sitatet under viser:

«I mange prosjekter så har vi jo ofte veldig begrenset med tid. Det er ikke noe fulltids ... Vanligvis er jo vi ikke noe fulltidsengasjert i de oppdragene vi er i. Det er få som er det. Så det vil nok ta lengre tid. Så vi må ha lengre tid og vi må ha mer kompetanse, eller noen som kan hjelpe oss med det.» (SHA-rådgiver)

Relatert til behov for prioriteringer som følge av tids- og ressursbegrensninger fremhever også informantene rollen til byggherrer. Dette handler om krav som stilles, hvilke føringer som gis og hva som vektlegges i prosjektene, og som dermed skaper grunnlag for prioriteringer som gjøres av andre aktører. Byggherrer kan gjennom føringer før prosjektoppstart (i anbudprosesser og dialog med tilbydere) og i tidlige prosjektfaser fungere som pådriver for bruk av BIM, inkludert bruk av BIM for reduksjon av HMS-risiko. Det påpekes også at det er store forskjeller mellom byggherrer både når det gjelder kompetanse og villighet til å bruke ressurser på BIM/digital prosjektgjennomføring, og dermed også krav som stilles på dette området. Dette bidrar til variasjon i BA-prosjekter når det gjelder kompetansebehov og teknologibruk, og dermed også arbeidsprosesser og prosjektgjennomføring. En informant som jobber med prosjektering hos en større entreprenør beskriver dette slik:

«Det er veldig opp til byggherre der. [Selskap 1] har det som et krav, altså det med 4D- og 5D-modellering. Ikke sant? For å legge i kvalitetsavvikene også i BIM-modellen i sine kontrakter. Mens [Selskap 2], [Selskap 3] og [Selskap 4], de er ikke der, for de er på 3D. Det er jo egentlig mulig å legge til mange dimensjoner i BIM hvis du bare vil og utvikler det, men foreløpig så er det bare [Selskap 1] som er inne på den tanken (...) Det er jo de som er tilrettelegger og det er de som stiller kravene. Vi gjør jo ikke mer enn det som blir krevd. Det er jo som alle andre næringsdrivende: vi leverer jo ikke mer enn det de vil ha (...) Det er ganske stor variasjon i forhold til hvilke forventinger byggherre har til BIM-bruk.» (Prosjektering, Entreprenør)

3.3. Resultater fra pilotering av teknologi

I dette delkapitlet presenteres resultater fra pilotering av teknologien, som ble gjennomført i form av arbeidssamlinger med relevante aktører i bygg- og anleggsprosjekter. Det ble gjennomført to piloteringsrunder.

3.3.1. Test av pilot 1

Versjon 1 av metodikken ble presentert og diskutert i fire arbeidssamlinger med representanter fra ulike aktører (byggherre, rådgivere og utførende). Hensikten var å få innspill på bruksmuligheter og -begrensninger, vurderinger av nytteverdi og nødvendige tilpasninger som kreves.

Bruksområder – hvordan kan teknologien utnyttes?

Deltakerne mente at metodikken som ble presentert kan gi en illustrativ oversikt over støy og bidra til økt forståelse av støyeksposering.

Metodikken kan brukes til planlegging av konkrete aktiviteter som er forbundet med støy, eksempelvis tipp av pukk, spunting, etc. Dette kan gi økt bevissthet for støy i planlegging, slik en deltaker beskrev det: *«jeg kan jo se nytten av dette her i en planleggingsfase. (...) Altså, i sånne overordnede, store ting, så kan jeg se nytten av dette her.»*

Et alternativ kan være å knytte metodikk til eksisterende 3-ukersplaner som inneholder informasjon om hvilke virksomheter (entreprenør/underentreprenør) som skal gjennomføre ulike aktiviteter. Dette kan gi en visuell oversikt over forventet støy for ulike aktiviteter, og brukes for å varsle gjennomføring av støyende aktiviteter (gi beskjed til personer som skal arbeide i samme område). Et eksempel på en slik nytteverdi synliggjøres i sitatet under:

«Og det å planlegge for sånne typer hendelser, da. Men der kan det jo også være et behov for å varsle sånne hendelser og så si at: “Nå skal vi tippe.” Så da kan liksom de som jobber i nærheten få beskjed om det, da. For eksempel: “Ta en pause på fem minutter, så slipper dere å bli belastet”. Så man kan jo med veldig stor nøyaktighet planlegge seg bort fra sånne uønskede hendelser.»

Deltakerne ser i mindre grad mulighetene for bruk av metodikken i prosjekteringsarbeid, og trekker frem flere forhold som kan representere utfordringer. Prosjekterende har ikke i dag et bevisst forhold til planlegging/organisering av oppgaver med mål om å redusere støyeksposering. Videre er mye i prosjektering sikkerhetsstyrt; mange løsninger er «låst», en kan eksempelvis ikke alltid velge å grave åpent i stedet for å spunte pga. sikkerhetshensyn. I slike tilfeller må støyrisiko nedprioriteres og håndteres lenger nede i pyramiden.

Påvirkningsmulighetene for prosjekterende er også i stor grad avhengig av entrepriseform; det kan være relativt tette skott mellom aktører, hvor prosjekterende kan ha en ren rådgiverfunksjon. Det er videre en utfordring at mange uforutsette ting skjer underveis i byggeprosjekter og må håndteres/løses i senere faser. Deltakerne nevner i denne forbindelse at det ikke er uvanlig at entreprenør gjennomfører oppgaver i en annen rekkefølge enn prosjekterende ser for seg. Prosjekterende har heller ikke nødvendigvis oversikt over alt utstyr/anlegg som utførende setter opp og bruker, eks. knuseverk/steinsortering. Et annet punkt som nevnes er at prosjekterende har

begrenset kunnskap om støy og aktuelle grenseverdier, og derfor trenger hjelp fra støymiljø for å få dette.

Likevel mener deltakerne at det er interessant å vurdere hvilke tiltak som kan være mulig og hensiktsmessige, da det av og til er mulig å velge metoder som støyer mindre, men som også er dyrere. Det er dermed mulig at prosjekterende kan bidra til å påvirke valg av utstyr og metoder basert på kunnskap fra bruk av teknologi, men deltakerne poengterer i denne forbindelse at dette må skje i dialog med byggherre/kunde, ettersom det er de som bestemmer ressursrammer for prosjektet. Støykart som viser støyrisiko for forskjellige metoder i tidligfase, kan være et alternativ for å illustrere overfor kunden hvilken støyeksponering ulike valg innebærer. Basert på dette kan en legge opp til mulighet til å flagge støyende løsninger og velge alternativer (støysvake løsninger), og/eller planlegge for å bruke naturlig støyskjerming, eksempelvis ved bruk av voller.

Når det gjelder byggherrens rolle og krav som stilles til prosjektaktører, fremhever deltakerne at det er forskjeller mellom byggherrer; noen tar ansvar, mens andre dytter ansvaret nedover og overlater oppfyllelse av HMS-krav til entreprenører. Det er et overordnet/grunnleggende poeng at det må komme et ønske eller bestilling fra kunden om å vektlegge støyrisiko. Slik er det ikke i dag.

Deltakerne i disse workshopene knytter dette videre til hva de blir målt på og hva som faktisk eksisterer av mål. Her refereres det til H-verdier slik de benyttes i dag, som er mål på personskader, men som ikke omfatter konsekvenser som helseplager:

«Altså, hva er det vi blir målt på? Vi blir målt på skader som gir fravær, skader som gir dødsfall. H1 og H2 er ... Det er et direkte resultat av at det er ... Våre H1-tall må være på et visst nivå for at vi skal få lov til å være med i konkurransen i det hele tatt. Det er så enkelt, egentlig. (...) Og så er det jo klart at det har jo kanskje også noe med hvordan man rapporterer. At den er så seindrektig den støyskaden at den ikke havner inn under noen H2-kategori, men at man burde hatt en egen sånn H3-kategori, som handlet om kronisk sykdom eller uførhet.»

Når det ikke finnes gode mål på helserelaterte konsekvenser av arbeid, så vil det heller ikke inkluderes som et krav i anbudskonkurransene, og dermed får det også mindre fokus slik deltakerne ser det.

Byggherre er imidlertid ofte opptatt av støyrisiko for tredjepart:

«Så saken er bare at vi gjør det for en tredjepart. Så når man lager disse støykartene så har man ikke behov for å putte det inn i noen modell, på en måte. For modellen gjelder jo på byggeplassen, mens vi ser jo på det som er utenfor byggeplassen.»

Aktuelle spørsmål er i denne forbindelse er hvorvidt og på hvilken måte det er mulig å koble sammen visualisering og håndtering av støyeksponering for tredjepart med risiko for ansatte, og hvordan dette eventuelt kan etableres som prosess og perspektiv i prosjektarbeidet for å utnytte synergipotensialet. Deltakerne nevner i denne forbindelse at støydata kan legges på maskiner for beregning og formidling av støy mot tredjepart, og at prosessen vil være den samme ift. støy på arbeidsplassen. Ved tredjepartsvising vil en imidlertid ikke ha behov for å integrere støydata- og visualisering med øvrige elementer i BIM.

«For det blir jo litt det samme som vi gjør, for vi beregner jo også støy til tredjepart. Da plasserer vi jo støykildene innenfor området og ser hva det gir til omgivelsene. Vi gjør

jo ofte det i bygg- og anleggsfasen (...) Det har vi jo kanskje ikke snakket nok om, da. Det er ikke to forskjellige prosesser, det er jo samme prosessen.»

Når det gjelder potensialet for bruk av metodikken for ulike arbeidsområder- og prosesser (avgrenset til arbeid med byggegrep), mener deltakerne at spunting er et eksempel på en relevant aktivitet for bruk av metodikken. Det vil være relativt enkelt å «tagge»/legge til støynivå som parameter på spunt ettersom spuntålene ligger i modellen allerede, og støynivå kan da vises som sirkler rundt alle spunter som aktiviseres basert på fremdrift. Dette forutsetter data på tidslinje/fremdrift som entreprenør styrer. Det er her potensial for å knytte dette til treukersplan.

«Så hvis du hadde hatt en sånn type modell så kunne du sagt at: "nå aktiviserer vi disse spuntålene nå for denne perioden, og så får du de ringene automatisk som kommer ut". (...) Det som er fordelene med det, er at når du har alle spuntålene og åpner opp modellen, så legger du bare på en støyring på en av spuntene og da har du gjort det for alle sammen (...) Hadde de da hatt den spuntmodellen liggende inne koblet til treukersplanen sin, så hadde vi jo vært i mål, ikke sant. De sier at "nå skal vi ta de spuntene". Da hadde ikke de trengt å gjøre noen vurderinger lenger, for da ligger jo verdiene inne på elementene. Om det så er rørsputt til boresputt eller hva.»

Et bruksområde kan være å gi entreprenør modell som tilbudsgrunnlag og beskjed om støynivå for ulike objekter og selv gjøre vurderinger basert på dette (eks. inkludere støy som parameter i valg av spunt ved å synliggjøre støynivå for ulike typer spunter). Det vil imidlertid alltid være en kost-/nytte-vurdering når det gjelder hva som tas inn i modellen, og i denne forbindelse vil regelverk og krav fra byggherre spille en avgjørende rolle. I dag er ikke støy et tema som kommer opp i en tilbudsfasen, men heller løses etterpå. Et relevant spørsmål er dermed hvorvidt og hvordan støy (synliggjøring av risiko) kan fremmes som et konkurransefortrinn i innledende faser, noe som enkelte var inne på at det faktisk kan være:

«Men det er definitivt et fortrinn, ja. Det er jo ofte sånne prosesser som på en måte aldri kommer opp i dagen eller som engang blir diskutert i en tilbudssituasjon. Det er liksom utfordringer man løser underveis, etterpå. Definitivt. Så ja, det er interessant det.»

Også bergsikring kan være et mulig bruksområde, ved å legge til støynivå på bolter. Sammenlignet med spuntåler er det imidlertid ikke like ofte at bolter ligger i modellen. Generelt sett er det potensial i å se på oversikten og støykilder og vurdere hvorvidt og hvordan objekter kan berikes med støydata.

Deltakerne mener at gravearbeid er et eksempel på aktivitet som er mer utfordrende enn spunting når det gjelder potensialet for bruk av teknologi. Graving er mindre låst til tid og sted. Det er i dag en grov inndeling av soner og områder for gravearbeid; det en forholder seg til i planlegging er i hovedsak dagens situasjon og hvordan situasjonen er ved ferdig utført arbeid. Prosessen mellom disse punktene er lite planlagt; en deler ikke arbeidet opp i faser i arbeid med masser. En mer nøyaktig visning av støyrisiko krever dermed mer nøyaktig oppdeling/«gridding» av områder i modellen, og dette vil kreve en del arbeid og kostnader.

Et siste bruksområde er visualisering av muligheter for bruk av støyskjerming på byggeplass, for eksempel etablering av voller eller plassering av containere/brakkjer for hindre støyen i å spre seg på hele området.

Kobling mellom metodikk og arbeidsprosesser

Generelt sett fremhever deltakerne at det er viktig at metodikken systemet er oversiktlig og enkelt forståelig. Dette er en forutsetning for adopsjon og bruk hvor metodikken får en sentral rolle i arbeidsprosessene. Det er også sentralt at bruk av metodikken ikke er til hinder for andre oppgaver og krever ressurser som gjør at det går på bekostning av fremdrift i prosjektene. I denne forbindelse sammenlignes helseforhold med annen risiko (sikkerhet) som igjen settes opp mot økonomiske forhold, slik det fremkommer i dette sitatet:

«Så er jo det dessverre sånn at støy på en måte ... Mennesker faller ikke ned eller huset faller ikke ned eller noe sånt. Så da blir det ofte slik at det blir for kostbart å drøye ut tiden eller gjøre andre tiltak. (...) Så det er litt sånn dessverre i forhold til det. Det finnes jo en grenseverdi for ting, men det er ikke viktig nok eller verdt nok på et vis. At det er ikke noen som dør eller noen bygg som får riss eller noe sånt.»

En må derfor legge opp til arbeidsprosesser/teknologibruk som ikke medfører store endringer. Jo høyere detaljeringsnivå modellen har, desto mer ressurskrevende vil det være å gjennomføre endringer. Som sitatet under viser, kan det medføre økte kostnader for kundene:

«Så må vi legge opp til arbeidsprosesser hvor det ikke blir kostbart å endre, fordi da ønsker jo ikke kunden å gjøre det. Hvis det blir prosjekteringskostnader på det, så er jo ikke det så veldig aktuelt (...) Har du kommet langt i detaljeringsnivået i modellen og så skal du endre det, da koster jo det flere timer med en gang.»

Prosjekteringsleder/objektleder har det overordnede ansvaret og skal koordinere den tverrfaglige prosjekteringen. Det er da naturlig at første steg vil være å identifisere hvilke fag som er aktuelle å gjøre vurderinger ift. støy, og involvere relevante fag. Fagene vet imidlertid ikke nødvendigvis hvilke tiltak som er mulig, og det er også variasjon mellom prosjekter mht. spesialisering og oppdeling i fag og ansvar. Det nevnes at «anleggsgjennomføring» vil være et sentralt fag som det er aktuelt å involvere. Deretter kan det gjøres vurderinger av alternativer og hvordan det evt. skal implementeres i modell. Det er viktig at støymiljø kommer inn tidlig, og det kan være nyttig å bruke kontrollhierarkiet (se [manual](#) for beskrivelse) som grunnlag for å vise alternative tiltak på ulike nivåer. Dette vil også øke bevisstheten om at tiltak høyest mulig i hierarkiet er ønskelig. I dag kommer som regel støyberegninger inn veldig sent (etter at valg er tatt) og dermed vil tiltak havne langt ned i hierarkiet. Det er en erfaring som inkluderer flere fagområder:

«SHA, HMS, RAMS og de som ofte blir litt sånn stemodig behandlet i prosjekteringen dessverre. Også fordi at de ofte ikke har fysiske objekter, de sitter kanskje ikke i modelleringsverktøyene og modellerer på samme måte. Det gjør jo ikke akustikk heller, ikke sant. Så de produserer jo ikke noe annet enn beregninger som sådan, ikke sant. Så de har jo nødt til å ha et utgangspunkt. Da skjer det gjerne i et tidspunkt i prosjekteringen når de tingene er klare nok, og det er gjerne sent.»

Det er sentralt at støyproblematikk kommer inn i risikoanalysetenking- og prosesser fra start av (støy som faktor ved vurdering av alternative løsninger). Deltakerne mener det er mulig å endre prosedyrer for å sikre at eksponeringer som eksempelvis støy kan ivaretas tidligere i prosessen. Det gis eksempler på måter som støy kan inkluderes bedre:

«Men vi har også et sånt risk-BIM-prosjekt som pågår. Det er klart at vi der prøver å få til et gjennomgående risikovurderingsverktøy som kan dokumentere hva som skjer i ulike faser, og slik at du hele tiden – når du går gjennom en fase – så har du en restrisiko som skal

håndteres i forhold til neste fase. Det har vi ikke hatt tidligere. (...) Og det er klart at i en sånn setting, en risk-BIM-setting, så vil jo støy være en problemstilling på lik linje med andre problemstillinger som går på belastning for arbeidstakere. Nå har det jo kommet inn et eget punkt i byggherreforskriften som går på ergonomisk belastning. Du kan jo si at støy, selv om det kanskje ikke direkte går på ergonomi, så er jo det en faktor som påvirker helsetilstanden i hvert fall. Så der er det muligheter.»

Det nevnes imidlertid at arbeidsprosesser, inkludert samarbeidsomfang og muligheter, varierer mellom entreprisformer, noe som kan legge føringer for når og hvordan ulike aktører involveres.

Deltakerne trekker frem at det i dag brukes MMI i prosjektering på et av de store prosjektene. MMI sier noe om hvilke fag som må være klare til ulike tider (eks. «klart for tverrfaglig koordinering» som innebærer at en er ferdig med prosjektering av eget fag og kan så se på konsekvenser for andre fag og koordinere ift. potensielle utfordringer). Spørsmålet er om hvordan en kan få inn støyvurderinger som faktor i prosjekteringsmetodikken:

«Vi må ha noe ferdig før du kan gjøre det andre. Du må spunte før du kan grave og sånne ting. Så det handler jo egentlig bare om å planlegge det på en god måte og få inn de aksjonene når de trengs og når de kan få den inputen de trenger for å kunne gjøre seg ferdig. Så det er jo den tverrfaglige koordineringen. Det er jo kanskje den største utfordringen man har i alle prosjekter, det å få til god tverrfaglig samhandling, i hvert fall i forhold til når man trenger det.»

Deltakerne nevner videre at problemstillinger rundt samtidige arbeider er relevante, og at samhandling mellom entrepriser er et aktuelt tema. Et eksempel er når to entreprenører på samme prosjekt arbeider samtidig med driving av tunnel og graving. Da kan aktivitetene påvirke hverandre (lydmessig, selv om aktivitetene geografisk sett er avgrenset), samtidig som det er usikkerhet rundt grad og omfang av koordinering mellom entreprenørene. Det kan være hensiktsmessig å dele støyplaner/-modeller for bedre koordinering.

3.3.2. Test av pilot 2

Pilot 2, altså versjon 2 av metodikken ble testet ut og diskutert på en dedikert arbeidssamling og på et ordinært prosjektmøte. Dette var et samhandlingsmøte innenfor rammen av et stort boligutbyggingsprosjekt i Skanska. I tillegg til disse møtene har testingen inkludert samhandling internt i Skanska (ikke konkrete data på dette). Dette har inkludert opplæring av anleggsleder på verktøyet og tilrettelegging for det utvalgte prosjektet. Selve prosjektet er et boligutbyggingsprosjekt som har eksisterende boligmasse og infrastruktur tett på byggetomta, og som består av lavblokker og villaer, samt en vei med biler, fotgjengere og syklist. I tillegg er tomte lokalisert tett på et lokalt sentrumsområde, og støy til tredjepart har derfor vært et sentralt tema i prosjektet. Tomte er også trang, noe som gir få muligheter til midlertidig plassering av masser, f.eks. som støyvoll. Vi vil presentere erfaringer fra pilot 2 gjennom fire tema: 1) Brukergrensesnitt, 2) Bruksverdi, 3) Tilrettelegging for gode diskusjoner, og 4) Forslag til forbedringer.

Brukergrensesnitt

Tilbakemeldingen er at programmet er intuitivt og fint, og det er logisk oppbygd. Det pekes også på at skjermbildet i seg selv gir en fin visualisering som er nyttig, som i møtene raskt gir ideer til

bruk og diskusjon om støy. Støybildet som verktøyet viser, er heller ikke overraskende. Det oppleves å samsvare med erfaringene på plassen, sett fra anleggsleders synspunkt.

Anleggsleder ble gitt noe opplæring i bruk av verktøyet og i etterkant måtte han laste opp et oppdatert bibliotek. Med litt assistanse lot det seg gjøre. Den praktiske brukervennligheten ble illustrert på et senere møte. Her presenterte anleggsleder verktøyet selv, hvor møtedeltakerne fikk visualisert en konkret situasjon med pigging og piggemaskin satt inn modellen av byggeplassen. Anleggsleder kunne videre manøvrere i modellen, og på den måten visualisere en støyskjerming og en lossesone som kom på innsiden av boblen rundt en av maskinene. Møtedeltakerne fikk dermed en visuell illustrasjon av et område der de ansatte må bruke hørselvern dersom det skal losses samtidig som (i dette tilfellet) piggemaskinen er operativ.

Det som ble opplevd som utfordrende var at verktøyet – for å utnytte dette fullt og helt – krever en oppdatert og kraftig PC. Det er nødvendig for å kunne installere den programvaren som bidrar til at kan man manøvrere og jobbe i modell.

Visualiseringen i den versjonen som ble anvendt, gir noen begrensninger i bruk. Det ble pekt på at man kan bruke metodikken til å planlegge seg ut av noen situasjoner, men ikke alle. Boblene rundt de ulike maskinene er verdier som er hentet fra en tabell. De lar seg ikke endre dersom man endrer geometrien rundt støyen, som f.eks. det å flytte rundt på en støyskjerm i det visuelle bildet. Det betyr at man i liten grad får synliggjort den konkrete effekten av tiltak, og det blir usikkert hvor mye støy tiltakene faktisk reduserer i de ulike sonene. Et annet usikkerhetsmoment er knyttet til at ulike fasader reflekterer lyden forskjellig tilbake til byggeplassen. En forbedring kan derfor være å synliggjøre hvordan ulike typer av vegger/fasader kan bryte eller forsterke støy.

Bruksverdi

Å kunne fremstille støy visuelt er det som gjør metodikken nyttig. Den første åpenbare bruksverdien handler om synliggjøring av støy; det å vise og informere om støykildene. Anleggsleder omtalte det som «... *veldig interessant. Bare skjermbildet og å vise at «her er det hørselvernsone», det ville jeg ha brukt det til»*. Innledningsvis ble det å informere om støy omtalt å ha en nytteverdi, fordi denne informasjonen kan brukes til å påby hørselvern. Underveis ble det pekt på forbedringsmuligheter gjennom å kunne legge inn et OBS-notat i modellen, for å få frem at et gitt område da blir hørselvernsone. Det visuelle bildet som ble utviklet for byggeplassen, ble i seg selv ansett som så bra at det ble foreslått å kunne gjøre det om til still-bilder og bruke disse i en Power Point-presentasjon eller på skjermer ute på byggeplassen.

Underveis i møtene kom det veldig raskt forslag til arenaer der metodikken kunne brukes. Her ble fremdriftsmøter og planleggingsmøter fremhevet som arenaer der metodikken vil være nyttig, med ønske om å kunne bruke dette fremover i prosjektet. Videre ble metodikken koblet til riggplan, der riggplan kan synliggjøres og en kan legge inn støykilder. Her ble det ytret ønske om at metodikken utformes slik at den gir rom for oppdateringer etter hvert, slik at man kan synliggjøre endringer i et prosjekt. I denne sammenhengen ble det også pekt på andre bruksområder enn bare å få oversikt over støybildet, hvor f.eks. det å kunne vise HMS-containerer eller rundeller ble trukket frem.

Diskusjonene som løftes frem av demonstrasjonene, synliggjør at de involverte anser metodikken som tjenlig for å forebygge støy. Visualiseringen er et grep for entreprenøren til å vise byggherre støykonsekvenser av arbeidet, og til å synliggjøre at det må gjøres tiltak. I det konkrete prosjektet

hvor metodikken ble utprøvd og demonstrert, uttalte anleggsleder at de gjerne skulle hatt en slik metodikk tidligere, fordi det kan bidra til å forbedre argumentasjon overfor byggherre.

Overfor byggherre er entreprenøren forpliktet til et HMS-ansvar innenfor tomta, mens byggherre har HMS-ansvar utenfor tomta og overfor naboer. Entreprenørens arbeid med metodikken vil være nyttig for begge parter, gjennom at synliggjøring av støy vil kunne bidra til redusert støy overfor tredjepart, men samtidig komme de ansatte til gode. Dette gjenspeiler at tredjepart har mer innvirkning på restriksjoner som legges på arbeidet (i dette tilfellet klare krav til arbeidstid) enn kravene som settes til HMS-ansvar hos entreprenøren.

Det ble samtidig hevdet at nytteverdien vil øke, dersom det kommer tydeligere krav i forskriftene. I dag er kravene mer åpne for tolkning, som igjen styrer praksis, og da forsøker man å unngå utfordringer som kan kobles til (dårligere) prosjektøkonomi. Det å kunne bruke metodikken til å planlegge bort støy, gjennom å redusere mengden aktivitet som pågår samtidig, kan derfor oppleves mer utfordrende å få til. Vi kan risikere at metodikkens potensial forblir uutnyttet, fordi støyreducerende løsninger bidrar til høyere kostnader. Dette forklares med at (økt) byggetid bidrar til å skape avstand mellom menneske og maskin, det vil si man strekker arbeidet utover i tid, ved i større grad å gjennomføre én og én støyende aktivitet. Dette kan ha andre positive konsekvenser, i form av økt orden/ryddighet og dermed også effektivitet. Erfaringen er imidlertid at byggherrer venter såkalte «myke verdier» som de selv vil. Slik det er nå, er anleggsleders jobb å få underentreprenørene på lag med å redusere byggetid, slik som dette sitatet illustrerer: «*Så fort det ikke er farlig for neste aktør å være på byggeplassen, så setter vi dem på*». I diskusjonen rundt samtidighet er likevel oppfatningen at en visuell fremstilling av konsekvenser kan bidra til økt bevissthet om støy og om hvordan støy påvirkes av organisering, og at dette derfor har positive virkninger på lang sikt.

Hvordan legge til rette for gode diskusjoner – kobling til omvendt pyramide

Våre observasjoner i disse møtene synliggjorde flere interessante ting. Først og fremst så vi at bruken av et visuelt bilde for hvordan støy kan bre seg ut på en byggeplass, bidrar til diskusjon om temaet. Disse diskusjonene ble innledningsvis knyttet til den spesifikke situasjonen som ble visualisert, men etter hvert ble det også løftet frem *andre* situasjoner og erfaringer som var knyttet til støy, og til oppgaver eller prosesser som genererer støy. Et eksempel på en svært støyende oppgave som ble omtalt, var å skyte sviller. I samhandlingsmøtet hvor dette var et tema, deltok representanter for BHT. Disse stilte egne spørsmål og kom med respons og refleksjoner til det som ble sagt, noe som kan ha bidratt til å åpne opp denne diskusjonen.

Det å inkludere illustrasjoner av det som omtales som kontrollhierarkiet (se [manual](#)) ble også tatt opp i møtene. Der kom det frem at tenkningen bak kontrollhierarkiet er kjent. Det å tenke forebyggende tiltak så tidlig som mulig i prosessen og gjennom tiltak som fjerner risiko, er også noe som deltakerne prøver å gjøre mest mulig av. Samtidig kom det frem at denne forebyggende tankegangen mest handler om sikkerhet, men at de prøver å bli flinkere på helse. Eksempelene som ble gitt synliggjør likevel at helse fortsatt håndteres med tiltak langt nede i kontrollhierarkiet, f.eks. gjennom sjekklister eller ved at BHT er med på vernerunder. Vi så også at det fokuseres mer på aspekter som er utfordrende for sluttbruker av bygget enn for ansatte underveis i oppføringen, og at det også her pekes på ansvaret til byggherre gjennom de krav og målsetninger som byggherre setter.

I ett av møtene ble det etterlyst en konkretisering av tiltak som kan redusere støy i det aktuelle prosjektet, med utgangspunkt i kontrollhierarkiet. Eksempler viser også at rammebetingelser rundt prosjekter blir barrierer for støyreduksjon, som f.eks. størrelse på tomt. Prosjektet som prøvde ut metodikken fører opp bygninger på en veldig godt utnyttet tomt, der det er vanskelig å lage støyskjerming, fordi nesten hele tomta brukes til bygningsmasse. Aktuelle alternativer kan være mobile støyskjerminger, noe som er utfordrende, fordi disse trenger å stå støtt og flatt. En annen diskusjon dreide seg om å lage «vegger» med f.eks. containere og kle dem med støyreducerende materiale. En måte å komme seg høyere opp i hierarkiet, er å benytte støysvake maskiner. Deltakerne sa at de har tilgang til slike, men at disse maskinene likevel bråker tilsvarende mye som tidligere maskiner.

Hva etterspørres av forbedringer?

Flere forslag til forbedringer av metodikken kom frem underveis i møtene. Ett aspekt er tilknyttet støy til tredjepart og å kombinere hensyn til tredjepart og ansatte. Det ble derfor foreslått å etablere digitale mapper med støykilder/støyinformasjon for to «brukere»; én mappe som gjør det mulig å planlegge mht. de ansatte og én mappe som ivaretar omgivelsesstøy. Disse mappene må ha informasjonen på et slikt format at elementene kan dras ut og settes direkte i modell. For eksempel kan man tenke at elementene/støykildene i mappen for ansatte har en støyradius, mens tilsvarende elementer/støykilder for tredjepart har en dB-verdi.

Som tidligere omtalt, ønsker man også å ha et bibliotek som synliggjør tiltak. Versjonen av metodikken som ble testet ute i prosjekt, kan ikke vise endringer i støynivå ved innføring av et støyreducerende tiltak (f.eks. vegg, voll). Et bibliotek med slike tiltak vil likevel kunne bidra til diskusjon og økt bevissthet, og sees derfor på som et naturlig neste steg i utviklingen av verktøyet.

Prototypen av metodikken (pilot 1 og 2) var laget for å fungere for en byggegrop. En åpenbar diskusjon var derfor hvordan man kan utvikle metodikken videre for å fungere også for bygg. Selv om dette er mer utfordrende, særlig på grunn av mer samtidig arbeid og i ulike deler av bygget, var en slik versjon et uttalt ønske blant deltakerne i møtene. Andre forslag til forbedringer var av mer teknisk art. Disse forbedringsforslagene synliggjorde viktigheten av dialog mellom de som jobber operativt og de som jobber som BIM-koordinatorer, og som vil måtte ha en sentral rolle i å tilrettelegge modellene for praktisk bruk. Praktisk tilnærming kan for eksempel gjelde ordbruk («bilde» i stedet for «image»), at modellen kan kobles til riggplan, og hvordan man kan modellerer elementer som kan legges inn i modellen.

4. Diskusjon og konklusjon

Denne rapporten handler om arbeidet med en metodikk for å kunne redusere støyeksponering gjennom å visualisere med bruk av BIM. Vi ønsker her både å synliggjøre prosessene som har ført frem til metodikken og erfaringene med den. Det praktiske, altså hvordan man går frem og anvender metodikken i ulike deler av et prosjekt, fremstilles i egen [manual](#). Vi vil i dette kapitlet konsentrere oss om å drøfte noen erfaringer fra prosjektet, som på sikt kan bidra til å øke nytteverdien av en slik metodikk. Vi vil også synliggjøre noen generelle utfordringer som bransjen på sikt bør ta tak i, for å støtte opp under arbeidet med forbedret HMS for ansatte under alle prosjektets faser (herunder også prosjektering og planlegging). Dette prosjektet er gjennomført av deltakerne fra både praksis, rådgivning og forskning, og sammen representerer vi både teknologi/naturvitenskap, arbeidsmedisin/helse og samfunnsvitenskap. Vi har derfor også inkludert noen betraktninger, basert på egne erfaringer, da vi tror det vil bidra til å belyse erfaringer og gevinster med det å jobbe flerfaglig i prosjekt.

4.1. Bruksområder for BIM

Resultatene viser at bruksområder for bruk av BIM for reduksjon av støyeksponering først og fremst rettes mot bruk av en såkalt *moden modell*. En ganske ferdig BIM-modell kan brukes som utgangspunkt for å identifisere støy, samt å bidra til kommunikasjon og diskusjon om tema som organisering av arbeid og støyreduksjon. Synet på BIM som en metodikk og et prosessverktøy er mindre fremtredende i resultatene. Dette kan ha betydning for hvilken rolle BIM får for å utvikle og iverksette tiltak for reduksjon av støyeksponering på et tidlig stadium, og spesielt for når i prosessen man velger å involvere fagområdene HMS/BHT (bedriftshelsetjeneste).

En begrensning ved bruk av ferdig modell er at rammebetingelser i stor grad er lagt når arbeidet skal planlegges i detalj. Støytiltak blir dermed iverksatt sent i byggeprosessen og rettes mot utførende/den spisse enden. Dersom man inkluderer støy/HMS tidligere i modelleringsprosessen, øker det muligheten for å reduseres støyrisiko i tidlige prosjektfaser, og mindre restrisiko blir overført til den spisse enden.

Det praktiske bruksområdet av verktøyet oppleves som nyttig. På ulike nivå i planleggingsprosessen reagerte man positivt på muligheten for et visuelt bilde av en byggeplass som synliggjør maskiner og annet utstyr som er i bruk, og hvor man også kan legge inn andre elementer.

4.2. Hva må til for å utnytte potensialet i BIM?

Selv om resultatene fra prosjektet synliggjør hvordan HMS som tema forstås og hovedsakelig retter seg inn mot en moden BIM-modell, har intervjuene og workshop-ene i prosjektet gitt oss troen på at potensialet i BIM er mye større. Dette forutsetter imidlertid en bevissthet rundt bruk av BIM, også før det eksisterer faktiske modeller.

Byggherre kan sette ambisjoner i tidligfase, både for bruk av ny teknologi og nye metoder før det eksisterer en BIM-modell. Dette gjøres allerede for klima/miljø, og tilsvarende kan gjøres for HMS og/eller spesifikt utvalgte risikofaktorer. Det kan settes ambisjoner både for risikoreduksjon gjennom valg av utforming og tekniske løsninger og gjennom organisering av prosjekt. Dette fordrer at byggherre forstår viktigheten av og tar ansvar for å inkludere HMS og risikoreduksjon i

tidligfase, og at man sikrer inkludering av riktig fagkompetanse i forhold til hvilke risiki man vil vektlegge. Enkelte informanter pekte på at merkonstanter til risikoreduserende tiltak (ved f.eks. beregninger eller analyser i tidligfase, samt bruk av fagressurser), kan tjenes inn i den andre enden, ved at man sparer tid og ressurser til dispensasjonssøknader og ad hoc-løsninger i ettertid. Det kan altså ligge et økonomisk potensial utover de åpenbare gevinstene, som er redusert sykefravær og økt deltakelse i arbeidet.

4.2.1. Tverrfaglig samarbeid mellom fagområder

Samhandling på tvers står sentralt for metodikkens anvendelighet og treffsikkerhet. Dette gjelder både i utviklingen av metodikken (og videreutvikling av tilsvarende andre) og for å utnytte potensialet i metodikken for bransjen som sådan. Dersom BIM og de tilhørende prosessene skal ivareta hensyn i prosjektets ulike faser, er det viktig at personer som kjenner fasene og de tilhørende utfordringene er involvert i utforming av BIM-modellen.

Gjennom prosjektet ble det tydelig at det mangler metoder for å forebygge helseplager og for å jobbe helsefremmende i praksis. I motsetning til akutte skader, så vil arbeidsrelaterte helseplager utvikles over tid. Årsakene til disse plagene er sammensatte, og det kan derfor være utfordrende å kommunisere og forstå helserelatert risiko. Et visuelt verktøy, i dette tilfelle for å synliggjøre støy, ble derfor svært positivt mottatt. Dette peker på at BIM har et stort potensial med hensyn til HMS – og spesielt helseplager – dersom man klarer å utvikle metodikker som bidrar til å visualisere og gjøre eksponering og eksponeringsnivå mer forståelig. I denne sammenhengen ble det nevnt at slik visualisering kan fungere som dokumentasjon på at helsefremmende tiltak er nødvendige. Intervjuene viser at ansatte innenfor BHT/HMS har behov for opplæring om BIM og for større involvering i planleggingsprosesser for at deres fagkompetanse om risikobildet for helseplager skal kunne komme bedre til nytte.

Et generelt resultat av prosjektet er synliggjøringen av hvor viktig samhandling (mellom *mange* fagområder) er for å utnytte potensialet i BIM. Gjennom arbeidet med å finne måter å visualisere støy i BIM-modeller, synliggjorde prosjektet viktigheten av å ha tilgang til fagkunnskap om lyd og akustikk, fordi lyd er en fysisk størrelse med egenskaper som krever egen ekspertise, spesielt når lydbildet blir komplekst (som kan kreve større beregninger). Dette gjelder også for å innhente kunnskap om støy, støykilder og støynivå. Verktøyet utviklet i dette prosjektet benytter seg av grenseverdier som er satt i Arbeidsmiljøloven (AML), noe som kan lette forståelsen når det skal anvendes. Likevel krever det at man har med seg fagpersoner som innehar slik kompetanse, som f.eks. BHT eller HMS-rådgivere.

Den praktiske bruken av et BIM-verktøy innebærer også ulike former for samhandling. Først og fremst knyttet til teknologien, der det er behov for tilretteleggere av programvare, samt tilpasning og tilrettelegging av BIM-modellen underveis. Dette gjøres med godt støtte av BIM-koordinatorer, det vil si aktører som kan modellere. For det andre vil støy variere, både fra dag til dag og mellom faser i et prosjekt. Det vil derfor være nødvendig med endringer i modellen relativt jevnlig, for å sikre at man får visualisert et realistisk støybilde som er tett knyttet opp til det faktiske arbeidet.

4.2.2. Samhandling mellom faser og nivå

Vårt prosjekt fikk ikke mulighet til å teste ut det visuelle verktøyet i en tidligfase (hvor det eksisterer mer umodne BIM-modeller), men kun i utbyggingsfase. Møtene som ble avholdt i pilot 2 synliggjorde imidlertid at visualiseringen er et godt utgangspunkt for samhandling i en praktisk

fase. Vi observerte at det visuelle bildet av støy metodikken genererte skapte diskusjon på tvers av fagområder og spesialisering, noe som synliggjør at forståelsen av og for støy også beror på samhandling mellom flere nivå. Å inkludere ansatte med operativ erfaring vil være viktig i tidligfase, ettersom de innehar praktisk erfaring med støy, mht. både materialer, omgivelser og ulike støykilder. Operativt ansatte kan derfor bidra til økt innsikt om hvordan tekniske og organisatoriske løsninger kan bidra til støyeksposering for ansatte i utførelsesfasen.

I alle faser vil det være stor nytteverdi av å inkludere BHT og HMS-rådgivere. Deres kompetanse om helserelatert risiko vil gi innsikt i negative konsekvenser – og eventuelle positive effekter – som valgte løsninger gir for de ansatte. Å kontinuerlig involvere denne kompetansen og å stadig utvikle metodikker for dette, vil kunne gi økt forståelse for forebygging av helseplager som mer kompleks enn for ulykker, noe som igjen gir økt oppmerksomhet om dette også tidlig i prosjektering. Studier fra produksjonsindustri har vist at HMS kan integreres i design av arbeidssystemer. Det forutsetter imidlertid at BHT og HMS-rådgivere lærer og utvikler forståelse for prosesser, språk og verktøy som anvendes. Det fordrer også at de forstår og kan argumentere for bedre integrering av HMS, basert på organisatoriske målsetninger (f.eks. hvordan reduksjon av risiko kan bidra til redusert fravær og økt effektivitet), og at designverktøy tilpasses HMS-relaterte målsetninger (Village et al., 2015).

I dette prosjektet har vi sett nytten av å jobbe med en entreprenør som har en intern BHT og hvor BHT-ansatte derfor har gode forutsetninger for å tilegne seg BIM-kompetanse. For det første kan de BHT-ansatte gripe muligheter som finnes for læring i egen virksomhet, og motsatt kan de som jobber med prosjektering, planlegging eller BIM trekke BHT inn på et tidligere tidspunkt enn hva de ellers er vant med. Siste punkt er avhengig av at BIM-personell ser og kjenner nytteverdien av å inkludere helserelatert kompetanse inn i planleggingsprosessene. Et slikt samarbeid kan være mer utfordrende for entreprenører som kjøper BHT-tjenester utenfra. Nytteverdien ved en slik samhandling mellom entreprenør og ekstern BHT fordrer også at ekstern BHT innehar fagkompetanse på bygge- og anleggsindustrien. Det vil heller ikke gi noe merverdi for prosjekterende å bruke egen BHT, dersom disse kun er spesialister på andre sektorer (f.eks. kunnskapsarbeid).

4.3. Barrierene for god utnyttelse av potensialet i BIM

Et gjennomgående tema i prosjektet har vært i hvilken grad bransjen er strukturert og organisert på en slik måte at man klarer å utnytte potensialet som BIM har for å inkludere forebygging av helserelatert risiko (og i dette tilfellet støy). Resultatene fra intervju og workshops viser det finnes barrierer som hemmer nytteverdien av verktøy eller metodikk tilsvarende det vi har utviklet i dette prosjektet. Dette er faktorer som ikke er knyttet til metodikken som sådan, men til rammene rundt. Det er tre store barrierer som er fremtredende, og disse vil bli diskutert hver for seg.

4.3.1. Byggherren sin rolle

Det er en gjennomgående oppfatning at byggherre, fordi den setter premissene, per i dag kan være en barriere mot at risikoreduserende verktøy for helse blir tatt i bruk. Både konkurransegrunnlag og tildelingskriterier legger føringer og er styrende for hvordan ulike aktører kan vektlegge aspekter knyttet til HMS/SHA. Aktørene får ikke plusspoeng på SHA eller på spesifikke aspekter knyttet til SHA dersom ikke konkurransegrunnlag og tildelingskriterier nevner dette spesielt. Da vil det heller ikke ligge noen økonomiske insentiver til grunn for å bruke verktøy som kan vurdere, eliminere eller redusere spesifikke eksponeringskilder for helserisiko.

Datainnsamlingen har imidlertid avdekket eksempler på at byggherre har satt krav og gitt utfordringer til tilbydere, uavhengig av hva lovverket sier. Eksempler på slike krav er knyttet til klima og luftkvalitet.

Prosjekterende er en aktør som kan ha nytte av Støy-BIM og som kan synliggjøre risiko/muligheter knyttet til støy, både overfor byggherre og overfor de som skal involveres senere i de ulike fasene i prosjektet. Prosjekterende kan komme med forslag overfor byggherre, men det er ikke gitt at disse blir hørt eller tatt til følge. Dersom prosjekterende får gjennomslagskraft overfor byggherre, slik at anbudet har støy som en del av vurderingskriteriene, så kan prosjekterende i neste instans synliggjøre hvordan man kan ta grep og bidra til å legge inn støy som et kriterium som entreprenører kan få plusspoeng på.

Kontraktene er en viktig del av dette bildet. Noen kontrakter legger bedre til rette for samarbeid tidlig i prosessen, noe som er viktig i lys av de barrierene som er skissert i dette avsnittet. Samspillskontrakter mellom entreprenør og byggherre bidrar til å flytte ansvar oppover, og oppleves derfor som et alternativ hvor Støy-BIM (og helserisiko generelt) i større grad kan få innpass enn ved bruk av andre kontrakter. Samtidig kan samspillskontrakter bidra til konflikt, dersom ansvarsforholdene ikke er tilstrekkelig avklart. Samspill i praksis kan derfor være viktigere enn hvilken type kontrakt som faktisk foreligger.

4.3.2. Betydningen av lover og forskrifter

Det foregående avsnittet henger også sammen med hvordan lov og forskrift påvirker de ulike aktørenes handlingsrom for å kunne etablere nye praksiser. En gjennomgående erfaring som ble beskrevet var at ikke-eksisterende eller diffuse krav taper i kampen mot økonomi og fremdrift. Det er ingen tilbyder som vil avsette økonomiske midler på risikoreduerende metoder/verktøy som ikke byggherre har definert i anbudet. Det vil heller ikke klinge godt at man vil ha lengre byggetid (les: økte kostnader) for å redusere støy for egne ansatte.

Lovverket (folkehelseloven) er derimot en sterk maktfaktor i møtet mellom utbygger og naboer. Kommunelegen kan – med loven i hånd – legge begrensninger for hvor mye støyeksponering det kan være for skoler, barnehager, boliger og arbeidsplasser fysisk lokalisert rundt et utbyggingsprosjekt. Mange prosjekt må derfor forholde seg til bestemte tidsrom for bestemte arbeidsoppgaver, og utbygger må i en del tilfeller legge inn pausetid midt på dagen for de mest støyende aktivitetene. Ofte innebærer disse aktivitetene utstyr som er dyrt å leie/drive. Begrensningene bidrar derfor både til lengre byggetid, men også til merutgifter for dyrt utstyr. Etersom støy for tredjepart er nedfelt i lovverk, er dette per definisjon aksepterte merutgifter for prosjektet. Dette synliggjør hvorfor risikoforhold som en ønsker å gjøre noe med, må tas inn lov og forskrift gjennom eksplisitte formuleringer. Formuleringer som er åpne for tolkninger bør unngås.

4.3.3. Forholdet mellom H og S

I forprosjektet (Holte et al., 2020) ble det viet stor plass til forholdet mellom helse og sikkerhet i temaet HMS. Det ble der poengtert at sikkerhet (S) i større grad og på et tidligere tidspunkt tas tak i enn helse (H), som først blir en problemstilling langt uti verdikjeden, og som oftest løses på individnivå (ibid). Intervjuene i dette prosjektet bekrefter disse funnene. På tvers av de ulike fasene i et prosjekt, ser vi at sikkerhet en tydelig plass, synlig gjennom krav fra byggherre og i utbygger sine prioriteringer. Tilbydere vurderes på sine verdier for H1 (fravær pga. hendelse på jobb) og H2 (tilrettelagt arbeid uten fravær), hvor H1 ser ut til å få mest fokus. Dette er også synlig

gjennom konkretiseringer av når risikoanalyser og SHA-plan skal foreligge i løpet av planleggingsperioden. I utbyggingsfase er det allment akseptert og en etablert bransjekultur å prioritere sikkerhet for de ansatte, selv om det gir økte kostnader (og kanskje økt byggetid).

Det finnes ikke noe tilsvarende mål på helse, for eksempel et H3. Et slikt mål vil være utfordrende å etablere, men også å benytte, fordi helse i seg selv er sammensatt. Det mangler verktøy til bruk i forebyggende helsearbeid, og helseelementer blir derfor mer usynlig i tidlige faser av det systematiske planleggingsarbeidet. Helseisriko og -konsekvenser er rett og slett vanskeligere å måle, noe som gjør slike hensyn vanskeligere å ta inn i modeller som er basert på tallfestede størrelser. Like fullt er det en mangel og en utfordring, og det understreker behovet for *samhandling*, både mellom faser og fagretninger, som er et tydelig resultat i dette prosjektet.

Det er imidlertid også utfordringer knyttet til bruken av H1 og H2 som måleparametre, fordi erfaringer tilsier at disse tallene kan manipuleres. Like fullt har de stor verdi i dagens anbudssystem. For en eventuell H3 kunne man ha brukt andre og eksponeringsrelaterte mål (risikorelaterte mål), som gir et bredere bilde enn kun utfall. For støy kunne et eksempel på dette være å angi antall timer pr ansatt/uke med støy > x dB, som en indikasjon på støyeksponering hver ansatt i snitt ble utsatt for innenfor en gitt periode. Utbygger kunne igjen bruke slikt mål som utarbeidelse av krav i anbudsteksten.

4.4. Konklusjon

Helseisriko har lav prioritering i planlegging av store prosjekter. «Alle» vet at støy er en risikofaktor, men den blir for det meste håndtert i den skarpe enden gjennom bruk av hørselvern. I den grad bygge- og anleggsstøy blir tatt hensyn til, er det i form av reduksjon for tredjepart (f.eks. naboer). Slik det er nå, fremstår prioritering av helse som et moralsk ansvar/samfunnsansvar for utbygger. Bedrifter ønsker selvfølgelig å ivareta og beskytte egne ansatte, og det anses som sunn fornuft å velge gode verktøy (f.eks. med hensyn til vibrasjon) og god funksjonalitet (f.eks. hjelmer som oppleves gode i bruk).

Forebygging for ansattes gode helse knyttes til kostnader som ikke gir noen fordeler når man konkurrerer om oppdrag sammen med andre tilbydere. Man vinner ikke noe; faktisk risikerer man å tape et anbud, og helse oppleves derfor som en økonomisk utgiftspost. Det er et stort behov for en kulturendring i bransjen. Vi har sett at sikkerhet er etablert som en selvfølgelig prioritering, noe som er veldig gledelig. Neste punkt på agendaen bør være at helse får samme status, både fra byggherre sin side, og gjennom hele planleggingsprosessen.

Ved å fokusere på samhandling mellom aktører og fagretninger i alle ledd, har man muligheten til å planlegge seg bort fra og redusere risiko som er knyttet til helse og støy. Metodikken i dette prosjektet har vist seg å kunne bidra til å øke bevisstheten hos ulike aktører, ved å visualisere støyrisiko på en ny måte. Vi håper at dette kan videreutvikles til å bli et verktøy som flere kan ta i bruk, og at støy (og helse ellers) kommer både tydeligere og tidligere frem i planlegging av store bygge- og anleggsprosjekt. Det er her snakk om mange aktører, både offentlige og private, og stor grad av kompleksitet. Vi antyder ikke at dette er en lett øvelse, men den er like fullt nødvendig. Det er også et spørsmål om hvilke krav som skal stilles i regelverk eller fra byggherre sin side, for at helse skal komme høyere opp på agendaen enn i dag. Støy som er for høy for tredjepart er definitivt for høy for de ansatte, og det trengs en større diskusjon om hvordan man organiserer store prosjekt til fordel for de ansattes helse.

Referanser

- Abbasnejad, B., Madhav Prasad Nepal Alireza Ahankoob, Araz Nasirian & Robin Drogemuller (2020). Building Information Modelling (BIM) adoption and implementation enablers in AEC firms: a systematic literature review. *Architectural Engineering and Design Management*, <https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1793721>
- Aguilar-Aguilera, A. J., De la Hoz-Torres, M. L., Martínez-Aires, M. D., & Ruiz, D. P. (2020). Noise management in the construction industry using building information modelling methodology (BIM): A tool for noise mapping simulation. I *Occupational and Environmental Safety and Health II* (Vol. 277, pp. 181–188). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_20
- Arbeidstilsynet (2021). *Helseproblemer og ulykker i bygg og anlegg*. Mostue, B.Aa., Winge, S., Eikrem, A.M.L. & Gravseth, H.M. KOMPASS Tema nr. 1. <https://hdl.handle.net/11250/2832701>
- Butorina, M., Drozdova, L., & Kuklin, D. (2019a). Implementation of noise data into building information model for transport and industrial noise reduction. *Akustika*, 34. <https://doi.org/10.36336/AKUSTIKA2019347>
- Butorina, M., Drozdova, L., Kuklin, D., Sharkov, A., Aref'ev, K., Sopochnikov, S., Topazh, G., Lyamaev, B., Nagornyy, V., Simonov, A., & Muhametova, L. (2019b). *Implementation of noise data into building information model (BIM) to reduce noise in the environment and at workplace*. 337. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/337/1/012083>
- De la Hoz-Torres, M. L., Aguilar-Aguilera, A. J., Martínez-Aires, M. D., & Ruiz, D. P. (2020). Practical use of noise mapping to reduce noise exposure in the construction industry. I *Occupational and Environmental Safety and Health II* (pp. 209–216). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_23
- Dzhambov, A., & Dimitrova, D. (2017). Occupational noise exposure and the risk for work-related injury: A systematic review and meta-analysis. *Annals of work exposures and health*, 61(9), 1037–1053.
- 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.
- Holte KA, Kjestveit K & Gressgård LJ. (2020). Integrering av HMS i BIM, forprosjekt. Rapport fra NORCE samfunn, 35-2020. <https://hdl.handle.net/11250/2823772>
- Kerr, M. J., Brosseau, L., & Johnson, C. S. (2002). Noise levels of selected construction tasks. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 63(3), 334–339.
- Knardahl, S., Sterud, T., Nielsen, M. B., & Nordby, K. C. (2016). Arbeidsplassen og sykefravær- Arbeidsforhold av betydning for sykefravær. *Tidsskrift for velferdsforskning*, 19(2), 179–199. <https://doi.org/10.18261/issn.2464-3076-2016-02-05>
- 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., Song, Z., Wang, T., Zheng, Y., & Ning, X. (2016). Health impacts of construction noise on workers: A quantitative assessment model based on exposure measurement. *Journal of Cleaner Production*, 135, 721–731. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.100>
- Lie, A., Skogstad, M., Tynes, T., Johannessen, H. A., Nordby, K.C., Mehlum, I. S., ... & Tambs, K. (2013). Støy i arbeidslivet og helse. STAMI-rapport nr 10.
- Lie, A., Skogstad, M., Johannessen, H. A., Tynes, T., Mehlum, I. S., Nordby, K. C., ... & Tambs, K. (2016). Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *International archives of occupational and environmental health*, 89, 351-372.
- Miettinen, R. & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modelling. *Automation in Construction*, 43, 84–91.
- Neff, G., Fiore-Silfvast, B. & Dossick, C.S. (2010). A case study of the failure of digital communication to cross knowledge boundaries in virtual construction. *Information, Communication & Society*, 13(4), 556–573.
- 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.
- Ning, X., Qi, J., Wu, C., & Wang, W. (2019). Reducing noise pollution by planning construction site layout via a multi-objective optimization model. *Journal of Cleaner Production*, 222, 218–230. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.018>
- Samant, Y., Lysberg, K., Landrø, M., Eriksen, T., & Wergeland, E. (2014). Doctors' reports of work-related hearing loss. *Tidsskrift for Den norske legeförening*. 134: 1950–1954.
- 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.
- Suter, A. H. (2002). Construction noise: exposure, effects, and the potential for remediation; a review and analysis. *Aiha Journal*, 63(6), 768–789.
- Tan, Y., Fang, Y., Zhou, T., Gan, V. J. L., & Cheng, J. C. P. (2019). BIM-supported 4D acoustics simulation approach to mitigating noise impact on maintenance workers on offshore oil and gas platforms. *Automation in Construction*, 100, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.12.019>
- Themann, C. L., & Masterson, E. A. (2019). Occupational noise exposure: A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden. *The Journal of the acoustical society of America*, 146(5), 3879–3905.
- Village, J., Searcy, C., Salustri, F., & Patrick Neumann, W. (2015). Design for human factors (DfHF): a grounded theory for integrating human factors into production design processes. *Ergonomics*, 58(9), 1529–1546.
- Wei, W., & Wang, C. (2018). BIM-Enhanced Noise Hazard Training: A Pilot Study. In *Construction Research Congress 2018* (pp. 144–153). <https://doi.org/10.1061/9780784481288.015>
- Wei, W., Wang, C., & Lee, Y. (2017). BIM-Based Construction Noise Hazard Prediction and Visualization for Occupational Safety and Health Awareness Improvement. In *Computing in Civil Engineering 2017* (pp. 262–269). <https://doi.org/10.1061/9780784480823.032>
- 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.

Vedlegg 1: 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
- Støykompetanse

Lydopptak begynner her! (ta med samtykke på lyd)

Støy og erfaring og kunnskap om støy

Spesifikke spørsmål til BHT:

Hvordan måles og overvåkes støy og støyeksponering (av ansatte)?

Støyeksponering –trender i støyrelaterte helseplager

Viktigste støykilder på byggeplass

- Håndholdt verktøy
- Maskiner
- Støy fra ulike yrkesgrupper
- Kombinasjonsstøy/arbeidsprosesser

Viktigste støykilder i byggegrop

- Håndholdt verktøy
- Maskiner
- Støy fra ulike yrkesgrupper
- Kombinasjonsstøy/arbeidsprosesser

Erfaring med bruk av reduserende tiltak

- Kortere tid pr utstyr/aktivitet
- Bytte av utstyr
- Endring av arbeidet for å tilrettelegge for lavere støy

Hvilke erfaringer har dere med å jobbe med prosjektering? Hvordan evt. er erfaringene med å kommunisere tverrfaglig om risiko på tvers av profesjoner i din organisasjon?

Spesifikke spørsmål til prosjektering

Har dere jobbet med støyreduksjon tidligere, i så fall på hvilken måte?

Hvilke kunnskap og kompetanse er det om støyeksponering og hvordan denne kan reduseres, hvordan er slik eksponering ivaretatt tidligere i prosjekteringsfase per i dag? Hva med BIM særskilt?

HMS i design / prosjektering:

Felles spørsmål til alle:

Forutsetninger for gode design/ prosjekteringsprosesser

Erfaring med å jobbe tverrfaglig, andre fagområder og andre / nye perspektiver?

Hvordan etablere forståelse av likeverd og anerkjennelse av hverandres (ulike) måter å tenke på?

Hvordan skape engasjement og nye tanker?

Hva vil være god fasilitering i en slik prosess?

Tanker om hvordan samhandle om støyrisiko

Stiller det å implementere støyrisiko i BIM, basert på det vi har snakket om noen nye utfordringer til det som går på ledelse?

Spørsmål til prosjektering:

Hvilke erfaringer har dere med å jobbe med BHT / HMS?

Hvordan evt. er erfaringene med å kommunisere tverrfaglig om risiko på tvers av profesjoner i din organisasjon?

Spørsmål til BHT /HMS:

Er det noe dere føler dere trenger innføring i før dette prosjektet settes i gang?

Visualisering i 3D, andre former for visualisering? Hvilke erfaringer har dere med visuelle hjelpemidler?

Erfaring med BIM

Utvikling av metodikk – eksempler

Vi har noen eksempler på støyinformasjon, slik den forefinnes i dag (uavhengig av avgrensning). Hva tenker dere om en slik type informasjon, er den forståelig og nyttig? Hvordan kan den omformuleres og kobles til BIM?

Hvordan synliggjøres risiko per i dag i BIM? Har dere eksempler – fungerer godt/dårlig?

En vanlig måte å tenke risiko og hvordan redusere risiko er vha. pyramiden (kontrollhierarkiet)?

Kan den være et nyttig tilleggsverktøy?

Støykart, eksisterende som kan vises?

Andre sjekklister (som det fort blir for mye av)

Spørsmål/tema knyttet til BIM

Spørsmål til fagpersonell - BIM

Er BIM forankret i virksomhetens strategi?

- Hvem har det overordnede ansvaret for BIM i virksomheten?

Hvordan brukes BIM i prosjektledelse?

I hvilken grad og på hvilken måte bidrar BIM til informasjonsdeling og koordinering på tvers av fagområder, virksomheter og prosjektfaser?

Påvirker bruk av BIM i planlegging/prosjektering behov for endringer i senere faser (utbygging)?

I hvilken grad og hvordan medfører BIM endringer i arbeidspraksis?

I hvilken grad og på hvilken måte bidrar BIM til risiko-/HMS-styring i prosjekter?

Er bruk av BIM standardisert (brukes på samme måte på tvers av prosjekter og prosjektdeltakere) eller varierer BIM-bruk mellom prosjekter og aktører?

- Variasjon mellom ulike aktører når det gjelder BIM-modenhet og kompetanse?
- Variasjon mellom aktører når det gjelder metodikk, styringsmodell og strategi for BIM-bruk?
- Variasjon mellom aktører når det gjelder systemer/programvare som brukes?

- Hvilke utfordringer medfører slike forskjeller? Hvordan håndteres slike forskjeller?

Hvordan velges «styringsmodell» eller strategi for BIM-bruk i prosjekter? (Målsetninger, organisering, informasjonsdeling, teknologi, etc.)

- Påvirkning og innflytelse fra byggherre/oppdragsgiver
- Beslutning fra hovedentreprenør (hovedaktørs styringsmodell)
- Diskusjon mellom aktører og felles utvikling
- (Hvordan) er BIM-bruk inkludert i kontrakter mellom prosjektpartnere?

Intervjuguide, utbygger (intervju 8, mars 2023)

Etablering av strategier i (veldig) tidlig fase

Hvilke handlingsrom har de for å kunne være ambisiøse og tenke nytt (kan kanskje tas til slutt):

- Hvordan tenker de om å kunne utfordre sin egen måte å jobbe på og ta eget ansvar mer enn bare å sette krav til andre?
 - Som byggherre?
 - Gjennom prosjektering og rollen til prosjekterende?
 - Hvordan ser dette ut mhp å inkludere HMS-relaterte aspekter i prosjektering?
 - Bruk av teknologiske samhandlingsverktøy / planleggingsverktøy for å fremme HMS?
- Hvordan kan dette henge sammen eller knyttes til andre områder i prosjektering, planlegging, og utbygging som er viktige for byggherre, f.eks. fokus på konsekvenser for tredjepart som støy kan være, og dermed fremme økt fokus på støy ansatte, klima / miljø e.l., andre risikofaktorer?
- Entreprenører kan bli bedre på ulike sider av egen planlegging og utbygging mhp HMS?
- Hvilke roller / ansvar er spesielt viktig å peke på?

Konkrete spørsmål til verktøyet

Er det noen deler av tidligfase, der et slikt verktøy kan passe inn, i så fall hvor og hvordan?

Hvordan tror du det må legges til rette strategisk for at et slikt verktøy skal tas i bruk utover i prosjektet, i tidlig fase?

Hvordan anvendes og forstås byggherreforskriften i tidlig fase, hvordan tenker du BHF kan forstås og anvendes i tilknytning til det du har sett her?

Oppfølgingsspørsmål knyttet til steg 2:

Er det noen spesielle roller / ansvarsområder det er viktig å peke på i denne fasen som kan kobles til ivaretagelse av bærekraft (HMS og seriøsitet)?

Hva i forhold til teknologi og metode?

Hvordan er kunnskap og kunnskapsgrunnlag i tidlig fase om HMS-relaterte aspekter, hvem sitter på denne kompetansen eventuelt?

I tidligfase skal det i henhold til høringsutkast NS gjennomføres alternativanalyser med klimagassberegning – gjøres det? Kan man gjennomføre slike alternativanalyser for HMS og helseeksponering?

Hvordan forstås og anvendes byggherreforskriften i tidlig fase (eks steg 2)? Når begynner man å fokusere på den?

Oppfølgingsspørsmål knyttet til steg 3:

På et tidspunkt settes forventninger til bruk av BIM, og en leveranse i tidlig trinn er å sette et BIM-ambisjonsnivå og med BIM- gjennomføringsplan. Basert på det du har sett, kan du se for deg mulighet for å inkludere slike typer verktøy – metoder i dette?

Hva forventes / hvilke krav stilles ved kontrahering av rådgiverbistand til programmering og prosjektstyring? Hvordan tenker dere rundt HMS-kompetanse hos de som skal være BIM-ansvarlige / eventuelt perspektiver for å redusere risiko?

Det skal i forbindelse med regulering og utarbeidelse av plandokumenter gjennomføres ROS-analyser – kan det her være resultater med betydning for SHA i en ROS-analyse? Kan et slikt verktøy inngå i dette arbeidet?

Hva med strategidokumenter /analyser for SHA, hvordan kan man sette krav til metodikk overfor prosjekterende?

Oppfølgingsspørsmål steg 4:

På et tidspunkt skal det verifiseres at overordna løsninger lar seg realisere innen gitte prosjektrammer. Hovedaktiviteten er prosesser knyttet til overordnet organisering av funksjoner og utforming av byggverket. Dette innebærer arkitektonisk utforming og analyser og fremlegging av alternative løsninger for tekniske, funksjonelle og fysiske strukturer. Dette er ordbruk som henger sammen med ordvalg også i byggherreforskriften.

Steget skal inkludere en åpen og kreativ prosess med ulike løsningsalternativer. Når man står i situasjoner med ulike løsningsalternativer, hvordan vurderes og prioriteres HMS i slike prosesser? Hvordan kan visualisering av HMS-faktorer som i dette tilfellet støy, bidra til forbedring og økt fokus på HMS?

Basert på dokument og standard, ser det mye fokus på det tekniske, funksjonelle og fysiske. Hvordan inkludere mer en tomt / beliggenhet og fysisk utforming? Hva med tidsaspektet og fremdrift – se ulike deler i forhold til hverandre, er det mulig på dette tidspunktet, før eventuelt entreprenører kommer inn i bildet?

I hvilken grad kan ledelse spille inn, setter det noen nye krav til ledelse?

Oppfølgingsspørsmål steg 5:

Bærekraft vektlegges i Norsk Standard for det som skal være hovedalternativ som så skal videreutvikles i forprosjekteringen. Forprosjekteringen skal også inkludere overordnet vurdering av mulighet for å gjennomføre innen rammer fastsatt i skisseprosjekt. Også i forprosjektering, selv om løsningen etter hvert blir mer konkret, er stort fokus på løsninger knyttet til det fysiske, bygningskropp og tekniske og fysiske strukturer, der objektene skal være gjennomarbeidet.

Vil en visualisering eksempelvis av støy bidra til å synliggjøre organisatoriske faktorer, slik at det vil være lettere å sette fokus på tidsbruk og fremdriftsplan, aktører inne samtidig (mange grensesnitt) og koordinering av disse? Hva dersom dette ville kreve justeringer/endringer i fysiske/teknologiske strukturer?

I hvilken grad kan man her stille krav til entreprenører, og metodikk. Hva med overføring av informasjon via BIM-modell, eller begynner entreprenører på nytt?

Sikker byggeplass, og ivaretagelse av sosial bærekraft brukes som begrep i NS, og det pekes på eliminering og reduksjon av risiko og involvering av alle fag. Hvordan kan BIM-modell og samhandling rundt vår løsning bidra her?

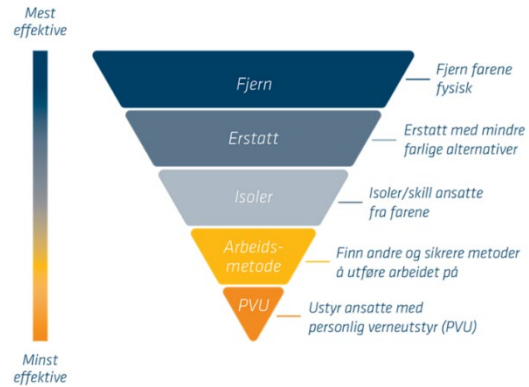
Det skal også foreligge SHA-plan, hvordan anvendes BIM inn i en slik plan, kan våre støyløsninger brukes her?

Vedlegg 2: Gjennomføringsplan for arbeidssamlinger/test av piloter

Del 1: Innledning (15 min.)

Hvorfor prosjekt?

- Støy bidrar til nedsatt hørsel og en rekke andre helseeffekter
- Støy i bygg- og anleggsprosjekter – håndteres vanligvis med tiltak langt nede i kontrollhierarkiet.
- De mest effektive tiltakene er øverst → designe bort risiko (fjerne og erstatte). Men dette er også mest krevende. Krever endring i tankegang – hvordan prosjekter planlegges (hvem som deltar når og hvordan).
- Støy modelleres og visualiseres i bygg- og anleggsprosjekter i dag, men fokus er rettet mot tredjepart.
Potensial i bruk av BIM for bedre informasjons-/kunnskapsflyt mellom ulike aktører og faser, og dermed økt forståelse for støyrisiko og tilhørende tiltaksbehov tidligere i prosjektene.



Det sentrale spørsmålet i dette prosjektet er: Hvordan må teknologi og tilhørende metodikk og arbeidsprosesser utformes for å kunne kommunisere kritiske aspekter ved støy og støyeksponering i utbyggingsfase til sentrale aktører i prosjektering (ingeniører, planleggere, designere, koordinatore og HMS /BHT), og for å synliggjøre hvordan støyeksponering i utbyggingsfase kan reduseres/ elimineres med god planlegging?

Del 2: Presentasjon av prototyp (45 min.)

- Gjennomgang
 - o Inkluderer også noe støyinformasjon, grunnlaget for 85 Db som utgangspunkt for grenseverdiene.
- Spørsmål/avklaringer
- Hvordan erfarer dere egen kunnskap i forhold til å forstå støy, slik det er fremstilt her (85Db(8 timers eq)?

Pause, 5-10 min.

Del 3: Oppfattelse av prototyp: Bruksnytte (60 min.)

Oppfattelse av system/teknologi: Kan prototypen gi bedre og mer felles forståelse for støyrisiko?

- Dersom dere rundt bordet nå, setter dere ned for å diskutere støy sammen, kunne dere da forstått den i fellesskap? Hva / hvilke roller mangler i så fall?

Vil den gjøre det enklere å se hvordan en kan gjøre endringer tidligere i prosjektet for å redusere/eliminere støyeksponering?

- Fordeler og ulemper med fremstilling/visualisering av støy?
- Handlingsrommet for å modellere vekk risiko? Ser det hvordan det kan gjøres i en slik modell?

Hvordan passer systemet inn i eksisterende arbeidsprosesser?

- Arenaer og verktøy som legger til rette for diskusjon rundt HMS-relaterte tema?
 - o Arenaer der man diskuterer risiko og reelt sett kan modellere og redusere / eliminere vekk risiko?
 - o Arbeid med ulike planer (3-ukers plan, hovedfremdriftsplan, etc.)

Sette opp oversikt over arbeidsprosesser for planarbeid. Hvem involveres når og hvordan?

- Dersom systemet hadde vært tilgjengelig i dag: Hvor (eks. samarbeidsarenaer) og hvordan kunne det utnyttes?
- Hvilke endringer kreves for best mulig utnyttelse av system?

Vil det være behov for andre verktøy / metodikker for å støtte opp under teknologien, sikre at man kan bruke den til å redusere / eliminere risiko?

Pause, 10 min.

Del 4: Diskusjon av barrierer for implementering og bruk (60 min.)

Diskusjon med utgangspunkt i del 3 (potensial i system og behov for arbeidsprosessendringer for utnyttelse av system): Hvilke barrierer finnes for implementering og bruk?

- Teknologiske forhold, eks. dataflyt/avhengigheter til andre systemer, oppdatering, nøyaktighet, tilgang/tilgjengelighet, infrastrukturbehov, etc.
- Kompetanse
- Organisering og samarbeid
- Ledelse, styring og ansvar
- Ressurser
- Kultur
- Prosjektvariasjon / prosjektspesifikke forhold
- Etc.

Vedlegg 3: Diskusjonsgrunnlag, test av pilot 1

Multiconsult

Workshop – støy i BIM Prototyp 1

21-23.06.2022

multiconsult.no

Arbeidsmiljø og støy

- Arbeidere forflytter seg rundt på området i løpet av dagen
- Flere støykilder
- Varierende støybelastning
- Støydose

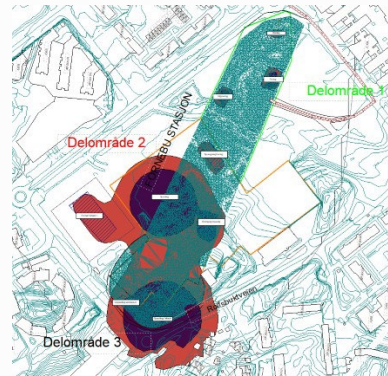


§ 8. Grenseverdier

Grenseverdier for støyeksponering er:
a) daglig støyeksponeringsnivå, $L_{EX,8h}$: 85 dB
b) toppverdi av lydtryknivå, $L_{pC,peak}$: 130 dB

Visualisere støy

- Støy som «vanlig» støykotecart
- Støy per støykilde som sirkel/sylinder e.l.



Støykilder standard metode

- T-1442

Tabell 26. Lydstråling fra forskjellige bygg- og anleggskilder. Lydeffektivitet brukes i prognoser for støybelastning når mer presise data ikke finnes.

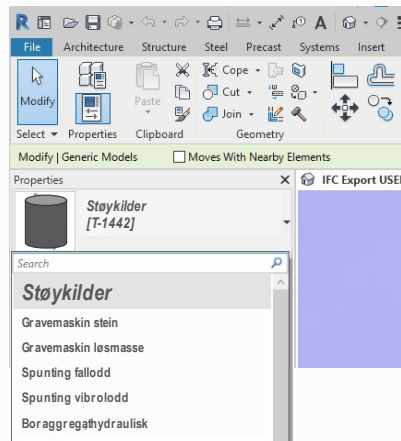
Masjintype	Masjin beskrivelse	Masse Bearbeiding	Lydeffektivitet (L _{wa}) dB
Gravemaskin	Normal	Løsmasse Stein	103 113
Hjullaster	Normal	Løsmasse Stein	106 113
Lastebil/dumper		Løsmasser	108
Doser, beltelastere		Løsmasser Stein	108 115
Andre, kjørende			112
Mobilkran			108
Tårnkran			95
Generator-aggregat	100 kW		100
Kompressor			105
Betongbygging	håndverkt/vibr		105
Betongpumpe			110
Boraggregat, hydraulisk	normal		118
	støysvak		113
Betongbrygger, hydr.	håndholdt		113
Betongbrygger, pneum.	håndholdt		123
Piggmaskin, hydr	Mindre		115
Piggmaskin, hydr	stor, på gravem		122
Spunting, fallodd	3000 kg lodd		130
Spunting, lufthammer	500 kg lodd		130
Spunting, vibrilodd			125
Spunting, "silent piling"			115
Tunnelvifte	udempet		120
	Dempet		110
Asfalttog / 100			110
Asfaltutlegger			105
Flisvogger	stor, trevirke		115
Vibrasjonsplate			105
Mobilt pukkverk			120
Råbygg 1	Lite		90
Råbygg 2	middels		95
Råbygg 3	Stort		100

Støykilder som sirkel/sylinder

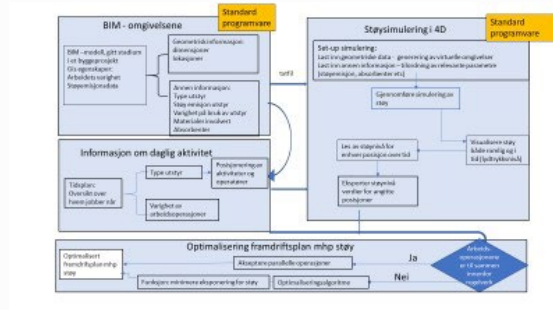
Oversikt Kilder og Utbredelse

Kilde	Beskrivelse	Masse	Lydeffektivå	Driftstid	R [m]	Kravverdi
Gravemaskin		Løsmasse		103	3	85
Gravemaskin		Stein		113	10	85
Spunting, fallodd	3000 kg lodd			130	33 %	70
Mobil pukkverk				120		22

AUTODESK
REVIT



Rammeverk/prosess for utvikling av prototyp



Sammenstillingsmodell og planlegging

- Navisworks
- Solibri
- Synchro 4D