

# BIM som verktøy

for å redusere støyeksponering for  
ansatte i bygg og anlegg

En manual

September 2023





Bidragstere:

Fra NORCE: Kari Anne Holte (prosjektleder), Kari Kjestveit og Leif Jarle Gressgård

Fra Multiconsult: Vemund Stensrud Thorød og Ingunn Milford

Fra Skanska: Håkon Westby Fløisbonn, Mads Knutsen, Kristin Hildegard Hovland og Anders Grønvold Fossli

# INNHALDSFORTEGNELSE

Forkortelser .....	4
<b>1. Manual – hvorfor og for hvem? .....</b>	<b>6</b>
1.1 Bruk av faser i prosjektplanlegging .....	7
1.2 Bruk av BIM i prosjektplanlegging .....	8
1.2.1 Hvordan informasjon brukes i BIM .....	8
1.2.2 Hvordan inkludere støy i BIM .....	8
1.2.3 Programvare og muligheter .....	9
<b>2. Støy som risikofaktor .....</b>	<b>10</b>
2.1 Definisjoner av støy .....	10
2.2 Grenseverdier for støy .....	11
2.3 Regulering av støy .....	11
2.4 Hvorfor redusere støy for de ansatte? .....	13
2.5 Forebygging av støy = tidlig innsats .....	13
2.6 Støykildekartotek .....	15
2.6.1 Fra tabell til bilde: Hvordan bruke støykildeinformasjon .....	15
<b>3. Forebygging av støy i prosjektets ulike faser .....</b>	<b>21</b>
3.1 Tidlig fase (arealplanfase og initiering program) .....	21
3.1.1 Arealplanfase .....	22
3.1.2 Initieringsfase .....	23
3.2 Forprosjektering/detaljprosjektering .....	24
3.2.1 Forprosjekt .....	24
3.2.2 Detaljprosjektering .....	25
3.3 Utførelse .....	27
Vedlegg 1: Støykartotek .....	29
Vedlegg 2: Eksempler på støyreduserende tiltak i ulike faser .....	30
Vedlegg 3: Støykart som verktøy .....	32
Vedlegg 4: Installasjon og bruk av Twinmotion .....	34

## Forkortelser

AML	Arbeidsmiljøloven
BA	Bygg og anlegg
BIM	Building Information Modelling
BHT	Bedriftshelsetjeneste
BNL	Byggenæringens landsforening
dB	Desibel
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
IA	Inkluderende arbeidsliv
KP	Koordinator prosjekterende
KU	Koordinator utførende
LEX, 8h	Ekvivalent (gjennomsnittlig) støynivå i løpet av åtte timer
LpC, peak	Toppverdi av lydtrykknivå
PSI	Personlig sikkerhetsinstruks
PVU	Personlig verneutstyr
ROS	Risiko- og sårbarhet
SJA	Sikker jobbanalyse
SHA	Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø



# 1. Manual – hvorfor og for hvem?

Dokumentet du nå leser er *ikke* en rapport, men en manual. På samme måte som du bruker en IKEA-instruksjon for effektivt å skru sammen et velfungerende produkt, vil vi vise deg hvordan du kan bruke trinnene i en planleggingsprosess til å designe et prosjekt best mulig, både med hensyn til organisering, kvalitet og helse. Bruk følgende punkter til å vurdere om og på hvilken måte manualen er relevant for deg:

**Formål:**        **Å redusere skadelig støy for ansatte i bygge- og anleggsbransjen**

**Hvordan:**       **Å ta inn informasjon om støy så tidlig i et prosjekt som mulig, gjennom**

- kunnskap om støykilder og lydnivåer (kap. 2)
- planlegging i prosjektets ulike faser (kap. 3)
- bruk av digitale støykart (kap 2.6 og vedlegg 3 + 4)
- bruk av BIM (Building Information Modelling) (kap. 1 og vedlegg 4)

**For hvem:**       **Alle som er involvert i prosjektfasene som vist i figur 1-1.**

Ikke alle kjenner seg igjen i kulepunktene under «hvordan», men mange er med i ulike former for *planlegging* av et prosjekt. Behovet for kunnskap om støy og støykilder gjelder de fleste. Eksempler på hvem manualen er relevant for:

- arealplanlegger/planmyndighet
- byggherre/tiltakshaverutbygger
- rådgiver/prosjekterende
- koordinator prosjekterende (KP)
- koordinator utførende (KU)
- entreprenør
- HMS-rådgiver
- verneombud
- bedriftshelsetjeneste
- anleggsleder
- BIM-koordinator
- produksjonsplanlegger
- produksjonsleder

Hvis du er en som vi definerer som relevant bruker av denne manualen, så oppfordrer vi deg til å finne ut hvilke deler som er mest nyttige for deg. Kanskje er det alle.

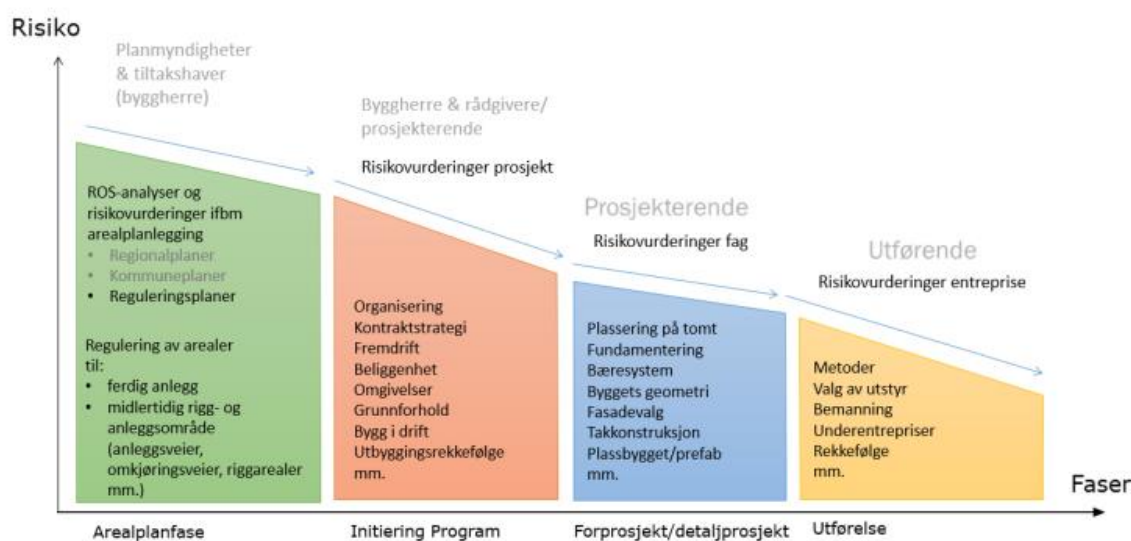
Som eksempel på utvelgelse: Planleggere i tidligfase bør se spesielt grundig på kap. 3.1, men helst også kap. 2. Det samme gjelder andre som har planleggingsansvar i et prosjekt. Du som er anleggsleder, bør se nøye på kapittel 2 og 3.3, og eventuelt vedlegg 1-3. For deg som sitter med ansvar for planlegging av digitale modeller og/eller ønsker å vite hvordan det er mulig å visualisere hvordan planlagte aktiviteter produserer støy, så er kap. 2.6 og vedlegg 1, 3 og 4 av størst interesse.

## 1.1 Bruk av faser i prosjektplanlegging

Manualen bygger på og viser til følgende dokumenter som beskriver aktiviteter og prosesser i ulike faser av bygge- og anleggsprosjekter:

- [Sikkerhet i byggefase. SHA-utfordringer i tidligfasen. Perspektivnotat 01.05.2021/Rev. 1.](#)
  - o Notat om SHA tidligfaseutfordringer, som er utarbeidet i IA-avtalens bransjeprogram for bygg og anlegg. Notatet beskriver hva som kan gjøres i tidlig planleggings- og prosjekteringsfase, slik at sykefravær og frafall blant arbeidstakerne på bygge- og anleggsplasser kan reduseres.
- [Veileder for fasenormen «Neste Steg». Et felles rammeverk for norske byggeprosesser.](#)
  - o «Neste Steg» (Stegnormen) er et rammeverk som beskriver byggeprosessen over tid, i åtte steg fra start til avvikling. Hensikten er å utvikle en felles norm for faseinndeling av byggeprosjekter, for slik å utvikle et effektivt, felles språk for bransjen.
- [NS3467: Steg og leveranser i byggverkets livssyklus.](#)
  - o Dokumentet beskriver et rammeverk med ti steg for bygg og anlegg gjennom hele livssyklusen, og tar utgangspunkt i
    - fasenormen «Neste Steg», og
    - «[Steg for steg – veien til gode reguleringsplaner](#)»
    - Begge disse ble utviklet på oppdrag av Bygg21 i 2015-2019.

Figur 1-1 viser fire faser av et prosjekt, med tilhørende behov for risikovurdering og valg. Spesielt i kapittel 3, som omhandler forebygging av støy i ulike faser, vil vi henvise til denne figuren.



**Figur 1-1: Eksempler på hvilke valg som tas og som skal risikovurderes i ulike faser av et prosjekt (kilde: Perspektivnotatet/Statsbygg)**

Figur 1-1 er hentet fra perspektivnotatet Sikkerhet i byggefase og er basert på en figur utarbeidet av Statsbygg. Fasenormen «Neste steg» (som beskrevet over) bruker åtte faser, mens NS3467 opererer med ti steg. De ulike inndelingene er to sider av samme sak, og figur 1-1 er en enkel og visuell måte å oppsummere de trinnene i en bygge-/anleggsprosess som er viktigst for vårt formål. Inndelingen er brukt som mal for organiseringen av kapittel 3 («Forebygging av støy i prosjektets ulike faser»), og rollene som er skrevet i grått over hver fase er derfor en veiledning for hvem som bør lese hvilke avsnitt.

## 1.2 Bruk av BIM i prosjektplanlegging

Building Information Modeling, forkortet «BIM» er et digitalt verktøy som brukes i planlegging og gjennomføring av store bygge- og anleggsprosjekt. Som tittelen tilsier, er BIM en samling av informasjon om det som skal bygges/konstrueres, f.eks. et stort bygningskompleks eller et vegprosjekt. Modellen blir en såkalt «digital tvilling» av det fremtidige prosjektet, og kan derfor være et verktøy for visualisering av ulike løsninger og tilhørende valg som skal tas underveis. Figur 1-1 på forrige side viser de ulike fasene i et større prosjekt, og BIM-modellen skal være på plass i løpet av fasen for utarbeidelse av forprosjekt (merket med blått i figuren).

Entreprenørene har ofte egne ansatte som jobber spesielt med BIM. Dette kan være BIM-koordinatører og annet personell som har kompetanse på å innhente, omforme og legge inn nødvendig informasjon i de digitale modellene. Samarbeid mellom BIM-personell og planleggere er en viktig forutsetning for å gjøre prosjektplanleggingen så konstruktiv og effektiv som mulig.

### 1.2.1 Hvordan informasjon brukes i BIM

Det er mange ulike typer av informasjon som legges inn i BIM. Felles for dem alle er at de er *kvantifiserbare*, det vil si at informasjonen kan måles eller telles, eller at den kan omgjøres til målbare størrelser og begrenses i tid.

Eksempler på informasjon som kan legges inn i en BIM-modell:

- Underentreprenør A skal arbeide i sone X alle dager i uke 7
- Vinduene på vegg Y skal være 1,20\*0,98 m og leveres av Underentreprenør B i uke 28
- Kran K er 11 m høy og har en radius på 16 m. Den jobber i sone Y fra uke 32-34

Det er altså relativt enkelt å legge inn fysiske og tallfestede størrelser i BIM-modellen, som til slutt blir et grunnlag for oppføring av det planlagte prosjektet. Man kan også gå inn på ulike tidspunkt i utførelsesfasen og se hvordan modellen endrer seg med tid og ulike aktører involvert. På den måten kan BIM-modellen brukes til å gjøre risikovurderinger av planlagte operasjoner, slik at gjennomføringen blir tryggere for de ansatte. Fokuset ligger ofte på *fysisk* risiko og akutte hendelser, dvs. på risiko for ulykker og arbeidsskader.

### 1.2.2 Hvordan inkludere støy i BIM

Å ha en BIM-modell er imidlertid ikke en garanti for at støy eller andre helsemessige forhold er tatt hensyn til. Støy kan komme fra mange ulike, men samtidige kilder, og konsekvenser av støy har langsiktige konsekvenser. (Mer om dette i kapittel 2.) Støybildet er derfor vanskelig å måle, tallfeste og geografisk plassere på gitte tidspunkt i en utførelsesfase. Informasjon om støy representerer derfor utfordringer som man har mindre erfaring med å inkludere i BIM og som krever samhandling mellom mange aktører og på tvers av fasene i prosjekt.

I arbeidet med denne manualen har formålet derfor vært å **finne metoder for hvordan vi kan redusere støyforhold i prosjekter som allerede benytter BIM i planleggingen**. Dette har avdekket at det er behov for mer samarbeid mellom aktører med ulike kompetanse, og det har resultert i forslag til nye måter å



benytte tilgjengelig informasjon på. Det kan være vanskelig å endre etablerte vaner og prosesser, men vi tror det er nødvendig for å ta tak i en av de store helseutfordringene på norske bygge- og anleggsplasser. Kapittel 3 beskriver hvordan man kan inkludere støyforebygging gjennom de ulike stegene i en planleggingsprosess.

### 1.2.3 Programvare og muligheter

Det finnes mange forskjellige programvarer som kan benyttes for å lage en BIM-modell. I de aller fleste prosjekter benytter man IFC som felles standard og format for utveksling av BIM-modeller mellom programvarer. Et prosjekt pleier å samle alle IFC-filer til en modell der en kan koordinere og planlegge prosjektet tverrfaglig. Dette kalles ofte for Sammenstillingsmodellen til prosjektet,

I tillegg til Sammenstillingsmodellen benyttes det ofte egne applikasjoner for spesielle formål, eksempler på slike formål kan være: Riggplanlegging, 4D-planlegging, kalkulasjon, kollisjonskontroll, mengdeuttak osv. Disse applikasjonene krever ofte mer kompetanse og kursing og benyttes ofte av færre i prosjektet.

For å lykkes med å bruke BIM for et formål i et prosjekt, er det viktig at personer har riktige forutsetninger for å utføre oppgavene. Noen oppgaver vil det ofte være nødvendig at utføres av BIM-spesialister mens andre oppgaver bør utføres av personer som har mye kunnskap om det enkelte prosjekt.

Fremgangsmåten som er beskrevet senere i denne manualen tar utgangspunkt i at en todeling i arbeidsoppgavene der en BIM-spesialist tilrettelegger en modell med alle bakgrunnsmodeller (eksisterende situasjon, prosjektert situasjon, forventet fremdrift (4D)) mens en person tilknyttet drift i prosjektet utfører en detaljert planlegging av støyeksponering på byggeplass.

For å kunne benytte metodikken i denne manualen må BIM-programvaren:

- Kunne importere de nødvendige filformatene i prosjektet
- Kunne sette ut nye støyobjekter i 3D fra et objektbibliotek
- Kunne visualisere fremdrift i henhold til tid (4D)
- Være enkel å installere, intuitivt i bruk og lav kostnad i bruk

I denne manualen er det tatt utgangspunkt i bruk av programvaren Twinmotion, men andre tilsvarende programvarer kan også benyttes for formålet. Vedlegg 4 beskriver hvordan man installerer og bruker Twinmotion.

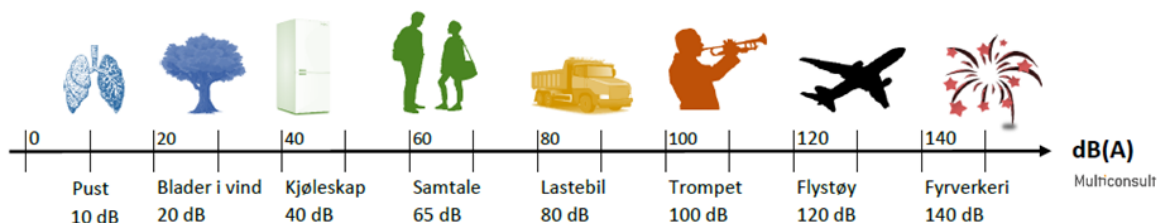
## 2. Støy som risikofaktor

Dette kapitlet skal gi nyttig kunnskap om hva støy er, grenseverdier for støy, og om hvordan støy kan reguleres og reduseres. Kapitlet er nyttig for alle som jobber i bygge- og anleggsbransjen, uavhengig av rolle og hvilken prosjektfase de hovedsakelig er tilknyttet (jf. Figur 1-1).

### 2.1 Definisjoner av støy

Lyd er små trykkvariasjoner i luft. Som vist i figur 2-1 spenner lydnivå fra lave lydnivå med f.eks. raslende blader med ca. 20 dB, til svært støyende jetfly med f.eks. 120 dB. En normal samtale ligger på omtrent 60-65 dB.

Støy betegnes normalt som lyd som oppleves som uønsket eller ubehagelig, og det vil variere fra situasjon til situasjon hva som oppleves som støy. I denne manualen forholder vi oss til helseskadelig støy med de grenser som er satt i arbeidsmiljøloven med tilhørende forskrifter og veiledere.



**Figur 2-1. Eksempel på lydnivå for ulike støykilder**

En utfordring med støy er at lydnivå oppfattes subjektivt. Det som oppleves som støy for én person, oppleves kanskje som «vanlig» for en annen. Dette kan bunne i alder/tilstand på hørsel, tidligere eksponering for støy og hva som oppfattes som «normal» eksponering for støy. Nettopp derfor er det viktig å vite hvor høyt lydnivå utstyret har. I kapittel 2.6 («Støykildkartotek») gis eksempler på lydnivå for ulikt utstyr. Også endringer av lydnivå oppfattes subjektivt: En endring på 1 dB er så vidt merkbar, 2-3 dB er merkbart og en endring på 10 dB kan oppleves som en halvering/dobling av støy.

På en bygge-/anleggsplass har man sjelden bare én lydkilde å forholde seg til. Summering (logaritmisk) av støykilder er derfor en viktig øvelse som supplement til Figur 2-1. Fordi lydnivå benytter en logaritmisk skala, vil to like kilder gi 3 dB høyere lydnivå. For eksempel: To gravemaskiner som gir 80 dB, vil sammen gi et lydnivå på 83 dB (mer om dette i 2.6.1). Dette må hensyntas ved planlegging og vurdering/valg av utstyr og maskiner (støykilder). Summeringen tilsier at det kan være hensiktsmessig tiltak å samle to støykilder i et hjørne av byggeplassen hvor det uansett må benyttes hørselvernutstyr, for å «frigi» og redusere støy i andre områder. Forebyggende tiltak er hovedtema i kapittel 2.5, og det nevnte eksempelet tilhører kategorien «isolere» i figur 2-2. Tiltak er også tema i andre kapitler.

## 2.2 Grenseverdier for støy

For å omgå subjektive oppfattelser og for å kunne forholde seg objektivt til støy på arbeidsplassen, har Arbeidstilsynet utgitt *Forskrift om tiltaks- og grenseverdier*. Forskriften angir både grenseverdier som ikke skal overskrides, og tiltaksverdier som skal benyttes ved planlegging av et prosjekt. Dette er nyttige verktøy sammen med kunnskap om lydnivå for utstyr som skal/kan brukes i prosjektet (jf. kap. 6). Grenseverdiene for støyeksponering er (utdrag fra forskrift i kursiv):

- *daglig støyeksponeringsnivå, LEX,8h: 85 dB*
- *toppverdi av lydtryknivå, LpC,peak: 130 dB*

*Ved fastleggingen av arbeidstakerens faktiske eksponering, skal det tas hensyn til den effektive dempingsvirkningen av påbudt personlig hørselsvern som arbeidstakeren skal bruke.*

8h indikerer åtte timer, dvs. en normalarbeidsdag. Det vil si at man ikke skal utsettes for en "støydose" på mer enn 85 dB lydnivå over åtte timer. Dersom varigheten er lengre eller lydnivået er høyere, skal tiltak igangsettes. Tilsvarende skal man ikke utsettes for plutselig impulslyd med nivå på mer enn 130 dB uten at tiltak er iverksatt. Impulslyd (toppverdi) er høye og kortvarige lydhendelse som f.eks. slag, eksplosjoner, osv. Nivåer over 130 dB kan medføre direkte og varig skade på hørselen som hørselstap eller tinnitus.

Videre står det i forskriften om tiltaksverdier for gruppe III (bygg og anlegg):

- *nedre tiltaksverdi for støyeksponeringsnivå, LEX,8h: 80 dB*

Dette betyr at alt arbeid hvor arbeidstakerne blir utsatt for lydnivå på minst 80 dB skal medfølges av ett eller flere støyreducerende tiltak (se 2.5.) Langvarig støybelastning ved lavere nivåer kan være helsefarlig selv når det ikke medfører umiddelbart hørselstap, og kan bl.a. annet gi uspesifikke helseplager, som stress, irritasjon, nedsatt konsentrasjonsevne, blodtrykksøkning, samt økt risiko for ulykker. Det er derfor også stilt krav til middelvei i dB av det varierende lydtryknivå en person blir utsatt for på arbeidsplassen i løpet av en åtte timers arbeidsdag (*LEX,8h*).

Støyskjermer eller andre fysiske barrierer kan bidra til å absorbere og/eller forsterke lyd og lydbølger. Ulike typer materialer kan absorbere lyd, eller forsterke støyen. Dette omtales også i kapittel 2.1.6, kapittel 3.3 og vedlegg 2.

## 2.3 Regulering av støy

I foregående avsnitt (2.2) ble det pekt på forskrift om tiltaks- og grenseverdier (Arbeidstilsynet). Denne forskriften er en utdyping og konkretisering av det som er nedfelt i Arbeidsmiljøloven. Også andre lover regulerer støy og stiller krav til hvordan støy skal håndteres i situasjoner som er relevant for bygge-/anleggsprosjekter. De ulike utdragene presenteres i en rekkefølge som noenlunde samsvarer med fasene i Figur 1-1. Dvs. at utdragene fra Plan- og bygningsloven representerer arealplanfase (tidligfase) og utdragene fra Arbeidsmiljøloven først og fremst gjelder for arbeidsgiver (utbyggingsfase):

**Plan- og bygningslovens** §11-8 beskriver hvordan kommuneplanens arealdel i nødvendig utstrekning skal «vise **hensyn og restriksjoner** som har betydning for bruk av areal», blant annet gjennom pkt. a) «*Sikrings-, støy- og faresoner med angivelse av fareårsak eller miljørisiko. Det kan gis **bestemmelser som forbyr eller setter vilkår** for tiltak og/eller virksomheter jf. §1-6 **innenfor sonen**».*

**Folkehelseloven** definerer i §1 at «Formålet til denne loven er å (...) bidra til å **forebygge** psykisk og **somatisk sykdom, skade eller lidelse**», blant annet knyttet til støy (§8). Gjennom §10 (Meldeplikt og godkjenning) kan departementet innenfor miljørettet helsevern gi «*nærmere bestemmelser om meldeplikt til, eller **plikt til å innhente godkjenning fra, kommunen før eller ved iverksetting av virksomhet som kan ha innvirkning på helsen.** Det samme gjelder ved endring av slik virksomhet. **Kommunen kan ved godkjenning sette vilkår for å ivareta hensynet til folks helse***». Dette er paragrafer som tar hensyn til eventuelle tredjeparter i bygge-/anleggsarbeid, som f.eks. naboer, men som ikke gjelder arbeidstakerne.

**Byggherreforskriften** regulerer ansvaret til byggherre. I §5 (Generelle plikter) defineres det: «Byggherren skal gjennom hele prosessen a) sørge for at **hensynet til sikkerhet, helse og arbeidsmiljø** på bygge- og anleggsplassen **blir ivaretatt** (...).» Videre står det: «Byggherren skal under planleggingen og prosjekteringen a) **ivareta sikkerhet, helse og arbeidsmiljø** ved de **arkitektoniske, tekniske eller organisasjonsmessige valg** som foretas (...).»

I etterfølgende paragrafer defineres byggherres krav til **synliggjøring av risikoforhold** som skal inngå i tilbudsgrunnlaget (§6), **plan for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø** og **synliggjøring av denne** (§7), og **koordinering og oppfølging av HMS-arbeidet** (§14).

Byggherreforskriften gjør det derfor svært tydelig at byggherre har en sentral rolle i tidligfase av et prosjekt (jf. Figur 1-1), når det gjelder planlegging mot og forebygging av støy. I neste ledd/fase beskriver §17 hvordan byggherres ansvar går videre til **prosjekterende**, mht. å **ivareta HMS gjennom valg av arkitektoniske og tekniske løsninger, kartlegging/vurdering av risiko** på bygge-/anleggsplassen (også i tverrsnittet mot andre fag), håndtering av **nyoppståtte risikoforhold**, dokumentasjon og **samhandling** mellom aktører.

Med referanse til prosjektfasene i Figur 1-1- har de foregående lovtekstene beskrevet ansvar i tidligfase, under forprosjekt og i detaljprosjektering. Arbeidsmiljøloven er aktuell som grunnlag også der, men blir enda mer synlig i siste fase, som er utførelse:

**Arbeidsmiljølovens** § 4-4 stiller krav til det fysiske arbeidsmiljøet. Under pkt. 1 står følgende: «*Fysiske arbeidsmiljøfaktorer som bygnings- og utstyrmessige forhold, inneklime, lysforhold, **støy**, stråling o.l. skal være **fullt forsvarlig** ut fra hensynet til **arbeidstakernes helse, miljø, sikkerhet og velferd***». Videre står det i pkt. 2: «*Arbeidsplassen skal innredes og utformes slik at **arbeidstaker unngår uheldige fysiske belastninger***».

I praksis betyr dette at det som er igjen av helserisiko (i dette tilfelle støy) skal håndteres i utførelsesfasen, og av de aktørene som har ansvar her. Avsnitt 2.5 tar for seg hvorfor og hvordan denne restrisikoen bør gjøres så lav som mulig.

## 2.4 Hvorfor redusere støy for de ansatte?

Helseskader som følge av støy koster samfunnet 2 mrd. kroner årlig, og hørselsskader er en av de raskest voksende folkehelseutfordringene vi har<sup>1</sup>. BA-bransjen representerer yrkesgrupper og arbeidssituasjoner som er særskilt utsatt for støy<sup>2</sup>, og hvor potensialet for å redusere skadelige konsekvenser er stort.

For BA-bransjen er det mye å spare på å redusere støy, også for den enkelte bedrift. Støy og vibrasjon er ofte sammenfallende risikofaktorer, og ved å redusere støy og støyeksposering, vil en samtidig redusere de mange helseutfordringene som er knyttet til vibrasjon. Mange tror at støy kun bidrar til skader i øret (hørselsskade og tinnitus), for eksempel fra kortvarig, ekstreme lydnivå. Andre negative konsekvenser av støy er:

- **Psykisk:** Stress, nedsatt konsentrasjon, tretthet og søvnforstyrrelser (som igjen gir økt risiko for uønskede hendelser).
- **Fysisk:** Økt blodtrykk, muskelreaksjoner, hurtigere hjerteslag. Langvarig utsettelse for støy kan medføre hjerte- og karsykdommer, etc.
- **Kommunikasjon og risiko:** Vanskelig å snakke/høre og problemer med å motta beskjed. Farlige situasjoner kan oppstå. Det er vist at nedsatt hørsel har sammenheng med ulykker.

Dersom støy blir håndtert tidlig i et prosjekt, vil en kunne spare både tid, krefter og penger, fordi en unngår å måtte håndtere støyproblematikk som først kommer til syne langt uti prosessen. Andre fordeler med redusert støy for de ansatte, er:

- Bedre helse = mindre fravær
- Bedre helse = ansatte kan stå i arbeid lenger
- Redusert støy for naboer = økt effektivitet i prosjektet
- Bedre kommunikasjon på byggeplass = økt effektivitet i prosjektet

## 2.5 Forebygging av støy = tidlig innsats

Som med så mye annet: Det som er godt planlagt, er lettere å gjennomføre. Så også for støyreduksjon. På samme måte som at risiko for ulykker og skader er en naturlig del av planleggingsprosesser i tidlig fase, bør støy være et tema allerede i starten av et prosjekt. Dette er godt beskrevet gjennom krav i lovverket (jf. 2.3) og disse kravenes samsvar med aktørene og fasene i et prosjekt (Figur 1-1).

Figur 2-2 viser kontrollhierarkiet (også omtalt som «den omvendte pyramiden») <sup>3,4</sup>. Idéen bak figuren er å vise at tiltak som settes i verk tidlig (i toppen) har større effekt enn tiltak som settes i verk sent (i bunn). Det er i starten av en prosess at vi har mulighet for å ta bort risiko, gjøre om på prosjektet, bytte utstyr og arbeidsmetoder, og å planlegge aktivitetene for at færrest mulig skal bli berørt av risiko. Når alt dette er gjort og vi likevel står igjen med restrisiko, må vi ty til konsekvens-reducerende tiltak. Dette kjenner vi best

---

<sup>1</sup> <https://www.nrk.no/norge/en-million-nordmenn-har-nedsatt-horsel-1.14975104>

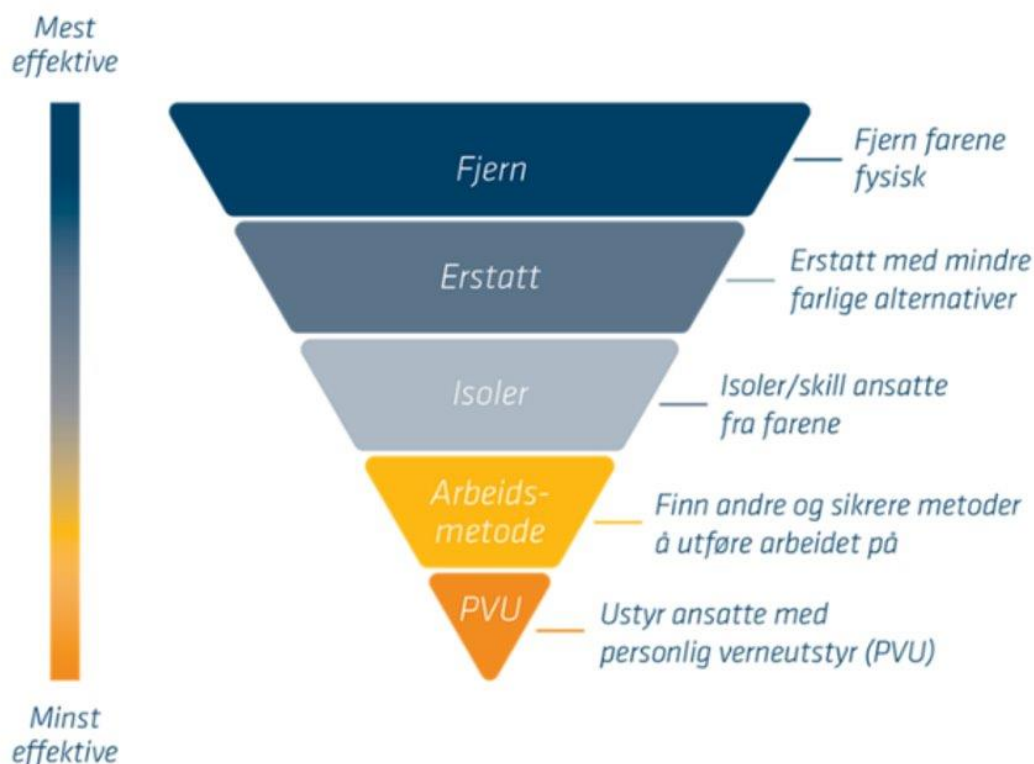
<sup>2</sup> Holte, Gressgård & Kjestveit. Integrering av HMS i bygge- og anleggsprosjekt ved bruk av BIM: Et forprosjekt om barrierer og muligheter. NORCE-rapport nr. 35/2020

<sup>3</sup> NIOSH (det amerikanske arbeidsmiljøinstituttet); Hierarchy of Controls. NIOSH: Washington DC, USA, 2015.

<sup>4</sup> Ajslev, J.Z.N, Møller, J.L., Andersen, M.F., Pirzadeh, P. og Lingaard, H. (2022). The hierarchy of controls as an approach to visualize the impact of occupational safety and health coordination. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 2731.

som personlig verneutstyr, og for støy snakker vi om hørselvern. Det er en god ting at de ansatte bruker hørselvern, og det er bra at det utvikles nye og mer effektive hørselvern. Like fullt; dette er forebygging av støyskader på laveste – og siste – nivå. Vi må ha som mål å forebygge støyskader på et så tidlig tidspunkt som mulig, gjennom å *planlegge bort* mest mulig av støbelastningen for flest mulig mennesker.

I avsnitt 2.3 presenterte vi hva lovverket sier om forebygging av helse- og støyskader og hvilke krav som stilles til aktørene i tidligfase. I kapittel 3 viser vi tydeligere hvordan beslutninger som berører støy i praksis kan bakes inn de ulike trinnene i en planleggingsprosess, allerede fra tidligfase.



**Figur 2-2: Kontrollhierarkiet («den omvendte pyramiden») (Ajslev et al., 2022)**

De ulike nivåene i Figur 2-2 beskriver konkrete størrelser og fysiske tiltak. Det er viktig å huske at på tvers av disse fem nivåene, så ligger det et betydelig element av organisatoriske løsninger. Det er vanskelig å gå inn på ett og ett nivå, dersom ikke planlegging, risikovurdering og samhandling ligger til grunn i prosjektet (som beskrevet i lovverket, jf. 2.3). Med referanse til både Figur 1-1 og Figur 2-2 er det viktig at støy som risikofaktor blir et gjennomgående tema allerede fra tidligfase til utførelsesfase. Kun på den måten er det mulig å planlegge og organisere bort støyrisiko på en effektiv måte. Dersom støy først kommer opp som tema i utførelsesfasen, står utfører igjen med begrensede alternativer sammenlignet med om støyrisiko har vært tema helt fra planfasen. (Slik som status er for sikkerhetsrisiko.)

## 2.6 Støykildekartotek

For å jobbe forebyggende med støy, er det behov for informasjon om støykilder og tilhørende lydnivå. Vi har lagt kontrollhierarkiet («den omvendte pyramiden») til grunn for forebygging, og ett av nivåene i pyramiden er å «erstatte med mindre farlige alternativer» (figur 2-2). Å gjennomføre en slik endring forutsetter at man har tilstrekkelig informasjon om:

- hvilke støykilder som er planlagt
- hvilket lydnivå de har for ulike aktiviteter
- hvilke alternativer/erstatninger som finnes, og
- lydnivå for/effekt av alternativene

### 2.6.1 Fra tabell til bilde: Hvordan bruke støykildeinformasjon

Informasjonen om støykilder bør være lett tilgjengelig for brukerne og på et tidlig tidspunkt. Visualisering av støy i en BIM-modell er en god måte å gjøre dette på. Typiske brukere er de som skal ta konkrete valg om konsept, tidsforløp og organisering av aktiviteter både innad og opp mot tilgrensende prosjekt, både i tidligfase og utførende fase.

Brukere som ikke selv jobber med støykildeinformasjon, bør få denne presentert av de som har kompetanse og programvare. BIM-personell har slik kompetanse, men det er en fordel om flere har tilgang og mulighet til å benytte slikt verktøy. Selve programvaren, installering og oppstart beskrives i vedlegg. Informasjon om støykilder må ha *et format som støtter visualisering* med data som enkelt tilpasses og legges inn i programvaren tilknyttet BIM.

For at støykildeinformasjon skal tilpasses BIM, må man etablere oversikter eller kartotek som informasjonen kan hentes fra. Et kartotek bør bestå av to ting: a) bakgrunnsdata om støy, og b) den informasjonen som skal til for å illustrere/visualisere støy i BIM-modellene. Verktøyet baserer seg på at informasjon om støykilder omdannes til illustrasjoner (bilder) som viser *støyradius* til ulike objekter. En *støyradius* er et område rundt objektet som tar hensyn til objektets lydnivå (dB) ved den gitte aktiviteten, og som er koblet til grenseverdien for lydnivå (som beskrevet i 2.2). Støyradien viser derfor hvor mye objektet tar opp av volum/plass, og som ansatte ikke kan bevege seg innenfor uten å ha tilstrekkelig verneutstyr.

I programvaren etableres en mappestruktur eller nedtrekksmenyer, der støykildene ligger som objekter der den tilhørende støyinformasjonen er visualisert inn i objektet, og dermed kan hentes inn i eksisterende BIM-modeller. I det følgende vises ulike eksempler på illustrasjoner.

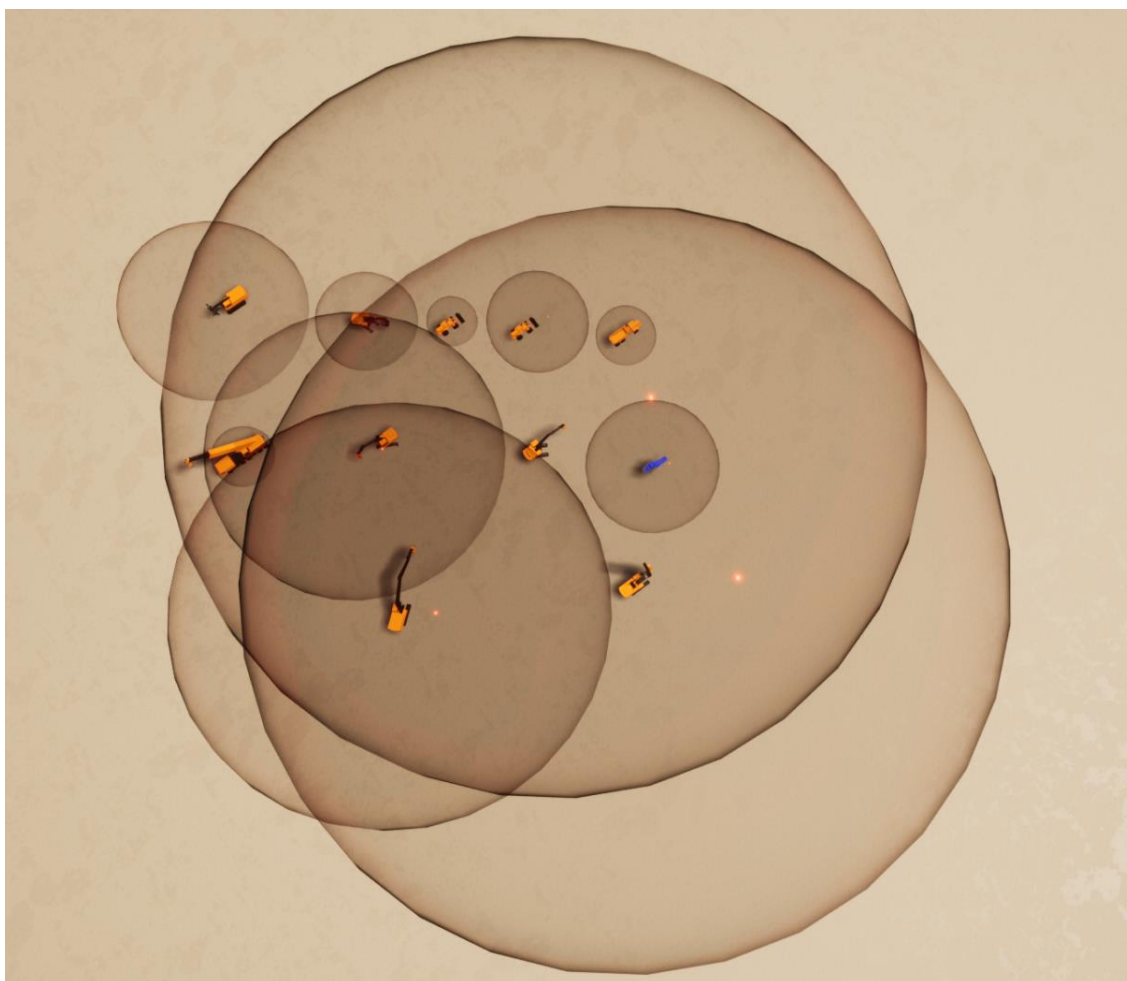


**Figur 2-3: Eksempel på støykilde med radiuskrav. Radiusen illustrerer i hvor stor avstand rundt en støykilde det er helseskadelig støy ut fra forventet/planlagt driftstid per dag for støykilden.**

Figur 2-3 synliggjør tre ulike støykilder på samme byggeplass. Hver av disse hentes inn i modellen via nedtrekksmenyer. De tre ulike støykildene (en gravemaskin, en gravemaskin med pigg og en heisekran) har ulike lydnivå og støyen har derfor ulik utbredelse på byggeplassen. Dette gir opphav til ulike radiuskrav, forklart som den radiusen basert på innlagt driftstid og grenseverdiene gitt i Arbeidsmiljøloven (AML) man ikke kan bevege seg innenfor. Sagt på en annen måte; den avstand som ansatte må ha til støykilden for å ikke overgå grenseverdiene for en 8-timers arbeidsdag (uten verneutstyr). Dersom en ansatt blir satt til å jobbe innenfor denne radiusen (over tid) vil det være brudd på Arbeidsmiljøloven og utgjøre risiko for hørselskade. Det er denne radiusen som er illustrert gjennom boblene støykilden er plassert inne i.

Fordi radiuskravet er forskjellig for disse tre maskinene, er «boblene» deres av ulik størrelse. Figur 2-4 viser at støykilder – når de plasseres rundt om på en byggeplass – bidrar til kombinasjonstøy fra flere objekter samtidig. Denne er vanskeligere å måle, men vi vet at den bidrar til et høyere støynivå (se tabell 2-1).





**Figur 2-4: Eksempel på flere støykilder med ulike radiuskrav og hvordan dette kan etablere soner for helseskadelig støy**

Figur 2-4 viser en byggeplass sett ovenfra og synliggjør hvordan ulike støykilder overlapper hverandre. I dette eksemplet er utstyr med lave radiuskrav plassert innenfor boblene til utstyr med høyt radiuskrav, noe som ikke er veldig hensiktsmessig. To like støykilder gir 3 dB mer lyd enn én av dem alene, og to ulike støykilder gir like mange dB som den som støyer mest. Dette er vist i tabell 2-1, og informasjonen kan benyttes på alt utstyr som man vet dB-nivået til. Hvis man innenfor kort tid skal bruke svært støyende utstyr, vil en konsentrasjon av to maskiner derfor ikke gi betydelig mer støy enn én, noe som taler for å gjøre arbeidet samtidig. Hvis vi fortsetter å bruke eksempelet i figur 2-4, så kan informasjonen som er gitt brukes på to måter:

1. Utstyret med de høyeste radiuskravene (største ringene) kan planlegges til visse tider på dagen, slik at arealet blir «frigitt» mht. støy i den øvrige perioden.
2. Utstyret med de høyeste radiuskravene blir samlet i én ende av byggeplassen (i en periode), samtidig som arbeidet med mindre støyende utstyr blir utført på andre steder, slik at færrest mulig av de ansatte blir eksponert for den høyeste støyen.

Når man konsentrerer støykildene, bidrar det til områder med mye støy, samtidig som andre områder frigjøres for støy. I perioder kan det derfor være hensiktsmessig å dele byggeplassen inn i "svært støyende" områder og "lite støyende" områder. En illustrasjon som figur 2-4 er god å bruke til planlegging av arbeid på kort og mellomlang sikt.

**Tabell 2-1: Eksempel på dB (lydnivå) for overlappende støykilder**

Støykilde 1 (dB)	Støykilde 2 (dB)	Sum dB
Gravemaskin (80 dB)	Gravemaskin (80 dB)	83 dB
Gravemaskin (70 dB)	Gravemaskin (80 dB)	80 dB
Lydkilde 1 (2 dB)	Lydkilde 2 (2 dB)	5 dB



**Figur 2-5: Oversiktsbilde av byggeplass med støykilder og annet utstyr**

Figur 2-5 er et oversiktsbilde av støykilder og annet utstyr på en byggeplass. Til venstre ser vi en tårnkran og arbeidsradiusen til denne, mens det midt i bildet og oppe til høyre vises støyradius for to maskiner i aktivitet. Figur 2-5 bidrar til god oversikt over plassering av de ulike støykildene med tilhørende radiuskrav, kombinert med andre begrensninger (tårnkranen), noe som gir et godt grunnlag for planlegging av bevegelser og aktivitet på byggeplassen til gitte tidspunkt.

Denne måten å visualisere en støykilde på, baserer seg på bakgrunnsinformasjonen som hver aktør skal kunne hente ned eller ha tilgjengelig i egne kartotek. Tabell 2-2 er et eksempel på et kartotek som kan benyttes for å lage en illustrasjon som figur 2-5.

**Tabell 2-2: Støykildeinformasjon med radiuskrav for 8 timers eksponering. Lydeffektnivå er hentet fra veileder til støyretningslinjen T-1442**

Eksempler støykilder	Egenskaper	Materiale involvert	Lydeffektnivå	Driftstid (%)	Radiuskrav 85 dB (8 timer) (meter)
Gravemaskin		løsmasse	103	100	3
Gravemaskin (1/2 dag)		løsmasse	100	50	2,2
Gravemaskin (1/4) dag		løsmasse	97	25	1,6
Gravemaskin		stein	113	100	10
Generator-agregat	100 kW		100	100	2
Hydraulisk piggmaskin	liten		115	100	12,5
Hydraulisk piggmaskin	stor, på gravemaskin		122	100	28
Spunting	vibrolodd		125	100	40
Spunting	silent piling		115	100	12,5
Flishogger	stor	trevirke	115	100	12,5

Tabellen viser eksempler på ulike støykilder, egenskaper og materiale involvert som gir et visst lydeffektnivå. Egenskaper og materialer involvert er lagt til som egne kolonner for å illustrere at det ikke er maskinen alene som lager støy, men at det har sammenheng med materialet den er i kontakt med. En hammer i ro lager ingen lyd, og den lager ulik lyd om du slår den i ei pute eller en betongvegg. På samme måte er lydnivået til en gravemaskin avhengig av hva slags materiale den arbeider med.

Basert på driftstid og grenseverdiene i Arbeidsmiljøloven (AML), har tabellen en kolonne til høyre som viser radiuskrav som i hensyntar både driftstid og grenseverdiene i AML. En mer fullstendig tabell er vist i vedlegg 1.

Tallene i Tabell 2-2 er verdier hentet inn fra en standard som finnes her:

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/retningslinje-for-behandling-av-stoy-i-arealplanlegging/id2857574/>.

Lydeffektnivå kan forenklet omregnes til lydtrykknivå en punktkilde for en radius (meter) via denne formelen:

$$\text{Lydtrykknivå (Lp)} = \text{Lydeffektnivå (Lw)} - 20 \times \log(\text{radius}) - 8 \text{ dB}$$

Som vist i tabell 2-1 gir to like støykilder 3 dB mer støy enn den ene alene. Å måle flere støykilder kan være utfordrende, men det finnes også tabeller for dB når man har flere like støykilder. Det er også relevant hvorvidt utstyret er i bruk hele dagen, halve dagen eller mindre. Det er også vist i tabell 2-2, hvor en gravemaskin brukt i løsmasse gir ulike begrensninger for omgivelsene (såkalte radiuskrav) basert på hvilken driftstid den har i løpet av dagen.

Dersom ikke annen informasjon er tilgjengelig kan verdier hentet fra T-1442 benyttes, eksempelvis i tidlige faser for å estimere støybelastning før man har detaljert informasjon basert på tall som eventuelt entreprenører sitter på.

Entreprenører vil basert på egen maskin- og utstyrspark kunne etablere egne kartotek med støykildeinformasjon som kan omgjøres til illustrasjonene vist i 2-4 og 2-5. Kartoteket kan inneholde informasjon om støyende utstyr som produsentene har oppgitt. Videre er virksomheter pålagt gjennom

arbeidsmiljøloven (AML) å gjennomføre risikovurderinger, noe som betyr at de må måle støy i egne aktiviteter og arbeidsoperasjoner. Slike målinger kan legges inn i samme tabell, og danne grunnlaget for den informasjonen som brukes for visualiseringen. Et eksempel på en slik tabell er vist i tabell 2-2. Den benytter de samme støykildene som i tabell 2.1, men hvor tredje siste kolonne er der hvor entreprenøren legger inn egne data. Radiuskrav kan deretter regnes ut ved hjelp av formelen som er gitt tidligere i avsnittet. Kartoteket bør derfor bruke den informasjonen som gir den beste og riktigste angivelsen av lydnivå for måten som støykilden er tenkt i bruk.

**Tabell 2-3: Eksempler på informasjon som kan settes inn i en tabell av entreprenøren selv**

Støykilder (eksempler)	Produsent	Egenskaper	Materiale involvert	Lydeffekt nivå (egne målinger)	Driftstid (%)	Radiuskrav 85 dB (8 timer) (meter)
Gravemaskin			løsmasse		100	
Gravemaskin (1/2 dag)			løsmasse		50	
Gravemaskin (1/4) dag			løsmasse		25	
Gravemaskin			stein			
Generator-aggregat		100 kW				
Hydraulisk piggmaskin		liten				
Hydraulisk piggmaskin		stor, på gravemaskin				
Spunting		vibrolodd				
Spunting		silent piling				
Flishogger		stor	trevirke			

Tilsvarende som for støykilder, kan fysiske tiltak fremstilles som objekter (f.eks. skjerming, vegg med absorberende materiale, etc.) og legges inn i programvaren tilknyttet BIM i en egen mappestruktur eller via nedtrekksmenyer. På den måten kan også skjermende tiltak hentes inn i eksisterende BIM-modeller.

En grov *antakelse* for hvor mye støy man kan redusere ved bruk av skjerming er: 5-15 dB for enkel god skjerm, 3-10 dB for en husrekke med åpninger og opptil 20 dB ved tett husrekke.

## 3. Forebygging av støy i prosjektets ulike faser

Alle faser i dette kapitlet refererer tilbake til figur 1-1 i kapittel 1.1. Dersom man ikke allerede har lest kapittel 1, så anbefaler vi å gjøre det først. Det er også en fordel å ha lest kapittel 2, som omhandler støy som risikofaktor, og om ulike tema som er relevant i den sammenheng.

### 3.1 Tidlig fase (arealplanfase og initiering program)

I tidlig fase besluttes overordnede målsetninger og strategier. Dette kan innebære vurderinger i forhold til muligheter og utfordringer i form av teknologi, bygg og tekniske anlegg, inklusive alternative valg om å rehabilitere eller bygge om.

I tidlig fase settes ambisjonene. Ambisjoner kan settes for forbedret SHA, inklusive spesifiserte tema og eksponeringer. Man kan også sette ambisjoner for bruk av nye metoder og verktøy.

#### Oppgaver for prosjektets ledelse kan konkrete innebære å:

- **Spesifisere** hvordan prosjektering og planlegging skal ha **fokus på spesifikke risikofaktorer** og **reduksjon av spesifikk eksponering** som støy.
- **Inkludere personer med spesifikk kompetanse på støy** (f.eks. akustikere og fagpersonell fra HMS/BHT) som deltakere/bidragsyttere i denne og videre faser.
- Spesifiserer ambisjoner om å bruke **nye metoder og verktøy**, som **visualisering i BIM** for å **reducere støyeksponering**.
- **Å identifisere og vurdere støy** som risikofaktor for ansatte i tidlig fase, samtidig som dette vurderes for tredjepart.
- **Å velge løsninger** i bygget/konstruksjonen som kan bidra til mindre støy og å identifisere hva slike løsninger kan være.
- **Sikre utforming av kontrakter** som kan bidra til at det **settes krav til entreprenører** mht. innlemming av spesifikke eksponeringer som støy i sin **prosjektering, planlegging og valg** av støysvake løsninger, **basert på tilgjengelig ny metodikk i BIM**.

I tidligfase skal man gjøre de første risikovurderingene. En oversikt over farer som kartlegges blant annet i risiko- og sårbarhetsanalysene (ROS-analyser) er synliggjort i BNL sitt perspektivnotat *SHA-utfordringer i tidligfasen*, som også er omtalt i kapittel 1.1. Basert på denne oversikten har vi tydeliggjort hvilken betydning disse kan ha for støy. Dette er vist i tabell 3-1. Denne tabellen vil derfor være et grunnlag for å innlemme støy i disse risikovurderingene.

**Tabell 3-1: Farer som er inkludert i ROS-analyser og betydning for støy (kilde: Perspektivnotatet)**

Vanligste farer som må kartlegges med ROS-analyser	Faktorer som kan ha betydning for støy	Kommentar
Grunnforhold	Typer masse og bergarter	Har betydning for støynivå i operasjoner med maskiner.
Fjerning av eksisterende konstruksjoner	Støygenerende aktiviteter i tilknytning til riving	Aktivitet som kan foregå parallelt med oppstart byggegrep/råbygg.
Arkitektoniske valg	Materialvalg	Har betydning for generering av støy, når det bearbeides.
Tekniske valg	Materialvalg i bæresystemer Valg av maskinpark	Har betydning for generering av støy når det bearbeides.
Omgivelser/ 3. part	Andre tilstøtende prosjekter som produserer støy	Tilstøtende prosjekter produserer egen støy og kan bidra til høyere støynivå pqa. kombinasjonstøy og samtidig drift.
Logistikk / rigg og drift	Både trafikk og lasting og lossing kan bidra til støy. Adkomst, soner for lasting og lossing og riggplan som synliggjør ulike faste og flyttbare elementer er viktig for det generelle støybildet på en byggeplass.	Bidrar til å genere kombinasjonstøy (samtidig bruk av maskiner, pluss generell trafikk på anlegget).
Organisatoriske valg	Dette inkluderer entreprisseform og kontraktsstruktur, innkjøpsstrategi og utbyggingsrekkefølge. Dette kan indirekte påvirke støy.	Manglende fokus på HMS i forbindelse med disse valgene bidrar til manglende fokus senere. Her kan man sette krav til å bruke ny teknolog og nye metoder.
Byggedrift/fremdrift	Fastsettelse av byggetid og god fremdriftsplanlegging kan påvirke rekkefølge og sammenfall av arbeidsoperasjoner, som kan bidra til at man unngår kombinasjonstøy.	Stram fremdrift kan føre til nedprioritering av fokus på skader som ikke er umiddelbare (som mange hørselsskader er).

### 3.1.1 Arealplanfase

Det som perspektivnotatet omtaler som arealplanfase, handler om arealregulering og inkluderer identifisering av planstatus for området og behovet for nye planprosesser. Det kan også inkludere overordnede ROS-analyser. Tema som kan undersøkes, som kan være relevante for generering av støy, er grunnforhold og trafikk. Man undersøker også hvorvidt det i tilknytning til politiske føringer og beslutninger er aspekter som angår tilstøtende områder, f.eks. andre utbyggings-prosjekter.

Tema som bør vurderes:

- plassering av midlertidig rigg- og anleggsområder
- hvordan trafikk til/fra kan påvirke arbeids- og støyforhold
  - f.eks. lasting, lossing og tømning

Støy fra BA-prosjekter til omgivelsene må synliggjøres i denne fasen. Samme informasjon kan benyttes til tidlig vurdering av støyrisiko for arbeidstakerne. Det kan eventuelt stilles krav til senere vurdering av denne risikoen.

### 3.1.2 Initieringsfase

Dette er det første ordinære prosjekteringssteget i byggeprosessen, og ulike løsningsalternativer utforskes med tanke på arkitektonisk utforming, arealdisponering og hovedsystemløsninger. Stegnormen beskriver at en viktig ledelsesoppgave i dette steget er å ta standpunkt til de ulike alternativene og vurdere disse opp mot prosjektmål og programkrav.

#### **Oppgaver for prosjektets ledelse på dette trinnet kan konkret innebære å:**

- Kontrahere planressurser, arkitekter og rådgivere etter behov for skisseprosjektering og senere forprosjektering, **inkludert vurdering av behov for tidlig grov analyse av bygg- og anleggsstøy for ansatte på byggeplass og omgivelsene rundt tomten fra akustisk rådgiver.**
- Starte kartlegging og vurdering av HMS-risiko knyttet til bygging, og etablere første versjon av SHA-plan.
- Gjøre **vurdering av løsninger som kan bidra til reduksjon i støybildet (jf. tabell 0-1 i vedlegg 2)**, der slike vurderinger kan være å:
  - vurdere løsninger for grunnarbeider og fundamentering (spunting, peling, boring, pigging, osv.). Dette er normalt veldig støyende arbeider, og mulighet for bruk av mindre støyende metoder bør vurderes tidlig i prosessen. Andre forhold kan for eksempel være dype kjellerløsninger, store utgravninger og større terrenginngrep.
  - vurdere bæresystem og andre konstruksjoner opp mot støy på arbeidsplassen, i forhold til f.eks. benyttelse av prefabrikasjon, redusert bygge-/montasjetid.
- Ta stilling til valg av entrepriseform og kontraktstruktur. F.eks. tidlig involvering av entreprenør for bedre ivaretagelse av støy for ansatte.
- Vurdere **utbyggingsrekkefølge** (samtidige byggeprosjekter)
- Sørge for at det avsettes tilstrekkelig tid til prosjektering og utførelse av de forskjellige arbeidsoperasjoner. **Utarbeide tidsplan for å sikre at det i størst mulig grad på dette stadiet gis mulighet til å utarbeide løsninger som bidrar til å forebygge ulykker og helseskade, eller at støyende arbeidsoperasjonene får negativ innvirkning på hverandre.**
- Dokumentere vurderinger som er utført, og sørge for at videre vurderinger gjøres i neste steg, og/eller inngår i krav og informasjon i tilbudsgrunnlag.

## 3.2 Forprosjektering/detaljprosjektering

### 3.2.1 Forprosjekt

I forprosjektet detaljerer man det valgte konseptet og videreutvikler SHA-plan (ref. Stegnormen, se 1.1.). Her sikres et tverrfaglig konsistent grunnlag som dokumenterer hvordan arkitektonisk, funksjonell og teknisk utforming og løsning oppfyller prosjektmål og programforutsetninger. Aktivitetene skal sikre at beslutninger tas på et bærekraftig grunnlag, som inkluderer ansatte sine arbeidsforhold.

Når forprosjektet er avsluttet, skal det prosjekterte materialet og løsninger være brakt til et nivå der relevante systemvalg og hovedløsninger er beskrevet og besluttet. Det gjennomføres en overordnet vurdering av mulighet for å gjennomføre prosjektet innenfor rammene fastsatt i tidligfase.

En viktig aktivitet i forprosjektet er planlegging for sikker byggeplass. I dette arbeidet kan det benyttes en veiledning om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø i planlegging og prosjektering, med tilhørende sjekklister for risikoforhold som bør kartlegges. Denne er utviklet av Rådgivende Ingeniørers Forening (ref. Perspektivnotatet), og er tilgjengelig her: <https://rif.no/publikasjoner/fagogmarked/>.

Risikovurderingen skal avdekke farepotensialet knyttet til tomt og byggverk. Hensikten er å finne effektive tiltak i prosjektering som eliminerer eller reduserer denne risikoen. Risikovurderingen skal involvere alle fag.

HMS-forhold og risiko kan nå vurderes med utgangspunkt i valg av tekniske, funksjonelle og fysiske strukturer. Dette baseres på strategier og målsetninger definert i tidligere faser. På dette tidspunktet vil det nå være tilgjengelige BIM-modeller, som i henhold til NS-3467 skal videreutvikles og detaljeres med grunnlag i BIM-gjennomføringsplan.

#### Oppgaver for prosjektets ledelse på dette trinnet kan konkret innebære å:

- Benytte **støymodell for BA-støy mot 3. part** (berørte naboer) som utgangspunkt for **modellering/visualisering av støyeksponering for ansatte**.
- Vurdere **behov for tiltak og løsninger som bidrar til at definerte HMS-krav- og mål etterleves og nås**. Dette inkluderer:
  - o Vurdering av **tidsbruk og muligheter for spredning av aktiviteter** over tid.
  - o Vurdering av **kortsiktig sikkerhetsrisiko** og **langsiktig helserisiko/-belastning**.
  - o Alternative løsninger for reduksjon av risiko med utgangspunkt i kontrollhierarki/ omvendt pyramide (jfr. Figur 2-2)
  - o Å sikre at **relevante fagpersoner** involveres, som f.eks. akustikere og rådgivere innen HMS/BHT.
  - o Vurdere behov for å kontrahere/involvere rådgivere.
- Sikre **kjennskap til HMS-relaterte beslutninger** for relevante aktører, samt vurdere og kommunisere restrisiko som følge av beslutninger.
  - o Vurdere og kommunisere forhold som er viktig å kjenne til for aktører som kommer inn i senere prosjektfaser.
  - o Valg av kommunikasjonsform-/arenaer som sikrer felles forståelse.
- Legge til rette for at **BIM-modellene ivaretar hensyn til støy**.
  - o **Ansvarliggjøre/informere BIM-koordinator** slik at nødvendig ekstra programvare kan identifiseres og installeres



- Sikre at det **tilrettelegges for modellering og etablering av kartotek** eller mappestruktur med støyinformasjon og støyobjekter med radius.
- **Planlegge for hvordan støybibliotek kan/skal brukes i planlegging** av byggeprosess (rekkefølge, fremgang, byggeplassplanlegging, etc.).
- Vurdere i hvilken grad man har **tilstrekkelige modeller for å kunne vurdere tiltak** for å redusere støy basert på kontrollhierarkiet.

#### Sentrale leveranser vil være:

- Oppdatert SHA-plan i henhold til avdekket risiko og tiltaksbehov. Beskrivelse av behov for oppfølging, formidling og håndtering av risiko i senere faser.
- Bruk av BIM-verktøy. Relatere til BIM-gjennomføringsplan.
- Plan for bruk av støybibliotek i etterfølgende faser: Hvem, når, hvordan?

### 3.2.2 Detaljprosjektering

Under detaljprosjektering er formålet (jfr. NS-3467 og Stegnormen) å utvikle tilstrekkelig detaljert og kvalitetssikret arbeidsunderlag, slik at sikker og bærekraftig utførelse er mulig. Begrepet «Sosial bærekraft» blir omtalt og skal ivaretas ved å legge til rette for HMS, slik at restrisikoen for aktørene på byggeplass blir minst mulig. SHA-planen skal dokumentere hvordan dette arbeidet ledes og følges opp.

Videre skal alle BIM-komponenter tegnes ut og endelig plassering av komponentene besluttes. Fagmodeller koordineres med målsetting om at det samlede underlaget er byggbart. Dette innebærer å:

- Vurdere HMS-forhold, deriblant støy, når en skal koordinere fagmodeller og vurderer prosjektets byggbarhet

I denne fasen skal det tas en del valg. Hvor langt man kommer og hvor mye som er kjent, er blant annet avhengig av om det er en totalentreprise. Når fasen er ferdig, skal BIM-modeller være på et detaljeringsnivå egnet for produksjon. Dette betyr at det er mulig å visualisere et støybilde for byggeplass. Basert på denne visualiseringen kan man:

- Bruke kontrollhierarkiet for å identifisere og prioritere støyreducerende tiltak, for eksempel bruk av fysiske barrierer og absorbenter.
- Planlegge arbeidsprosesser mht. lokalisering og rekkefølge, som kan bidra til redusert støyeksponering

Både identifisering av tiltak og planlegging krever samhandling mellom flere aktører, og ledelse må ta ansvar for gjennomføring.

#### Oppgaver for prosjektets ledelse på dette trinnet kan være å:

- legge til rette for at **BIM-koordinator har ressurser** til å oppdatere og tilrettelegge modellen for å kunne visualisere støy eksponering.
- selv sette seg inn i verktøyet, og **å kunne presentere et visualisert støybilde** av en situasjon på byggeplass og hva som kan være tiltak

- Identifisere og anvende møtearenaer som kan **danne gode samhandlingsprosesser** rundt verktøyet
- Hente inn og **ansvarliggjøre relevante aktører**: planleggere, anleggsleder, BIM-koordinator, KU, og/eller underentreprenører.
- **Innhente tilgjengelig kompetanse på støy** som kan delta i samhandlingsprosessene. Dette kan være HMS-rådgivere, representanter for BHT, akustikere, m.m.

En annen sentral aktør vil være BIM-koordinator, som vil ha et spesielt ansvar i å sikre at teknologien blir lagt til rette for bruk. Oppgaver/ansvar for BIM-koordinator vil være å:

- Legge til rette og installere programvare, som basert på BIM-modellen kan synliggjøre støy
- Modellere objekter med radius
- Sikre tilgang til/oppdaterer bibliotek

I henhold til NS-3467 skal en **leveranse** (fra ledelsesprosessen) fra denne fasen være:

- SHA-krav fra byggherre til utførende.
- Disse bør inkludere langsiktige vurderinger og mål ift. helserisiko-/belastning for ansatte.

### 3.3 Utførelse

I denne fasen er mange av forutsetningene allerede gitt, og forebygging må skje innenfor rammen av det som faktisk er mulig å endre. Stegnomen beskriver at en i denne fasen skal produsere og bygge i henhold til beskrivelser og mål. Det handler derfor mye om fysiske og ferdige størrelser, og mindre om prosess. Det er imidlertid i utførelsesfasen at restrisiko må håndteres, og lederrollen er desto viktigere for forebygging av støy og eksponering i denne fasen.

Stegnormen beskriver hvordan ledere skal ivareta sikker og effektiv produksjon iht. vedtatte målsetninger, blant annet gjennom detaljerte planer. Forebygging på dette trinnet kan konkret innebære å:

- Sørge for at **produksjonen gjennomføres med mål om null alvorlige skader**. Dette inkluderer en forståelse av at skader også innebærer langsiktig helsebelastning og utvikling av støyrelaterte skader.
- **Sørge for at prosjektets SHA-plan etterleves og nye risikovurderinger gjennomføres** ved vesentlige endringer i byggemetode eller fremdrift.
- **Bruke «den omvendte pyramiden» aktivt** for forebygging, blant annet gjennom å
  - operasjonalisere mest mulig mht. støy/HMS, f.eks. **gjennom vurdering av rekkefølge, bytte av arbeidsmetode eller verktøy**. Et mål for suksess er hvorvidt man klarer å redusere behovet for informasjon og PVU, som er nederst i pyramiden.
  - skape bevissthet om å unngå «enkle» løsninger om bruk av PVU.
- **Inkludere støy som risikofaktor ved endring av byggemetode** og/eller fremdrift, og vurdere behov for endring i byggemetode og/eller fremdrift ved identifisert støyrisiko.
- **Bruke BIM aktivt gjennom hele fasen**. BIM-personell må bistå med kunnskap om støykilder og visualisering, for å se helheten i valgte løsninger.
- **Kontroll av seriositetskrav**, herunder oppfølging av lønns- og arbeidsvilkår. Dette kan også innebære oppfølging av målsettinger for HMS/støy, f.eks. grenseverdier satt i prosjektet.
- **Følge opp rapportering og risikostyring fra leverandør**, herunder grenseverdier for støy.
- **Visualisering av støy** for involverte parter. Bruke tilgjengelig informasjon og eventuelle støykart aktivt for å **øke bevisstheten** for støy, **organisere arbeidet** best mulig, **unngå unødig eksponering** og å vise soner for **hvor PVU er påkrevd**. Visualisering kan f.eks. skje ved hjelp/under gjennomføring av:
  - Skjermer i brakkerigg og på bygge-/anleggsplassen
  - Gjennomgang av PSI og SJA
  - HMS-kvarter
  - Jobb-brief/Toolbox-møter

Nederst i pyramiden og som siste instans finner vi PVU. Likevel er det fremdeles like viktig å:

- Tilby **godkjent, effektivt og brukervennlig PVU** for de ansatte. Tungvint PVU blir sjeldnere brukt, og kombinasjon av hjelm og hørselvern kan bidra til ekstra **tyngde** og **tilleggsbelastninger**. Ledere har ansvar for å
  - gjøre PVU **lett tilgjengelig**
  - gi informasjon om **riktig bruk**
  - være lydhør for tilbakemeldinger og **komfort**
  - tilby **alternativer** og **justeringer**

I etterkant av ferdigstillelse:

- Gjøre en **vurdering av hvordan prosessen har gått mht. forebygging** av støy/HMS. Hva fungerte, og hva fungerte ikke? Hvordan ta disse erfaringene best tas med videre inn i andre/neste prosjekt?
  - Stikkord: Kontraktstype, seriøsitetsskrav, bruk av grenseverdier, endringer i byggemetode/fremdrift, samhandling (f.eks. kommunikasjon mellom BIM-personell, leverandører og byggeledere), tidspunkt og fora for involvering, etc.

## Vedlegg 1: Støykartotek

I kapittel 2.6 har vi beskrevet hvordan informasjon om støykilder og lydeffektnivå kan visualiseres og hvilken informasjon man trenger for å lage disse visualiseringene. Tabell 0-1 mer utfyllende enn tabellene i kapittel 2.6. Tabellen er hentet fra veileder til støyretningslinjen T-1442.

**Tabell 0-1: Støykildeinformasjon med radiuskrav for 8 timers eksponering. Lydeffektnivå er hentet fra veileder til støyretningslinjen T-1442**

Støykilder	Egenskaper	Materiale involvert	Lydeffektnivå	Driftstid (%)	Radiuskrav 85 dB (8 timer) (meter)
Gravemaskin		løsmasse	103	100 %	3
Gravemaskin (1/2 dag)		løsmasse	100	50 %	2,2
Gravemaskin (1/4 dag)		løsmasse	97	25 %	1,6
Gravemaskin		stein	113	100 %	10
Hjullaster		løsmasse	106	100 %	4,5
Hjullaster		stein	113	100 %	10
Lastebil/dumper		løsmasse	108	100 %	5,5
Doser, beltelastere		løsmasse	108	100 %	5,5
Doser, beltelastere		stein	115	100 %	12,5
Andre, kjørende			112	100 %	9
Mobilkran			108	100 %	5,5
Tårnkran			95	100 %	1,2
Generator-aggregat	100 kW		100	100 %	2
Kompressor			105	100 %	4
Betongbygging	håndverktøy/vibrasjon		105	100 %	4
Betongpumpe			110	100 %	7
Boraggregat, hydraulisk	normal		118	100 %	17,5
Boraggregat, hydraulisk	støysvak		113	100 %	10
Betongbrekker, hydr	håndholdt		113	100 %	10
Betongbrekker, pneum.	håndholdt		123	100 %	10
Piggmaskin, hydraulisk	mindre		115	100 %	12,5
Piggmaskin, hydraulisk	stor, på gravemaskin		122	100 %	28
Spunting, fallodd	3000 kg lodd		130	100 %	70
Spunting, lufthammer	500 kg lodd		130	100 %	70
Spunting, vibrolodd			125	100 %	40
Spunting, "Silent piling"	stille		115	100 %	12,5
Tunnelvifte	udempet		120	100 %	22
Tunnelvifte	dempet		110	100 %	7
Asfaltsag/sag			110	100 %	7
Asfaltutlegger			105	100 %	4
Flishogger	stor	trevirke	115	100 %	12,5
Vibrasjonsplate			105	100 %	4
Mobilt pukkerk			120	100 %	22
Råbygg	lite		90	100 %	50
Råbygg	middels		95	100 %	35
Råbygg	stort		100	100 %	2

## Vedlegg 2: Eksempler på støyreducerende tiltak i ulike faser

Hovedmålsetningen bør være å forebygge støy på et tidlig tidspunkt. Her følger noen eksempler på hva som kan være alternative tiltak og endrede tankesett for ulike faser. De er knyttet til fasene i figur 1-1, som er detaljert beskrevet i kapittel 3. Eksemplene er vist i tabellform, og der tiltakene er delt mellom tidlig fase, detaljplanlegging og utførelse.

### Tiltak i tidligfase

Byggherreforskriften stiller krav til at byggherre gjennom hele prosessen skal sørge for at hensynet til sikkerhet, arbeidsmiljø og helse ivaretas «ved de arkitektoniske, tekniske eller organisasjonsmessige valg som foretas». Derfor velger vi å skissere tiltak etter disse tre overskriftene.

For å få ideer om hva disse valgene kan være har vi laget tabell 0-2. Her er eksempler på hvilke valg som kan tas i tidlige faser som kan ha betydning for støyeksponering i utbygging, altså når selve arbeidet skal gjøres.

Det er vanskelig å estimere konkrete endringer i lydeffektnivå for tiltakene i tabell 0-2. Vi anbefaler at man selv utvikler slike oversikter, som i eksempelet med eget støykildekartotek (jf. kap. 2.6).

**Tabell 0-2: Støyforebyggende tiltak i tidligfase og nivå i «den omvendte pyramiden, figur 2-2.**

Eksempler på støyforebyggende tiltak			
Fase	Type tiltak	Støykilde eller aktivitet tiltaket rettes mot	Nivå i hierkariet
<b>Byggegrøp</b>	Arkitektonisk	Gjøre vurderinger av plassering på tomt avhengig av grunnforhold og masser det arbeides i	Øverste nivå
	Organisatorisk	Kontrakter som spesifiserer krav til bruk av BIM og støyforebyggende tiltak Utbyggingsrekkefølge	Varierende Midterste nivå
	Teknisk	Sette krav til bruk av støysvake maskiner og moderne teknologi	Midterste nivå
<b>Råbygg</b>	Arkitektonisk	Materialvalg bærende konstruksjoner, tre gir mindre støy enn stål	Øverste nivå
	Organisatorisk	Kontrakter som spesifiserer krav til bruk av BIM og støyforebyggende tiltak Utbyggingsrekkefølge	Varierende Midterste nivå
	Teknisk	Sette krav til bruk av støysvake maskiner og moderne teknologi	Midterste nivå
<b>Bygg</b>	Arkitektonisk	Materialvalg, tre gir annen støy og akustikk enn andre materialer	Øverste nivå
	Organisatorisk	Kontrakter som spesifiserer krav til bruk av BIM og støyforebyggende tiltak Utbyggingsrekkefølge	Varierende Midterste nivå
	Teknisk	Sette krav til bruk av støysvake maskiner og moderne teknologi	Midterste nivå
<b>Tunnel</b>	Arkitektonisk		
	Organisatorisk	Kontrakter som spesifiserer krav til bruk av BIM og støyforebyggende tiltak Utbyggingsrekkefølge	Varierende Midterste nivå
	Teknisk	Sette krav til bruk av støysvake maskiner og moderne teknologi	Midterste nivå

## Tiltak under detaljplanlegging og utførelse

**Tabell 0-3: Mulige tiltak i detaljprosjektering og BIM**

Eksempler på støyforebyggende tiltak			
Fase	Type tiltak	Støykilde eller aktivitet tiltaket rettes mot	Nivå i hierkariet
<b>Byggegrøp</b>	Arkitektonisk	Vurdere bruk av bygningsmasse / rigg /støyskjermer	Midterste nivå
	Organisatorisk	Fremdrift og tidsbruk	Midterste nivå
	Teknisk	Sette krav til bruk av støysvake maskiner og moderne teknologi	Midterste nivå
<b>Råbygg</b>	Arkitektonisk	Vurdere bruk av bygningsmasse / rigg /støyskjermer	Midterste nivå
	Organisatorisk	Fremdrift og tidsbruk	Midterste nivå
	Teknisk	Sette krav til bruk av støysvake maskiner og moderne teknologi	Midterste nivå
<b>Bygg</b>	Arkitektonisk	Ta hensyn til og utnytte bygningsmasse til å skjerme for støy	Midterste nivå
	Organisatorisk	Fremdrift og tidsbruk	Midterste nivå
	Teknisk	Sette krav til bruk av støysvake maskiner og moderne teknologi	Midterste nivå
<b>Tunell</b>	Organisatorisk	Fremdrift og tidsbruk	Midterste nivå
	Teknisk	Sette krav til bruk av støysvake maskiner og moderne teknologi	Midterste nivå

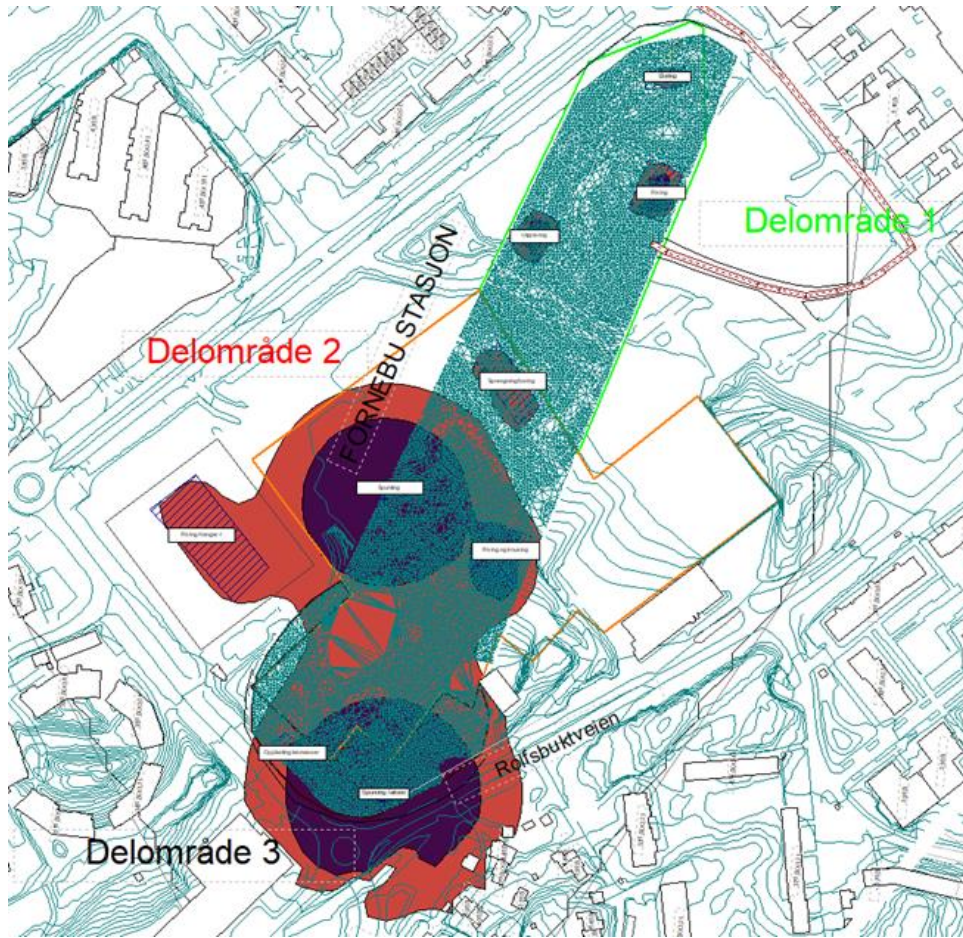
## Vedlegg 3: Støykart som verktøy

Det utarbeides i mange sammenhenger støykart, blant annet i forbindelse med beregning av støy fra vegtrafikk, bane, osv. Det utarbeides også i noen sammenhenger støykart for støy fra bygge- og anleggsvirksomhet for vurdering av støy til 3. part (naboer). Dette er i praksis de samme støykilder og støyberegninger som kan benyttes for vurdering av støy for ansatte på anleggsområdet. Ofte er altså støykildene ikke nye og ukjente, men eksisterende kunnskap med potensial som bør utnyttes.

Beregninger av støykart utføres med 3D-modell av området og plassering av støykilder i modellen, og beregningene utføres i et støyberegningsprogram. Ved å utarbeide støykart fra slike beregninger vil man også få med støyskjermede virkning av bygninger, skjærmede terrengformasjoner, støyskjermer, osv. Dette kan gi et godt bilde av støysituasjonen, og er i en del tilfeller både enklere og mer riktig enn kun en radius rundt støykilder. Slike støymodeller gir muligheten til å teste ut og se effekten av støytiltak. Støyberegninger av denne type krever bistand fra prosjektets akustiske rådgiver, evt. må fagkompetanse innhentes dersom det ikke er en del av prosjektgruppen i tidlig fase.

For prosjekter finnes normalt modeller for eksisterende situasjon og for fremtidig situasjon, men ikke nødvendigvis for ulike delfaser i prosjektet. Dette må da evt. modelleres for å kunne gjøre beregning av støy for arbeidere i denne fasen. Enkelte prosjekter kjører jevnlig dronescan av anleggsområdet som kan benyttes for oppdatert grunnlag for støyberegninger. Dette kan f.eks. brukes ved gjennomgang av 3-ukersplan eller tilsvarende planleggingsmøter med involverte på byggeplass. Eksempel på støykart er vist i figur 0-1.





**Figur 0-1: Eksempel på støykart basert på dronescan**

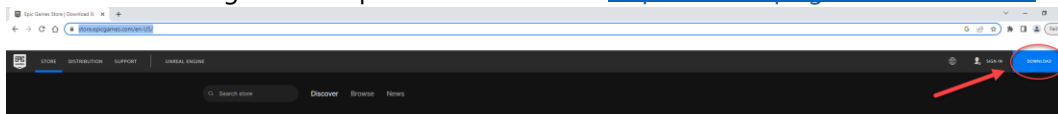
## Vedlegg 4: Installasjon og bruk av Twinmotion

Verktøy for visualisering er omtalt i kapitlene 1.2.3 og 2.6.1. For å bruke verktøyet, det vil si plassere og skifte ut støykilder, så krever dette en viss kapasitet på PC. For øvrig baserer verktøyet seg på åpne standarder og tilgjengelig programvare.

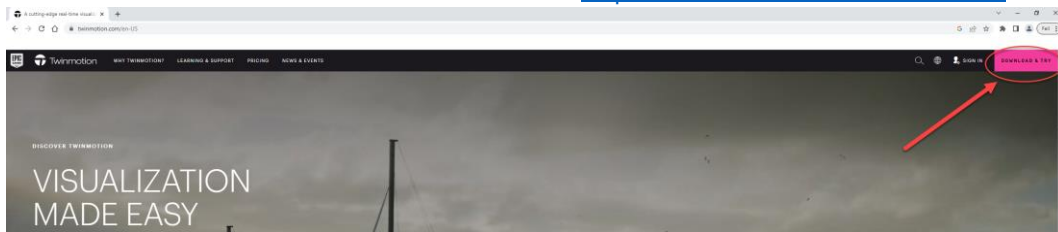
### **Installering av Twinmotion**

For å installere Twinmotion må man lage seg en bruker og installere *Epic Games Launcher* som er portalen man bruker for å administrere Twinmotion.

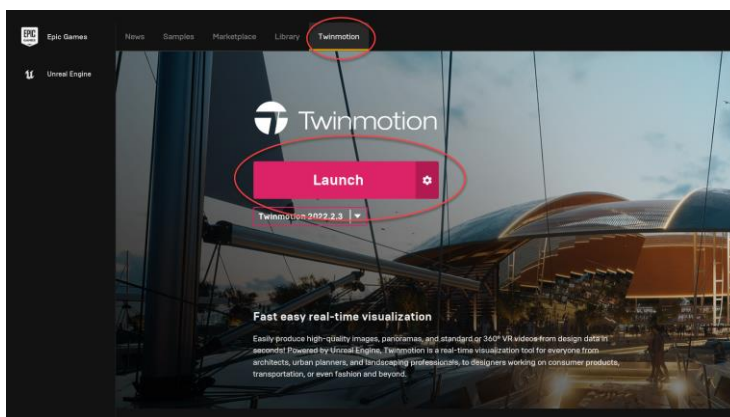
1. Last ned og installer Epic Games Launcher: <https://store.epicgames.com/en-US/>



2. Deretter kan man installere Twinmotion: <https://www.twinmotion.com/en-US>

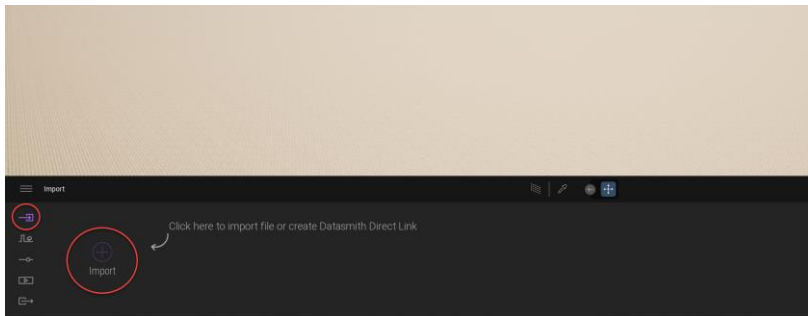


3. Åpne Epic Games Launcher og kjør Twinmotion:

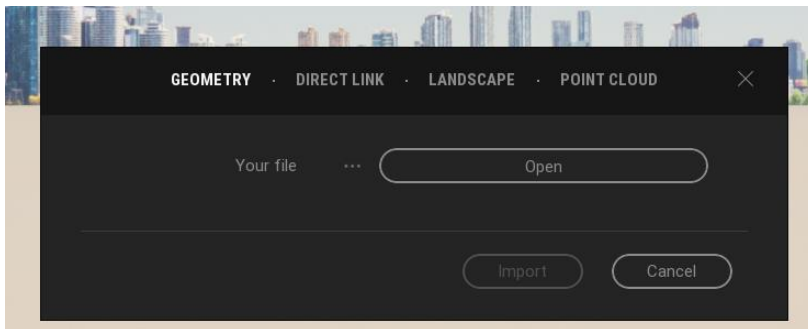


## Hvordan importere BIM-modeller inn i Twinmotion

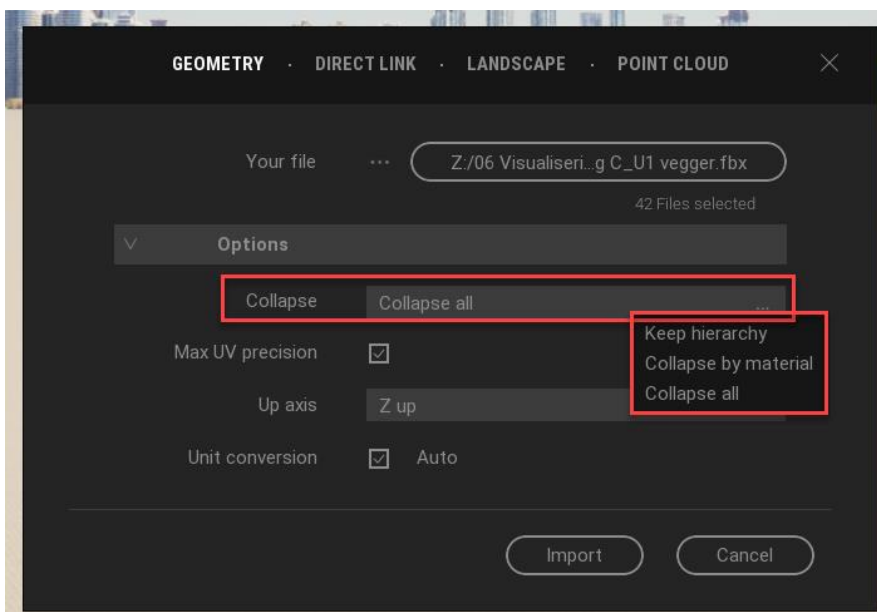
Nederst i Twinmotion-vinduet finner man import-seksjonen. Trykk på «Import»



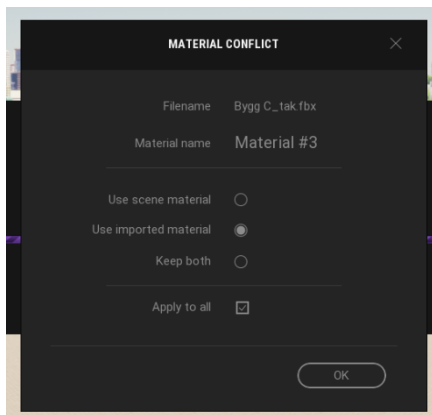
En ny boks dukker opp og her velger man hva slags type fil man vil importere. Man bruker for det meste «Geometry». Trykk på «Open» og velg fil.



Enda en boks dukker opp og her velger man hvordan modellen skal deles opp eller kollapses til én modell.

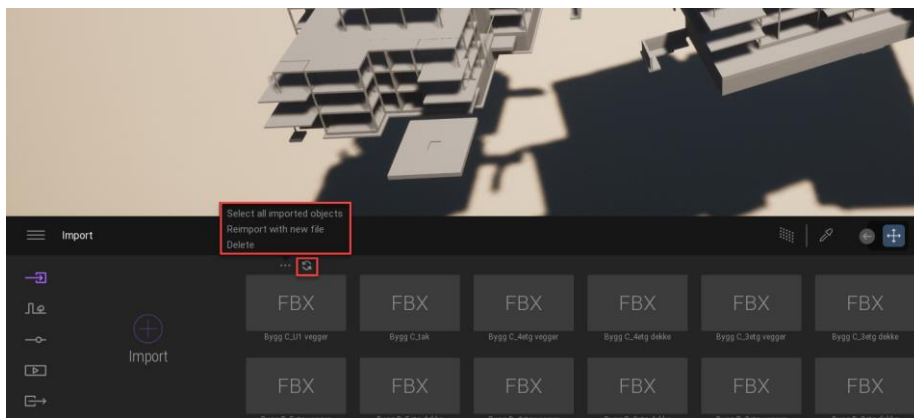


Deretter kommer siste boksen hvor man velger om man skal beholde de originale materialene fra modellen, eller om man vil at Twinmotion skal generere nye. Det er som regel greit å bruke de originale.

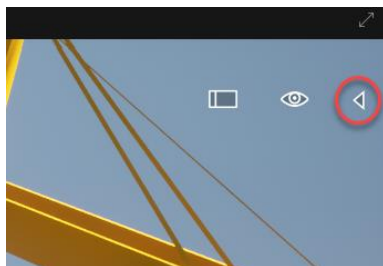


### **Hvordan bruke /jobbe i modellene**

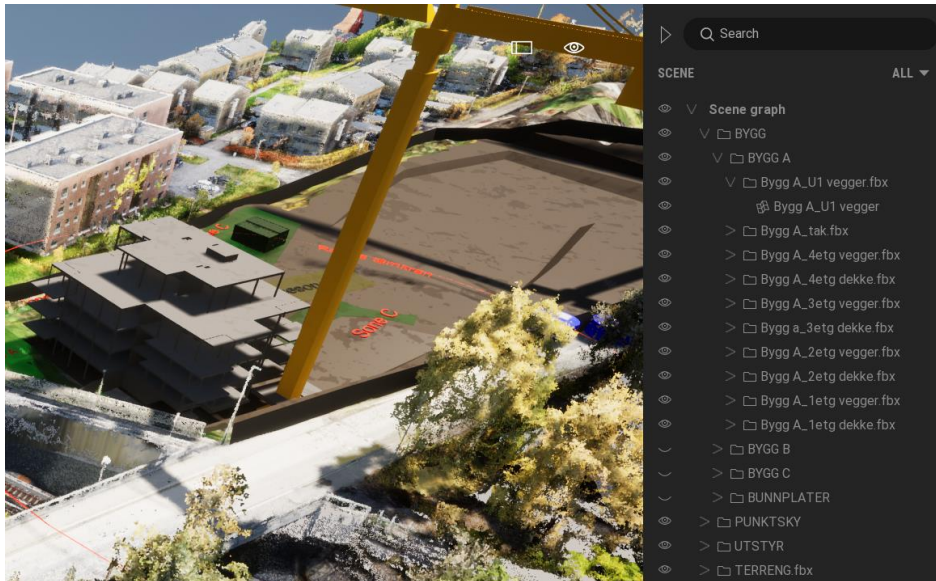
Inne i Twinmotion, vil modellen/modellene dukke opp i viewport-en. Man får også en oversikt over modellene man har importert. Hver modell kan i etterkant oppdateres eller erstattes med annen fil, eventuelt slettes. Dette er da filene som er importert inn i selve prosjektfila.



Øverst i høyre hjørne av skjermen har man også noen symboler. Trykker man på trekanten får man opp alle modellene som er i 3D-scenen.

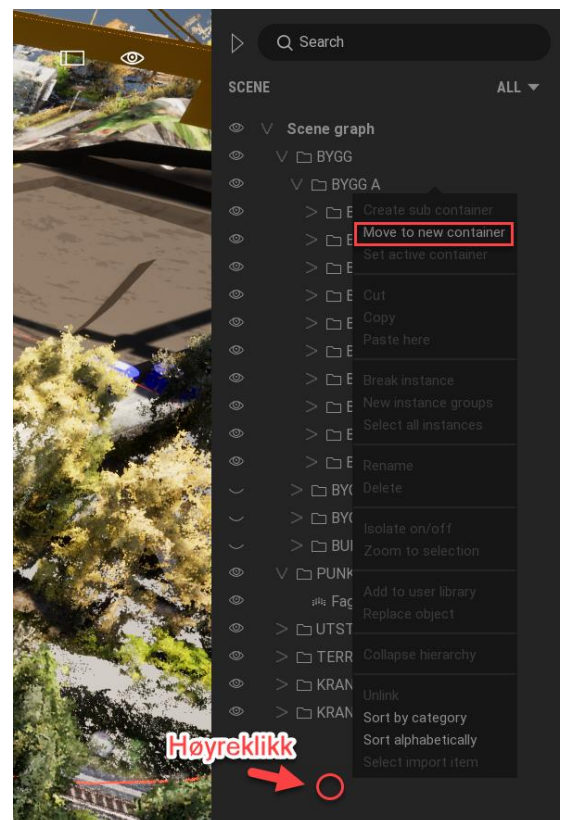


Her kan man opprette mapper/kategorier og sortere modellene akkurat som man vil.



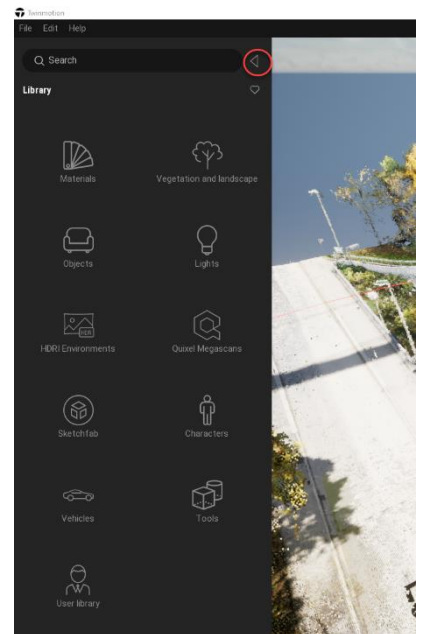
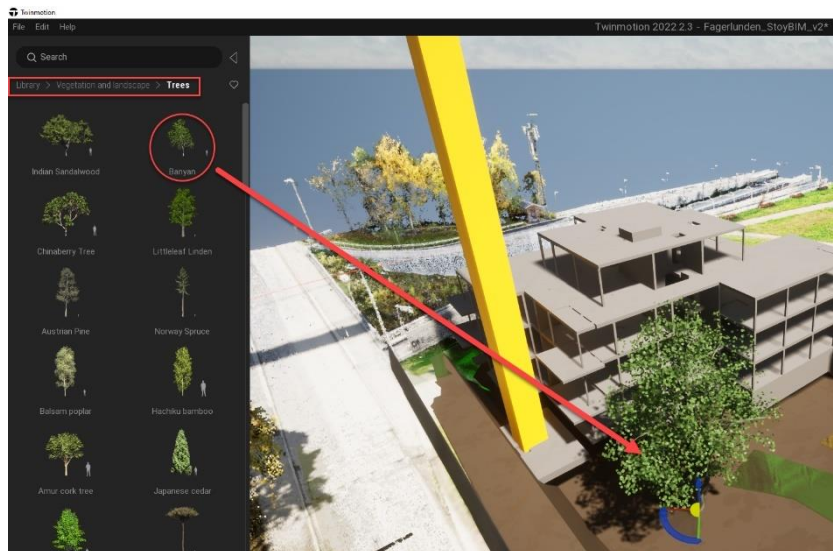
Høyreklikk på et åpent sted i vinduet og velg «move to a new container» for å opprette en mappe/kategori og gi den et navn. Modellfilene kan nå dras inn i denne mappen.

Modellene kan enkelt skjules/vises ved å trykke på øyesymbolet i venstre kolonne.

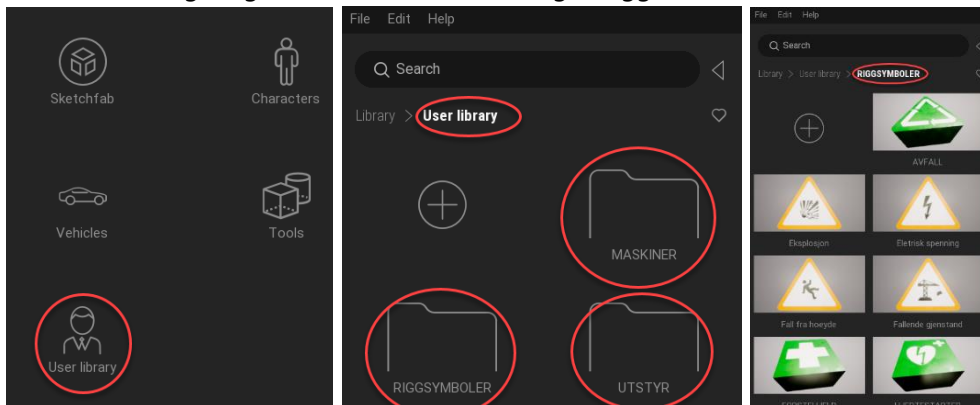


På venstre side av skjermen finner man enda en meny. Dette er forskjellige bibliotek som inneholder objekter, lyskilder, animasjoner osv.

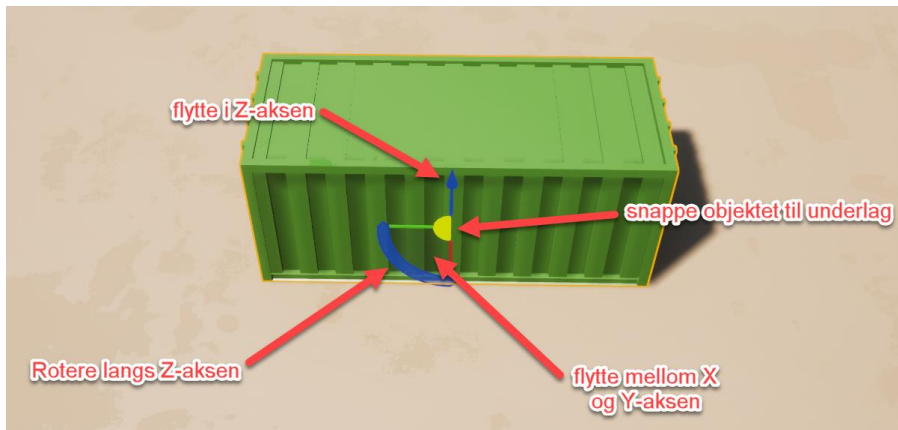
Klikk deg inn i et av bibliotekene og dra ut modeller



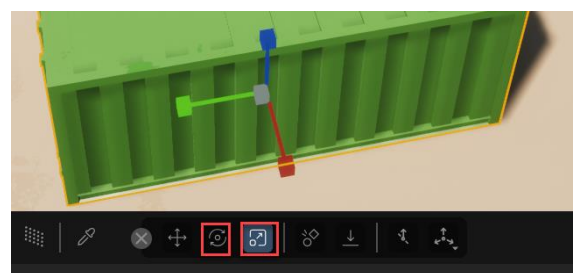
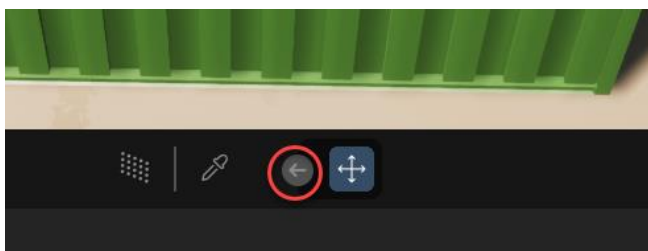
Om man har laget egne biblioteker kan man også legge til disse under «User library».



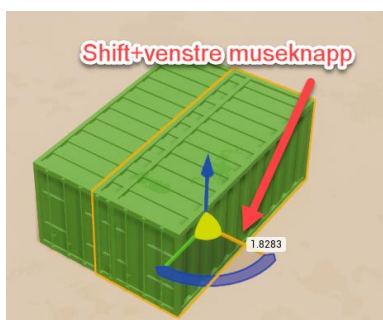
For å flytte, rotere og skalere modeller, klikk på ønsket objekt for å få frem gizmo-en:



Vil man ha mer kontroll på rotasjon og skalering, kan man utvide menyen ved å klikke på pilen. Da får man opp en egen rotasjon og skaleringsknapp og man kan justere alle aksjer

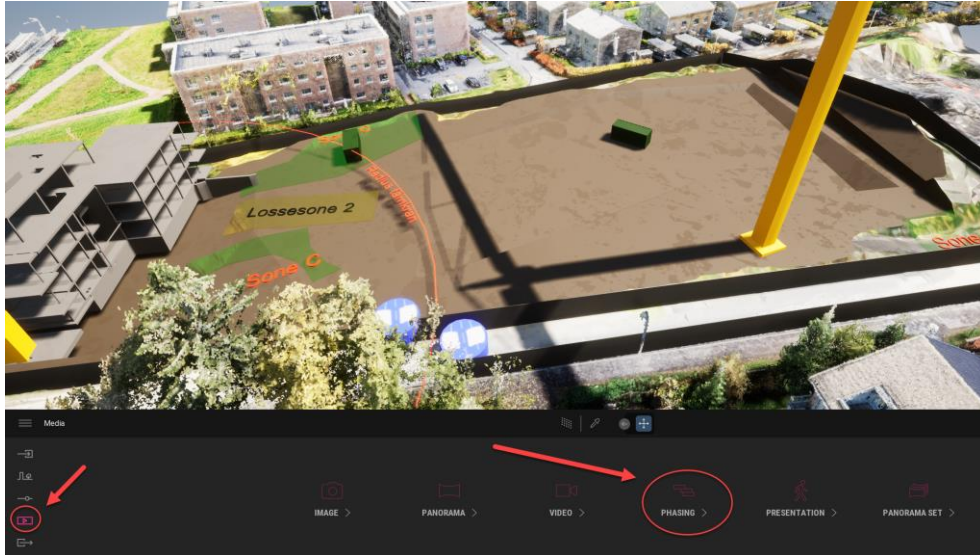


Skal man duplisere et objekt, kan dette gjøres enkelt ved å markere objektet, og deretter holde inne «Shift» + venstre museknapp og dra i en av aksene.



## Bruk av faseoppsett

I Twinmotion kan man dele opp 3D-modeller i faser over tid. Trykk på mediaknappen nede i venstre hjørne, deretter velg Phasing. Klikk så på Create phasing group.



Du vil da få opp en tidslinje med en fase. Du kan nå velge hvilke modeller som skal være synlige i denne fasen ved å huke av på øye-ikonet i modellisten på høyre side av skjermen.





For å lage flere faser er det bare å trykke på «Create phase» på nytt og en ny fase dukker opp på tidslinjen. Igjen, huk av for de objektene du vil skal være synlige i valgt fase. Man kan også åpne opp modellbiblioteket på venstre side av skjermen og dra inn ønsket utstyr/maskiner.



Man kan hoppe frem og tilbake mellom faser ved å klikke på fasen i tidslinjen. Da kan man også endre på hvilke objekter som skal være synlige.

## **Lagring av prosjektfil**

Ikke glem å lagre prosjektfilen ved jevne mellomrom. Dette gjør du ved å trykke på «File» og «Save as», og eventuelt gi filen et navn (hvis den ikke allerede har det).

