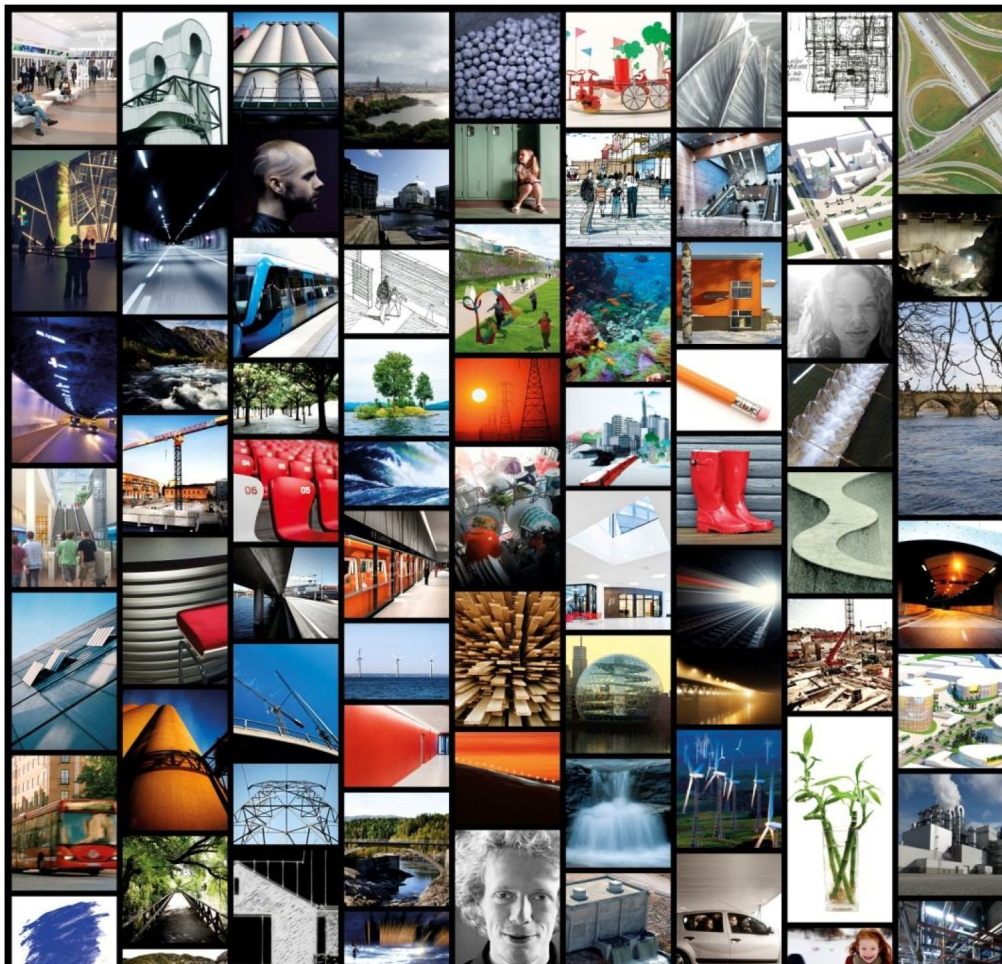


RAPPORT

Trondheim Stasjonscenter - støyvurdering

OPPDRAGSNUMMER 22363001



RIAKU01

08.07.2016

SWECO NORGE AS
TRD AKUSTIKK

SVENN ERIK SKJEMSTAD (UTFØRENDE)

KJELL OLAV AALMO (KS)

Sammendrag

I forbindelse med reguleringsplanarbeid for Trondheim Stasjonssenter har Sweco Norge AS på oppdrag fra Asplan Viak beregnet støynivå fra veitrafikk, jernbane og godsterminal på uteareal og ved fasade for nye kombinerte nærings-/boligbygg. Beregningene er supplert med lydmålinger. Det er også foretatt en vurdering av vibrasjonsforhold på overordnet nivå basert på målinger.

Lydnivå ved fasade – innendørs lydnivå

Beregnet støynivå er over grenseverdi for henholdsvis vei, bane og terminal ved de mest utsatte fasader, når man vurderer gjennomsnittsnivå*

- Jernbanestøy er hovedbidragsyter mot nord. Dette stemmer bra med lydmålingene (se vedlegg 9) som viser at togpassering gir de høyeste verdiene på tomta*
- mot øst og vest er kombinasjonen vei og jernbane dimensjonerende, mens terminalstøyen er noe lavere*
- mot sør er veitrafikken dimensjonerende. Jernbanestøy og terminalstøy er betydelig lavere*

* Gjennomsnittsnivå fanger ikke opp impulslyder. Man må ta hensyn til hyppighet og varighet for de ulike støykildene ved dimensjonering av fasader. Eksempelvis vil togpasseringer være relativt kortvarige og forutsigbare, mens impulslyder fra godsterminalen ikke er det, i tillegg foregår deler av arbeidene på godsterminalen nattetid. Ved dimensjonering av samtlige fasader, ikke bare de mest utsatte, må man tilstrebe å redusere plagegrad fra impulslydene, da disse har en helt annen karakter enn «sus» fra trafikk.

Fasadeelementer må ha gode lydreduksjonsegenskaper for å sikre tilfredsstillende innendørs lydforhold. Det må i en senere fase, når endelig byggtutforming og planløsning er valgt, utføres detaljerte innendørsberegninger av sumstøy fra de ulike kildene for å sikre krav i TEK.

Det fremgår av lydmålingene (vedlegg 9) at det er relativt stort innslag av lavfrekvent støy på tomta, fra blant annet jernbane og aktivitet på godsterminal. Dette må tas på alvor, da eksponering av lavfrekvent støy over tid kan ha negative helseeffekter. For å redusere lavfrekvent støy effektivt kreves «tunge» fasader.

For å tilfredsstillende kommunepanbestemmelsene må samtlige boenheter være gjennomgående mot stille side (delvis lukket «gårdsrom») og soverom bør i størst mulig grad plasseres mot denne siden.

Lydnivå på uteoppholdsareal

Mesteparten av tilgjengelig uteoppholdsareal ligger i utgangspunktet i gul og/eller rød støysone, avhengig av hvilken støykilde med tilhørende grenseverdier som vurderes.

Dette innebærer at det må etableres utvendige støyskjermer/tett rekkverk for å tilfredsstille krav til skjermet uteoppholdsareal.

Denne rapporten viser løsningsforslag for foreliggende byggutforming, men effekt av skjerming må dokumenteres ved beregning i senere planfase, når endelig byggutforming og planløsning er bestemt.

Vibrasjoner

Orienterende vibrasjonsmålinger på perrong og i Trapphuset (nabo til Trondheim Stasjonsenter) indikerer at vibrasjoner fra tog er håndterbare, se vedleggene 10 - 13. Det ble ved måling ikke påvist store utslag i verken x-, y- eller z-retning forårsaket at togpassering.

Man må ta hensyn til vibrasjoner i forbindelse med prosjektering av bygningsmassen, spesielt for søyler som plasseres på perrong, og som dermed har stor nærhet til togene. Det kan bli aktuelt med spesielle vibrasjonsisolerende tiltak. Det vil imidlertid være mer effektivt å gjøre tiltak på selve skinnetraséene (nærmest kilden).

Innholdsfortegnelse

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Innledning med underlag og situasjonsbeskrivelse | 4 |
| 1.1 | Underlag | 4 |
| 1.2 | Situasjonsbeskrivelse | 4 |
| 2 | Metoder og forutsetninger | 5 |
| 2.1 | Trafikk og vegsystem | 5 |
| 3 | Forskrifter og retningslinjer | 8 |
| 3.1 | Teknisk forskrift, TEK10 | 8 |
| 3.2 | Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442) | 8 |
| 3.3 | Kommuneplanens arealdel, 2012-2024, Trondheim Kommune | 9 |
| 4 | Beregningsmetode | 10 |
| 5 | Resultater - veitrafikk | 10 |
| 6 | Resultater - jernbane | 12 |
| 7 | Resultater - godsterminal | 14 |
| 8 | Vurdering | 18 |
| 8.1 | Godsterminalen – lydmåling versus beregning | 18 |
| 8.2 | Innendørs lydnivå - sumstøy fra ulike kilder | 18 |
| 8.3 | Innendørs lydnivå - lavfrekvent støy | 19 |
| 8.4 | Lydnivå på uteoppholdsareal | 20 |
| 9 | Referanser | 20 |
| | Vedlegg 1 - Begreper | 1 |
| | Vedlegg 2 – Støysonekart: L_{den} veg, 4 meters høyde | 3 |
| | Vedlegg 3 – Støysonekart: L_{den} bane, 4 meters høyde | 4 |
| | Vedlegg 4 – Støysonekart: L_{den} godsterminal, 4 meters høyde | 5 |
| | Vedlegg 5 – Støysonekart: L_{den} veg, 1,5 meters høyde | 6 |
| | Vedlegg 6 – Støysonekart: L_{den} bane, 1,5 meters høyde | 7 |
| | Vedlegg 7 – Støysonekart: L_{den} godsterminal, 1,5 meters høyde | 8 |
| | Vedlegg 8 – Støysonekart: L_n godsterminal, 1,5 meters høyde | 9 |
| | Vedlegg 9 – 13 Orienterende lydmålinger og orienterende vibrasjonsmålinger | 10 |

1 INNLEDNING MED UNDERLAG OG SITUASJONSBEKRIVELSE

I forbindelse med reguleringsplanarbeid for Trondheim Stasjonscenter har Sweco Norge AS på oppdrag fra Asplan Viak beregnet støynivå fra veitrafikk, jernbane og godsterminal på uteareal og ved fasade for nye kombinerte nærings-/boligbygg. Beregningene er supplert med lydmålinger. Det er også foretatt en vurdering av vibrasjonsforhold på overordnet nivå basert på målinger.

Med *støynivå* menes i denne rapporten *A-veid tidsmidlet lydtryknivå «Day-Evening-Night» (L_{den})*, hvis ikke annet er spesifisert.

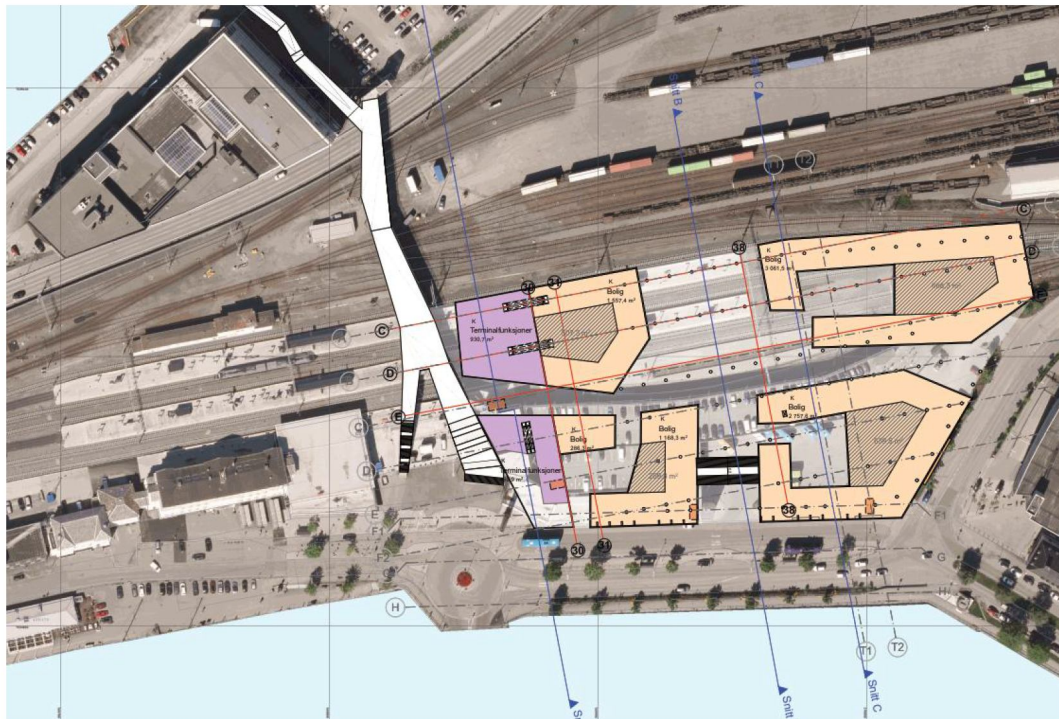
Lydtrykk i *kursiv* er forklart i vedlegg 1.

1.1 UNDERLAG

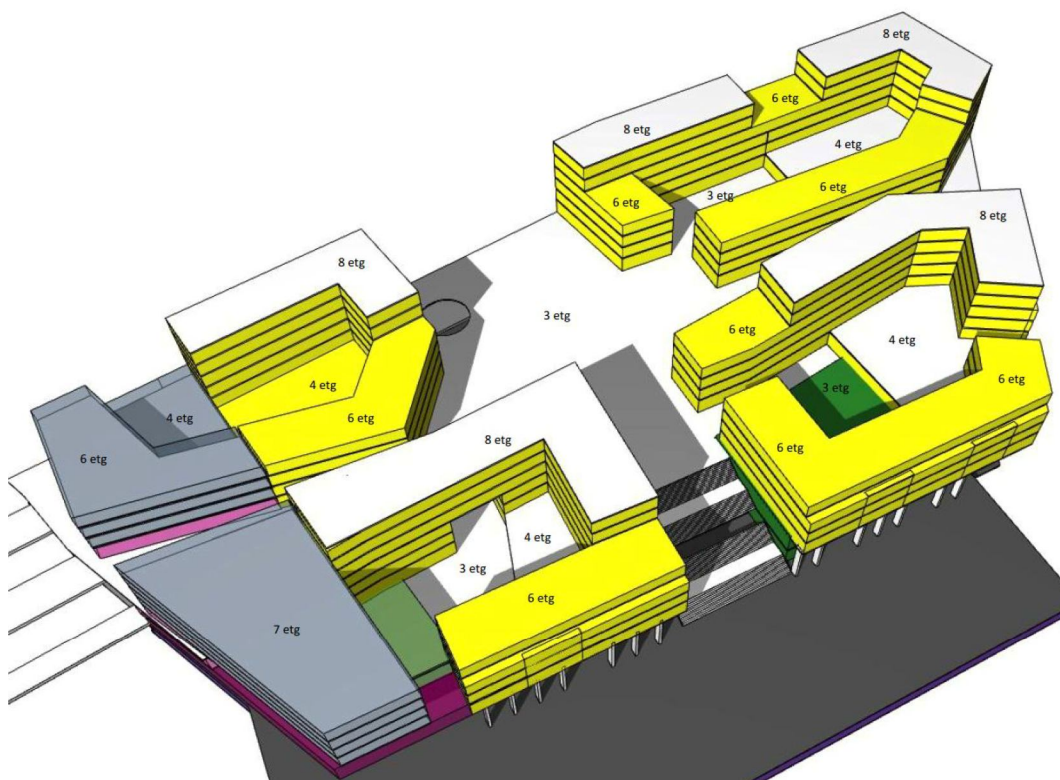
Beregningene er basert på kartgrunnlag, bygningstegninger og ÅDT-vurdering mottatt fra Asplan Viak, samt lyd- og vibrasjonsmålinger foretatt på tomte (se vedleggene 9-13).

1.2 SITUASJONSBEKRIVELSE

Det er planlagt å etablere et nytt terminal-, nærings-, og boligbygg på Trondheim S, se figur 1 og figur 2.



Figur 1. Trondheim Stasjonscenter - nytt terminal-, nærings- og boligbygg på Trondheim S



Figur 2. Oppriss i fugleperspektiv som viser bygningsmassens volum

2 METODER OG FORUTSETNINGER

2.1 TRAFIKK OG VEGSYSTEM

Veitrafikk

Vegtrafikkdata for veier i området er mottatt fra Asplan Viak, som har foretatt en vurdering for fremtidig situasjon, år 2034. Døgnfordeling for veiene er forutsatt for standard riksvei¹, med 75 % av trafikk på dag, 15 % kveld og 10 % natt, ettersom man for de aktuelle veiene har nokså kontinuerlig trafikk gjennom døgnet og uken.

Asplan Viak har også vurdert hastigheter og funnet at det er rimelig å legge til grunn lavere hastighet enn dagens langs den nye bebyggelsen (reduert fra 50 km/t til 40 km/t).

Veitrafikktall brukt i beregningene er oppsummert i Tabell 1.

Tabell 1: Veitrafikktall brukt i beregningene.

| Vei | ÅDT ₂₀₃₄ | Hastighet | Andel tungtrafikk |
|-----------------------|---------------------|-----------|-------------------|
| | Kjøretøy per døgn | Km/t | % |
| FV 706 nord/vest | 14 000 | 60 | 10 |
| FV 706 øst | 19 000 | 50 | 5 |
| Havnegata | 13 100 | 50 | 5 |
| Dyre Halses gate nord | 5 000 | 40 | 16 |
| Dyre Halses gate sør | 4 800 | 40 | 17 |
| Nidelv Bru | 1 800 | 50 | 10 |
| Gryta øst | 5 100 | 40 | 10 |
| Gryta vest | 7 100 | 40 | 15 |
| Fosenkaia | 1 800 | 30 | 5 |
| Søndre gate | 6 900 | 40 | 16 |

Togtrafikk

Informasjon om trafikkmengden for tog er oppgitt av Jernbaneverket.

Opplyst hastighet forbi Trondheim Sentralstasjon er 30 km/t. Døgnfordelingen av togtrafikken er hentet fra tilsvarende togtall for 2006. Persontogtrafikken er fordelt på spor 1,2 og 3, men s all godstrafikken er lagt til spor 5 og de tre nærmeste sporene på godsterminalen. Det er lagt inn trafikkmengde på godsterminalen i henhold til oppgitt godstrafikk og informasjon fra Jernbaneverket om at hvert godstog deles i 2-3 deler som skiftes inn i forskjellige spor.

Togtrafikktall brukt i beregningene er oppsummert i Tabell 2.

Tabell 2: Togtrafikktall brukt i beregningene.

| Togtype | Antall tog per døgn | | | Toglengde | Hastighet |
|---------------------|---------------------|-------|------|-----------|-----------|
| | Dag | Kveld | Natt | Meter | Km/t |
| BM92 | 53 | 12 | 6 | 50 | 30 |
| BM93 | 2 | 1 | 1 | 38 | 30 |
| BM73 | 2 | 1 | 2 | 107 | 30 |
| Di-4 (passasjertog) | 7 | 6 | 8 | 177 | 30 |
| Godstog, diesel | 1 | 2 | 2 | 400 | 30 |
| Godstog, elektrisk | 6 | 3 | 6 | 400 | 30 |

Godsterminal

Det ble foretatt lydmåling inne på godsterminalen på kvelden den 17.06.2015 i et tidsrom hvor aktiviteten ifølge Jernbaneverket var stor, og sannsynligvis representativ for maksimalt lydnivå fra terminalen, se vedlegg 9.

Det er 3 trucker som benyttes til frakt/lossing av containere. Etersom dette er store maskiner som opererer i relativt høy fart var det ikke mulig å komme nær nok innpå dem til å foreta en sikker måling av lydnivå. Det er derfor i støymodellen lagt inn hjullaster som håndterer løsmasse som støykilde, da lydnivå fra avstandsmåling av truckene stemmer bra med erfaringstall for hjullaster (vurdert ved hjelp av «avstandsformel»).

I modellen er alle 3 truckene lagt inn som punktkilder, plassert nært tomta (konservativt).

Når et godstog ankommer blir de fleste containerne nokså umiddelbart løftet av vognene ved hjelp av truck og plassert på ventende lastebil som frakter dem ut av terminalen. Noen containere blir imidlertid satt igjen på terminalen. Samtidig leverer lastebiler nye containere som løftes på vognene.

Det finnes ingen tellinger av antall lastebiler som opererer på godsterminalen i løpet av døgnet. Men Jernbaneverket har foretatt en «best guess» basert på antall containere på godstogene:

- Det ankommer cirka 240 containere til terminalen hver dag. Hvis man regner én lastebil per container blir det 240 lastebiler som henter containere. I tillegg blir det levert nye containere.
- Det er i modellen forutsatt at samtlige 2 x 240 containere blir fraktet til/fra godsterminalen med lastebil, dermed blir ÅDT 480 lastebiler per døgn (konservativt, ettersom det vanligvis er noen containere som blir stående på terminalen).

Tabell 3: Trafikktall for godsterminal brukt i beregningene.

| Vei | ÅDT Kjøretøy per døgn | Hastighet Km/t | Andel tungtrafikk % |
|------------------------------------|--------------------------|-------------------|------------------------|
| Lastebil-traséer på godsterminalen | 480 | 30 | 100 |

Godstogene ankommer til ulike tider i løpet av døgnet, og ankomsttidpunktene varierer fra dag til dag. Trafikkfordeling over døgnet er i beregningen anslått å være jevnt fordelt, det vil si 50 %, 17 % og 33 % for henholdsvis dag, kveld og natt for samtlige veier.

Utover støy fra lastebiler og trucker representerer godstogene en støykilde på terminalen. Disse er imidlertid inkludert i beregningen av jernbanestøy, hvor det på godsterminalen er plassert godstog på de 3 nærmeste sporene til tomta (konservativt). Godstogene er derfor ikke inkludert i beregningen av støy fra godsterminalen.

Det er også en rekke variable impulslyder (i hovedsak ved håndtering av containere) på godsterminalen, se kapittel 8.

3 FORSKRIFTER OG RETNINGSLINJER

3.1 TEKNISK FORSKRIFT, TEK10

TEK, plan- og bygningslovens tekniske forskrift, har i en egen standard NS 8175¹ gitt grenser for tillatelig støy som kommer utenfra og belaster nye boliger innendørs og på uteplasser.

NS 8175 vurderer lydforhold i nye boliger etter fire *lydklasser*, A-D, der lydklasse C angir preakseptert grense i TEK10 for nybygg og større søknadspliktige arbeider. Støykravene i lydklasse C tilsvarer tilfredsstillende lydforhold.

Den delen av NS 8175 som omhandler trafikkstøy er samordnet med Støyretningslinjen T-1442, se neste avsnitt.

3.2 RETNINGSLINJE FOR BEHANDLING AV STØY I AREALPLANLEGGING (T-1442)

Miljøverndepartementets retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (Støyretningslinjen) T-1442² har anbefalte grenser for støynivå på uteplasser og utenfor støyømfintlige rom i nye boliger. Anbefalte støygrenser for aktuelle støykilder er vist i Tabell 4.

Tabell 4: Anbefalte grenser for støy ved bygging av boliger. Alle tall oppgitt er frittfeltverdier

| Støykilde | Støynivå på uteplass og utenfor rom med støyfølsom bruk (stue og soverom) | Støynivå/maksimalt lydtryknivå utenfor soverom, natt kl. 23 – 07 |
|-------------------------|---|--|
| Vei | $L_{den} = 55 \text{ dB}$ | $L_{5AF} = 70 \text{ dB}$ |
| Bane | $L_{den} = 58 \text{ dB}$ | $L_{5AF} = 75 \text{ dB}$ |
| Terminal, med impulslyd | $L_{den} = 50 \text{ dB}$ | $L_{AFmax} = 60 \text{ dB}$ $L_{night} = 45 \text{ dB}$ |

I de fleste tilfellene er det støynivået L_{den} som er dimensjonerende. Anbefalt grenseverdi til *maksimal lydtryknivå på $L_{5AF} = 70/75$ dB* gjelder ved mer enn 10 hendelser pr. natt (f.eks. 10 tunge kjøretøyer eller togpasseringer). De anbefalte støygrensene er også omtalt som nedre grense for gul sone.

Planmyndigheten har av hensyn til samordnet areal- og transportplanlegging anledning til å tillate avvik i grensene for utendørs støy. Ved avvik fra bestemmelsene i gul og rød sone bør kommunen se til at følgende forhold innfris:

- Støyforholdene innendørs og utendørs skal være dokumentert gjennom en støyfaglig utredning, for å sikre at kravene til innendørs lydnivå i TEK ikke overskrides.
- Det skal legges vekt på at alle boenheter får en stille side, og tilgang til egnet uteareal med tilfredsstillende støyforhold.

I et område som er utsatt for flere ulike støykilder vil den totale belastningen være større. I hht T-1442 bør grenseverdi til støynivå skjerpes med inntil 3 dB der det er overlappende støysoner.

3.3 KOMMUNEPLANENS AREALDEL, 2012-2024, TRONDHEIM KOMMUNE

Trondheim Kommune har i kommuneplanens arealdel, 2012-2024, vedtatt "Bestemmelser og retningslinjer"³. Temaet støy bygger på MD's retningslinje T-1442.

I arealplanlegging og ved søknad om tiltak skal byggeområder disponeres og nye bygg plasseres slik at det oppnås gode private og felles utearealer. Alle boenheter skal ha tilgang til utendørs oppholdsareal av tilstrekkelig størrelse og kvalitet i samsvar med areal- og kvalitetskrav gitt av bestemmelsen.

Paragrafer som omtaler støy i bestemmelser og retningslinjer i kommuneplanens arealdel:

§ 21.1 *Alle tiltak skal planlegges slik at støyforholdene innendørs og utendørs blir tilfredsstillende.*

§ 21.2 *Det tillates støyfølsom arealbruk i gul støysone, dersom bebyggelsen har en stille side og tilgang til egnet uteplass med tilfredsstillende støynivå.*

For å oppnå tilfredsstillende støynivå regnes i denne vurderingen at støynivået på uteplass ikke overskrider grenseverdien for gul sone. Egnet uteplass innebærer et arealkrav. I følge kommuneplanens arealdel §30.3 er området definert som «Midtre og ytre sone» jf. Figur 2 i bestemmelsene. Det kreves da minimum 50 m² uteoppholdsareal per 100m² BRA.

§ 21.3 *I rød støysone tillates det ikke støyfølsom arealbruk. Etablering av nye boliger kan likevel vurderes i sentrale byområder og andre viktige for tetttingsområder langs kollektivtrase med støynivå (L_{den}) inntil 70 dBA* ved fasade, dersom boenhetene er gjennomgående og har en stille side hvor uterom kan plasseres. Minst halvparten av rom for varig opphold og minst ett soverom skal vende mot stille side.*

*I denne rapporten er grenseverdien tolket til å gjelde alle typer støykilder.

4 BEREGNINGSMETODE

Beregningene er utført ved bruk av Nordisk beregningsmetode for vegtrafikkstøy, Nordisk beregningsmetode for jernbanestøy og industristøymetoden. Programmet CadnaA (versjon 4.6.155) er benyttet. Støynivå på uteoppholdsareal er beregnet i 1,5 meters høyde over terreng.

5 RESULTATER - VEITRAFIKK

Planlagt bygningsmasse ligger i gul/rød sone fra veitrafikk, se vedlegg 2. Beregnet støynivå utenfor boliger ved mest utsatte fasader (fasader mot sør og øst) er opptil $L_{den} = 66$ dB. Se figur 3.

Statistisk maksimalnivå er ikke dimensjonerende (L_{den} overskrider grenseverdi med relativt flere dB enn L_{5AF}).



Figur 3. Støynivå fra veitrafikk ved fasade, sett fra sørøst (mest utsatt mhp støy fra veitrafikk).

Innendørs lydnivå

Beregnet tidsmidlet lydnivå utenfor boliger ved mest utsatte fasader, som danner grunnlag for dimensjonering av fasadekonstruksjoner, (fasader mot sør og øst) er opptil $L_{p,A,T} = 63$ dB (frittfeltnivå). Se figur 4.



Figur 4. Tidsmidlet lydtrykknivå (frittfelt) fra veitrafikk ved fasade, sett fra sørøst.

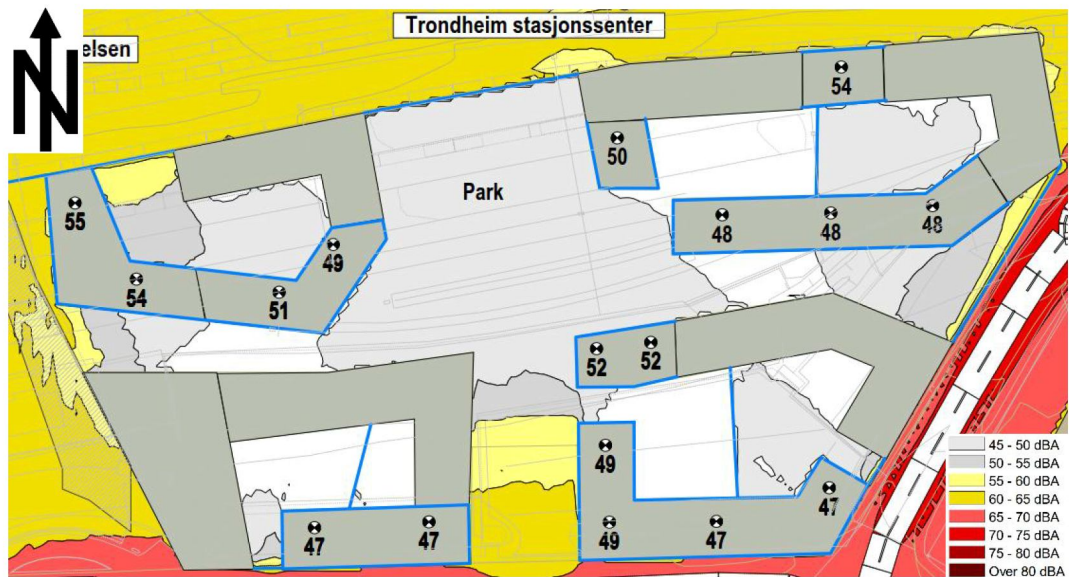
Dette medfører at fasadeelementer må ha gode lydreduksjonsegenskaper for å sikre tilfredsstillende innendørs lydforhold. Det anbefales i en senere fase detaljerte innendørsberegninger av støy fra veitrafikk for å sikre krav i TEK. Se også kapittel 10.

Uteareal

Beregnet støynivå på felles uteareal, stille side for bygningene har i all hovedsak støynivå under $L_{den} = 55$ dB, se figur 5. For å tilfredsstillende kommunepålegg må boenhetene være gjennomgående mot stille side.

For at takhager skal få tilfredsstillende støynivå må rekkverk være tett mot fundament. I beregningene er det generelt benyttet 1,2 meter høye skjermer/rekkverk, med unntak av skjerm mellom «park» og skinneganger som er satt til 3 meters høyde.

Eventuelle balkonger plassert i ytterste fasadeliv mot nord, sør, øst og vest må innglasses får å få tilfredsstillende støynivå på privat uteplass. Innglassingen vil også kunne bidra til reduksjon av lydkrav til fasade innenfor. Dersom en boenhet allerede har tilgang til uteplass på stille side, kan balkong utføres med tett rekkverk og lydabsorbent i himling for å redusert støynivået på den sekundære uteplassen.

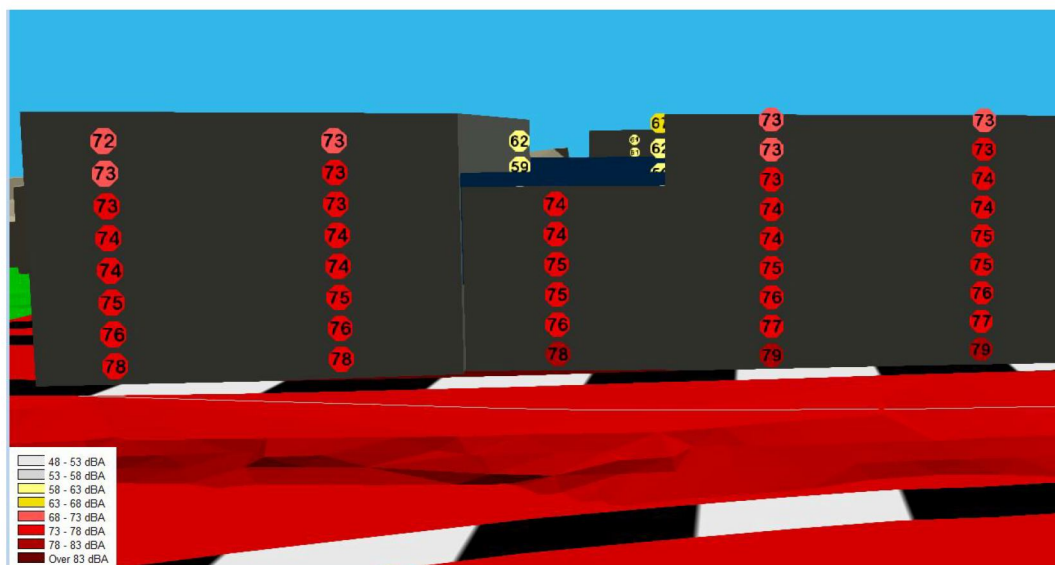


Figur 5. Høyeste beregnede støynivå fra veitrafikk på uteareal (støysoneskart på «plate» over terminal og punktberegninger på takhager). Beregningshøyde er 1,5 m over lokal kotehøyde for «plate» og takhager (tilsvarende cirka ørehøyde for en voksen person). Blå streker viser støyskjerming/tette rekkverk

6 RESULTATER - JERNBANE

Planlagt bygningsmasse ligger i gul/rød sone fra jernbane, se vedlegg 3. Beregnet støynivå utenfor boliger ved mest utsatte fasader (fasader mot nord) er opptil $L_{den} = 75$ dB. Se figur 6.

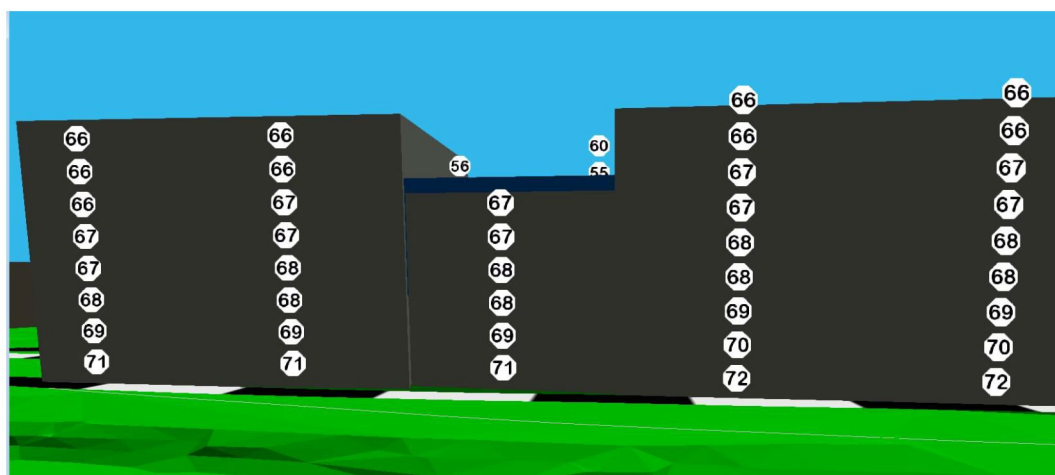
Statistisk maksimalnivå er ikke dimensjonerende. (L_{den} overskrider grenseverdi med relativt flere dB enn L_{5AF}).



Figur 6. Støynivå fra jernbane ved fasade, sett fra nord.

Innendørs lydnivå

Beregnet tidsmidlet lydtryknivå utenfor boliger ved mest utsatte fasader, som danner grunnlag for dimensjonering av fasadekonstruksjoner, (fasader mot nord) er opptil $L_{p,A,T} = 68$ dB. Se figur 7.



Figur 7. Tidsmidlet lydtryknivå (fritt felt) fra jernbane ved fasade, sett fra nord.

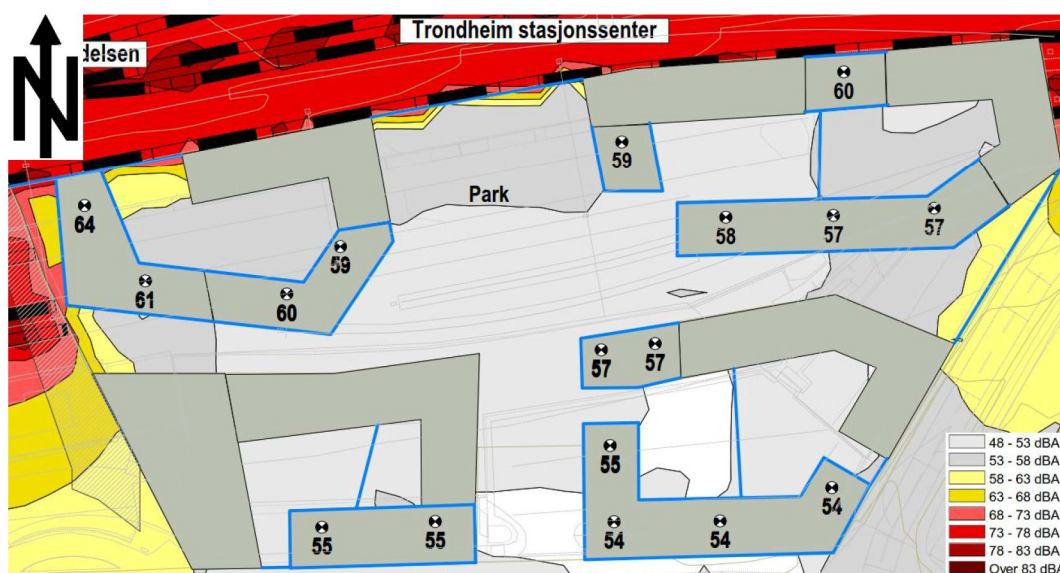
Dette medfører at fasadeelementer må ha gode lydreduksjonsegenskaper for å sikre tilfredsstillende innendørs lydforhold. Det anbefales i en senere fase detaljerte innendørsberegninger av støy fra veitrafikk for å sikre krav i TEK. Se også kapittel 10.

Uteareal

Beregnet støynivå på felles uteareal, stille side for bygningene har i all hovedsak støynivå under $L_{den} = 58$ dB, se figur 8. For å tilfredsstill kommunepålegg må boenhetene være gjennomgående mot stille side.

For at takhager skal få tilfredsstillende støynivå må rekkverk være tett mot grunn. I beregningene er det generelt benyttet 1,2 meter høye skjermer/rekkverk, med unntak av skjerm mellom «park» og skinneganger som er satt til 3 meters høyde.

Eventuelle balkonger plassert i ytterste fasadeliv mot nord, sør, øst og vest må innglasses for å få tilfredsstillende støynivå på privat uteplass. Innglassingen vil også kunne bidra til reduksjon av lydkrav til fasade innenfor. Dersom en boenhet allerede har tilgang til privat uteplass på stille side, kan balkong utføres med tett rekkverk og lydabsorbent i himling for å redusert støynivået på den sekundære uteplassen.



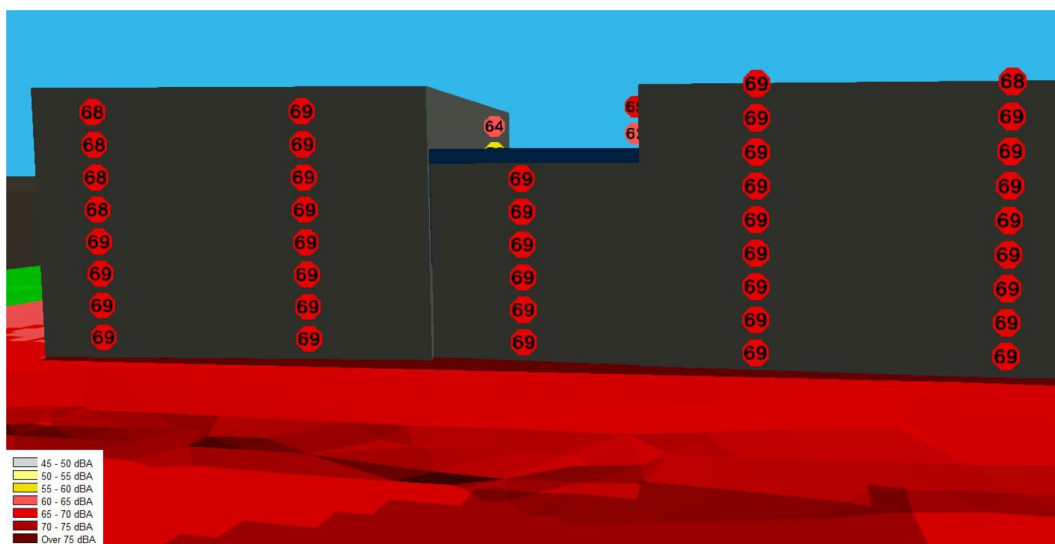
Figur 8. Høyeste beregnede støynivå fra jernbane på uteareal (støysonekart på «plate» over terminal og punktberegninger på takhager). Beregningshøyde er 1,5 m over lokal kotehøyde for «plate» og takhager (tilsvarende cirka ørehøyde for en voksen person). Blå streker viser støyskjermer/tette rekkverk

7 RESULTATER - GODSTERMINAL

Planlagt bygningsmasse ligger i gul/rød sone fra godsterminal, se vedlegg 4. Beregnet støynivå utenfor boliger ved mest utsatte fasader (fasader mot nord) er opptil $L_{den} = 69$ dB. Se figur 9.

Maksimalnivå er ikke dimensjonerende. (L_{den} vurderes å overskride grenseverdi med relativt flere dB enn L_{AFmax} , se vedlegg 9). Impulsllyder fra godsterminalen nattetid kan

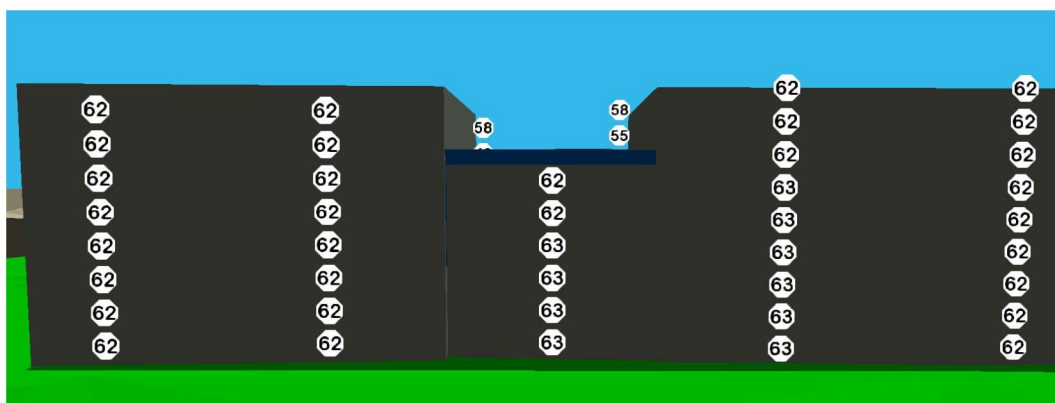
imidlertid virke forstyrrende på søvn, de må derfor vies stor oppmerksomhet ved dimensjonering av fasader.



Figur 9. Støynivå fra godsterminal ved fasade, sett fra nord.

Innendørs lydnivå

Beregnet tidsmidlet lydtryknivå utenfor boliger ved mest utsatte fasader, som danner grunnlag for dimensjonering av fasadekonstruksjoner, (fasader mot nord) er opptil $L_{p,A,T} = 63$ dB. Se figur 10.



Figur 10. Tidsmidlet lydtryknivå (frittfelt) fra godsterminal ved fasade, sett fra nord.

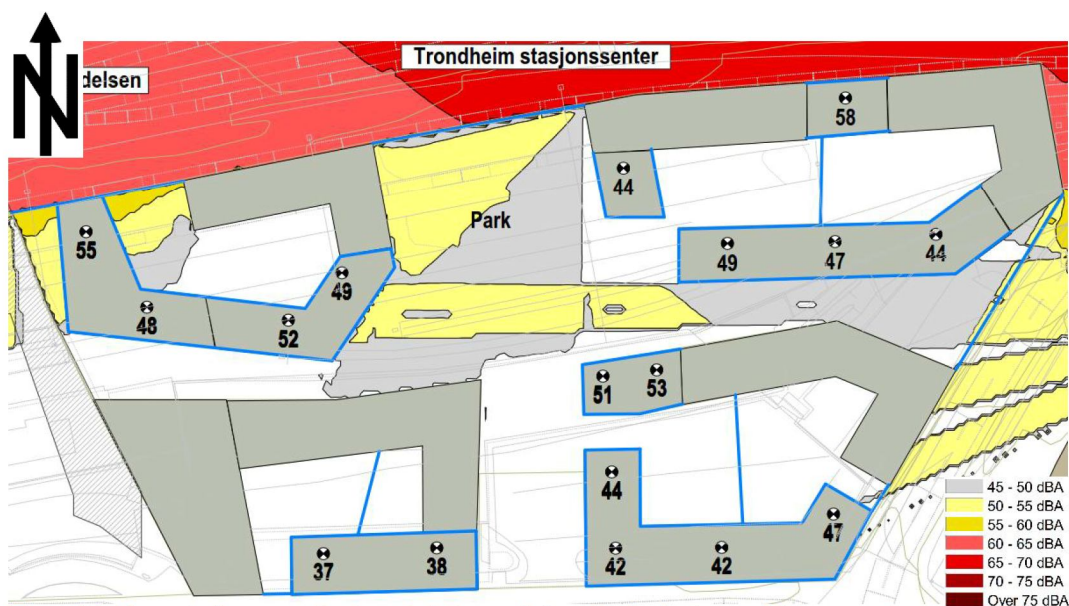
Dette medfører at fasadeelementer må ha gode lydreduksjonsegenskaper for å sikre tilfredsstillende innendørs lydforhold. Det anbefales i en senere fase detaljerte innendørsberegninger av støy fra veitrafikk for å sikre krav i TEK. Se også kapittel 8.

Uteareal

Beregnet støynivå på felles uteareal, stille side for bygningene har i all hovedsak støynivå under $L_{den} = 50$ dB, se figur 11. For å tilfredsstille kommuneplanbestemmelsene må boenhetene være gjennomgående mot stille side.

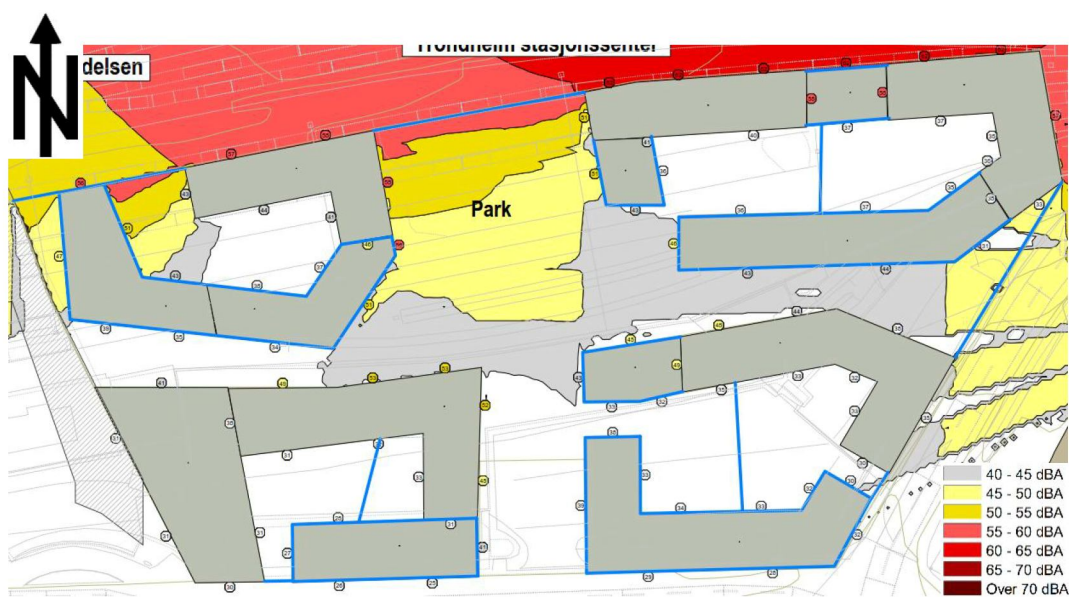
For at takhager skal få tilfredsstillende støynivå må rekkverk være tett mot grunn. I beregningene er det generelt benyttet 1,2 meter høye skjermer/rekkverk, med unntak av skjerm mellom «park» og skinneganger som er satt til 3 meters høyde.

Eventuelle balkonger plassert i ytterste fasadeliv mot nord, sør, øst og vest må innglasses får å få tilfredsstillende støynivå på privat uteplass. Innglassingen vil også kunne bidra til reduksjon av lydkrav til fasade innenfor. Dersom en boenhet allerede har tilgang til privat uteplass på stille side, kan balkong utføres med tett rekkverk og lydabsorbent i himling for å redusert støynivået på den sekundære uteplassen.



Figur 11. Høyeste beregnede støynivå fra godsterminal på uteareal (støysonekart på «plate» over terminal og punktberegninger på takhager). Beregningshøyde er 1,5 m over lokal kotehøyde for «plate» og takhager (tilsvarer cirka ørehøyde for en voksen person). Blå streker viser støyskjermer/tette rekkverk

Beregnet støynivå nattetid utenfor vinduer ligger over grenseverdi på $L_n = 45$ dB for flere av fasadene, se gul-/rødfargede fasadeverdier i figur 12.



Figur 12. Høyeste beregnede støynivå fra godsterminal utenfor vinduer nattetid. Blå streker viser støyskjærmer/tette rekkverk

Lydnivå nattetid har mest betydning for beboere som lufte via vinduer på soverom. Etter TEK10 skal boligene prosjekteres med balansert ventilasjon, slik at lufting via vindu i utgangspunktet ikke skal være nødvendig.

Ettersom man ikke får gjort noe med støykildene, og ikke har mulighet til å skjerme alle soveromsvinduer i alle fasader ved bruk av utendørs skjerming, vil beboere som velger å lufte via soveromsvindu som ligger på støyutsatt side kunne oppleve støyen som sjenerende. Dette gjelder spesielt impulslyder fra godsterminalen.

Overordnet sumstøy-vurdering i kapittel 8 viser at samlet lydnivå fra alle kilder ligger en god del høyere enn lydnivå fra godsterminal nattetid alene. Dermed vil man ved å dimensjonere fasadene for sumstøy sørge for at innendørs lydnivå nattetid vil ligge innenfor grenseverdi, forutsatt lukkede vinduer.

Alle boliger må ha tilgang til stille side og soverom bør i størst mulig grad plasseres mot denne siden. I praksis er det de delvis lukkede «gårdsrommene» til de 4 blokkene som utgjør stille side, og som vi ser av figuren vil disse gårdsrommene også ha tilfredsstillende L_n -verdier (< 45 dB). L_n er imidlertid en gjennomsnittsverdi, som ikke fanger opp impulslyder. Selv om også impulslydene vil være betydelig lavere i gårdsrommene enn i de mest utsatte fasadene kan de også oppleves som sjenerende her, hvis man lufte via vindu. Her snakker man imidlertid om et lydnivå fra impulslyder som man typisk må forvente å oppleve generelt i sentrumsstrøk (fra diverse lydkilder).

8 VURDERING

8.1 GODSTERMINALEN – LYDMÅLING VERSUS BEREGNING

På godsterminalen er støybildet svært variabelt avhengig av hvilke spor som benyttes, antall containere som fraktes inn/ut av terminalen, samt kjørerute for truck og lastebiler.

I tillegg er det i stor grad variable impulslyder som gir de høyeste utslagene, eksempelvis:

- godstog som bremses/stopper,
- truck som fløyter for å signalisere til lastebilsjåfør,
- dunk fra manøvrering av containere,
- osv.

Det er utfordrende å utarbeide en støymodell som gir et riktig bilde av den komplekse situasjonen. Beregningen må sees i sammenheng med lydmålingen på tomta (vedlegg 9). Lydmålingen gir trolig et mer riktig bilde av støysituasjonen enn beregningen mhp når det er aktivitet på godsterminalen (kapittel 7).

8.2 INNENDØRS LYDNIVÅ - SUMSTØY FRA ULIKE KILDER

For å dimensjonere fasader slik at grenseverdi for innendørs lydnivå fra utendørs lydkilder tilfredsstilles, må man se på hele støybildet samlet.

I tabell 5 er det foretatt en overordnet sumstøy-analyse av delbidragene fra vei, bane og terminal for de ulike fasadene, som sier noe om hvilke støykilder som dominerer.

Frekvensspekter, som varierer for de ulike kildene, er ikke hensyntatt. Gjennomsnittsnivåene benyttet i tabellen fanger ikke opp impulslyder fra godsterminalen. Disse forhold må man ta hensyn til ved dimensjonering av fasader i senere planfase.

Tabell 5: Overordnet sumstøy-analyse for fasader (logaritmisk addisjon av beregnede lydnivå)

| Støykilde | Fasade ($L_{p,A,T}$, dBA) | | | |
|----------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | Nord | Øst | Sør | Vest |
| Vei | 63 | 62 | 63 | 61 |
| Bane | 68 | 66 | 52 | 67 |
| Terminal | 62 | 57 | 30 | 47 |
| Sumstøy | 70 | 68 | 63 | 68 |

Som tabellen viser er jernbanestøyen hovedbidragsyter mot nord når man vurderer gjennomsnittsnivå. Dette stemmer bra med lydmålingene (se vedlegg 9) som viser at togpassering gir de høyeste verdiene på tomta. Imidlertid må man ta hensyn til hyppighet og varighet for de ulike støykildene ved dimensjonering av fasader. Eksempelvis vil togpasseringer være relativt kortvarige og forutsigbare, mens impulslyder fra

godsterminalen ikke er det. I tillegg foregår deler av arbeidene på godsterminalen nattetid.

Mot øst og vest er kombinasjonen vei og jernbane dimensjonerende når man vurderer gjennomsnittsnivå, mens terminalstøyen er noe lavere. Imidlertid må man også ved dimensjonering av disse fasadene tilstrebe å redusere plagegrad fra impulslyder nattetid, da disse har en helt annen karakter enn «sus» fra trafikk.

Mot sør er veitrafikken dimensjonerende når man vurderer gjennomsnittsnivå. Jernbanestøy og terminalstøy er betydelig lavere.

Fasadeelementer må ha gode lydreduksjonsegenskaper for å sikre tilfredsstillende innendørs lydforhold, se også avsnitt 8.3. Det må i en senere fase, når endelig byggutforming og planløsning er valgt, utføres detaljerte innendørsberegninger av sumstøy fra de ulike kildene for å sikre krav i TEK.

For å tilfredsstillende kommuneplassbestemmelsene må boenhetene være gjennomgående mot stille side.

8.3 INNENDØRS LYDNIVÅ - LAVFREKVENT STØY

Det fremgår av lydmålingene (vedlegg 9) at det er relativt stort innslag av lavfrekvent støy på tomte, fra blant annet jernbane og aktivitet på godsterminal. Dette må tas på alvor, da eksponering av lavfrekvent støy over tid kan ha negative helseeffekter.

For å redusere lavfrekvent støy kreves «tunge» fasader. Det mest effektive er bruk av betong eller tilsvarende. Hvis det av ulike grunner ikke er mulig å benytte så massive fasader (energikrav, kapasitet fundamenter eller lignende), kan forbedring oppnås ved bruk av tyngre kledning på en stenderverkskonstruksjon. Et regneeksempel, med utgangspunkt i lydnivå på tomte ved passering av tog (hendelse «H2» i vedlegg 9, figur 7/tabell 1):

Tabell 6: Regneeksempel: «tung» kledning versus «lett» kledning

| Frekvens (Hz) | Utendørs lydnivå (dB) | Innendørs lydnivå (dB) for veggtype: | |
|------------------|--------------------------|---|---|
| | | Isolert stenderverksvegg, 350 mm mineralull, med "tung" kledning Cembrit og "branngips" | "lett" kledning 9 mm GU + 2 lag gips |
| 63 | 71 | 38 | 49 |
| 125 | 78 | 39 | 45 |
| 250 | 72 | 28 | 34 |
| 500 | 74 | 26 | 31 |
| 1000 | 71 | 20 | 23 |
| 2000 | 67 | 19 | 20 |
| 4000 | 61 | 8 | 16 |

Som det fremgår av tabellen kan lydnivå reduseres med ca 6 - 10 dB i de lave frekvensene (125 Hz og lavere) ved bruk av tyngre kledning.

8.4 LYDNIVÅ PÅ UTEOPPHOLDSAREAL

For at uteoppholdsareal skal få tilfredsstillende lydnivå må det etableres tette rekkverk som fungerer som støyskjerm, med minimumshøyder som angitt i kapittel 5. Rekkverk/skjermer kan utføres i glass.

Endelig løsning må kvalitetssikres med oppdaterte beregninger i neste planfase.

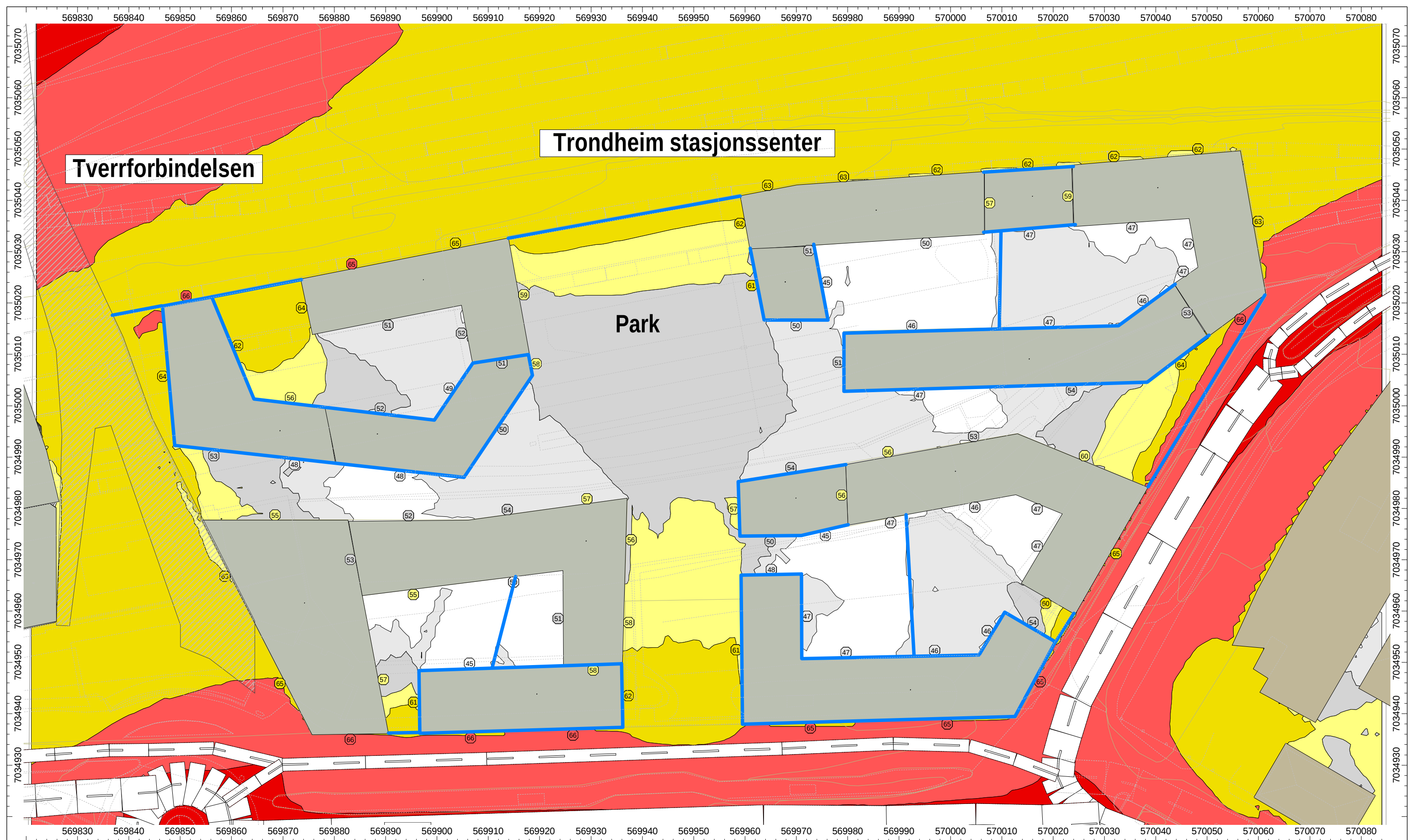
9 REFERANSER

- 1 NS8175 Lydforhold i bygninger – lydklasser for ulike bygningstyper. Standard Norge, 2012
- 2 T-1442 Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging, 2012
- 3 Bestemmelser og retningslinjer til kommuneplanens arealdel 2012-2024, Trondheim kommune, 04.12.12

VEDLEGG 1 - BEGREPER

| BEGREP | NOTASJON | FORKLARING |
|--|---|---|
| Døgnet midlet lydtryknivå | $L_{ekv,24t}$ | Tidsmidlet lydtryknivå for en 24-timers periode (døgn). Brukes nesten alltid med A-veiling (jf. veiekurve A), og angis da $L_{A,ekv,døgn}$ eller $L_{A,ekv,24t}$. |
| A-veid tidsmidlet lydtryknivå | $L_{p,A,T}$ | Tidsmidlet lydtryknivå for måleperioden. |
| A-veid lydtryknivå "Day-Evening-Night" | L_{den} (L_{ADEN}) | A-veid tidsmidlet lydtryknivå med 10 dB tillegg for lyd som opptrer om natten (kl 23-07) og 5 dB tillegg lyd som opptrer om kvelden (kl 19-23). (L_{den} er praktisk talt det samme som Ekvivalent flystøynivå, EFN.) Beskrivelsen er vedtatt som generell indikator ved vurdering og kontroll av ekstern støy i EU. Til prognoseformål skal L_{den} beskrives som frittfeltverdi, normalt med mottakerhøyde +4 m over terreng. |
| Lydklasse (bygninger) | | Lydklassifisering av bygningstyper etter NS 8175, som definerer 4 klasser A-D slik at klasse A har de strengeste lydkravene og klasse D de svakeste. Kravene i teknisk forskrift (TEK) kan regnes å være oppfylt når grenseverdiene i lydklasse C er oppfylt. |
| Etterklangstid | T | Angir den tiden (i sekund) som lydtryknivået bruker på å falle 60 dB – etter at lydkilde slåes av. Et rom med lite absorpsjon har lang etterklangstid. Etterklangstiden kan variere for ulike frekvenser. |
| Maksimalt lydtryknivå | L_{max} (L_{Amax}) L_{AFmax} L_{5AF} | Beskrivelse av høyeste lydtryknivå for lyd med varierende styrke. L_{max} er svært følsomt for hvordan det defineres: hvilken tidskonstant (<i>Impulse, Fast, Slow</i>) som skal brukes og hvilke topper som skal medtas. A-veid maksimalnivå med tidskonstant <i>Fast</i> 125 ms. A-veid nivå med tidskonstanten <i>Fast</i> på 125 ms som overskrides av 5 % av hendelsene i løpet av en nærmere angitt periode, dvs. et statistisk maksimalnivå i forhold til antall hendelser |
| Veiekurve – A | A | Standardisert kurve (IEC 60651) som etterlikner ørets følsomhet for ulike frekvenser ved lavere og midlere lydtryknivå. Brukes ved de fleste vurderinger av støy. A-kurven framhever frekvensområdet 2000-4000 Hz og demper basslyd. |

| BEGREP | NOTASJON | FORKLARING |
|----------------------------|---|--|
| Tidskonstant | S (Slow) F (Fast) I (Impulse) Peak | Standardiserte tidskonstanter (IEC 60651) som kan velges ved måling av lydtryknivå. Ved konstant lydtrykk vil S, F og I gi samme lydtryknivå. For kortvarige eller varierende lydforløp gir de fire tidskonstantene forskjellige nivåer. Hvilken konstant som skal brukes er vanligvis angitt i den aktuelle målestandard. Tidskonstantene har ulik type definisjon, men har grovt sett reaksjonstid på henholdsvis 1000 ms (S), 125 ms (F), 35 ms (I) og 30 μ s (Peak). Lydtryknivå målt med f.eks Fast tidskonstant benevnes L_F . Er i tillegg veiefilter-A innkoblet benevnes lydtryknivået L_{AF} . |
| Tidsmidlet lydtryknivå | $L_{ekv,T}$ | Gjennomsnittlig (energimidlet) lydnivå over et visst tidsintervall (T), f.eks. 1 minutt, 30 minutt, 1 time, 8 timer eller 24 timer. Kan brukes med A-veiling (jf. veiekurve A), og angis da for eksempel $L_{A,ekv,16t}$ (hvis tidsintervallet er 16 timer). |
| Trafikkstøyreduksjonstall | $R_w + C_{tr}$ | Beskriver laboratoriemålt lydreduksjonstall i vinduer og yttervegger i dB med omgjøringstall (dvs. korreksjon) for trafikkstøy som lydkilde. Benevnningen ble tidligere benevnt R_A . <i>jf. Omgjøringstall for trafikk</i> |
| Omgjøringstall | C | Korreksjon av <u>veid</u> lydisolasjonsverdi (hele settet med enkeltbåndsverdier beskrevet med ett tall) for: 1) å ta hensyn til ulike støykilders frekvensspekter (for eksempel mye/lite bass), eller 2) å vurdere lydisolasjonsverdi/trinnlydnivå for utvidet frekvensområde (for eksempel 50 - 5000 Hz). NBI håndbok 47 oppgir 6 ulike spekterkorreksjoner (C_{1-6}) for ulike lydkilder/støysituasjoner. I NS8175 gjelder krav til lydisolasjon/trinnlydnivå for utvidet frekvensområde i lydklasse A og B. |
| Omgjøringstall for trafikk | C_{tr} | Korreksjon av <u>veid</u> lydisolasjonsverdi når vegtrafikk er lydkilden. C_{tr} (kalles også spekter nr. 2) gjelder for uskjermet vegtrafikk i 50 km/t. Det uspesifiserte omgjøringstallet gjelder for de 16 stk 1/3-oktavnåbånd som er standardisert for bygningsakustiske målinger (100 - 3150 Hz). Hvis målinger er gjort i et utvidet frekvensområde kan dette angis i omgjøringstallet, for eksempel $C_{tr, 50-5000}$. <i>jf. Omgjøringstall</i> |



Trondheim stasjonscenter

Tverrforbindelsen

Park

Lydnivå Lden i dB,
4.0 meter over terreng

Antall refleksjoner: 1
Rutenett: 1 x 1 m
Beregningshøyde: 4.0 m
(over terreng)

- 45 - 50 dBA
- 50 - 55 dBA
- 55 - 60 dBA
- 60 - 65 dBA
- 65 - 70 dBA
- 70 - 75 dBA
- 75 - 80 dBA
- Over 80 dBA



, 28.06.16
0

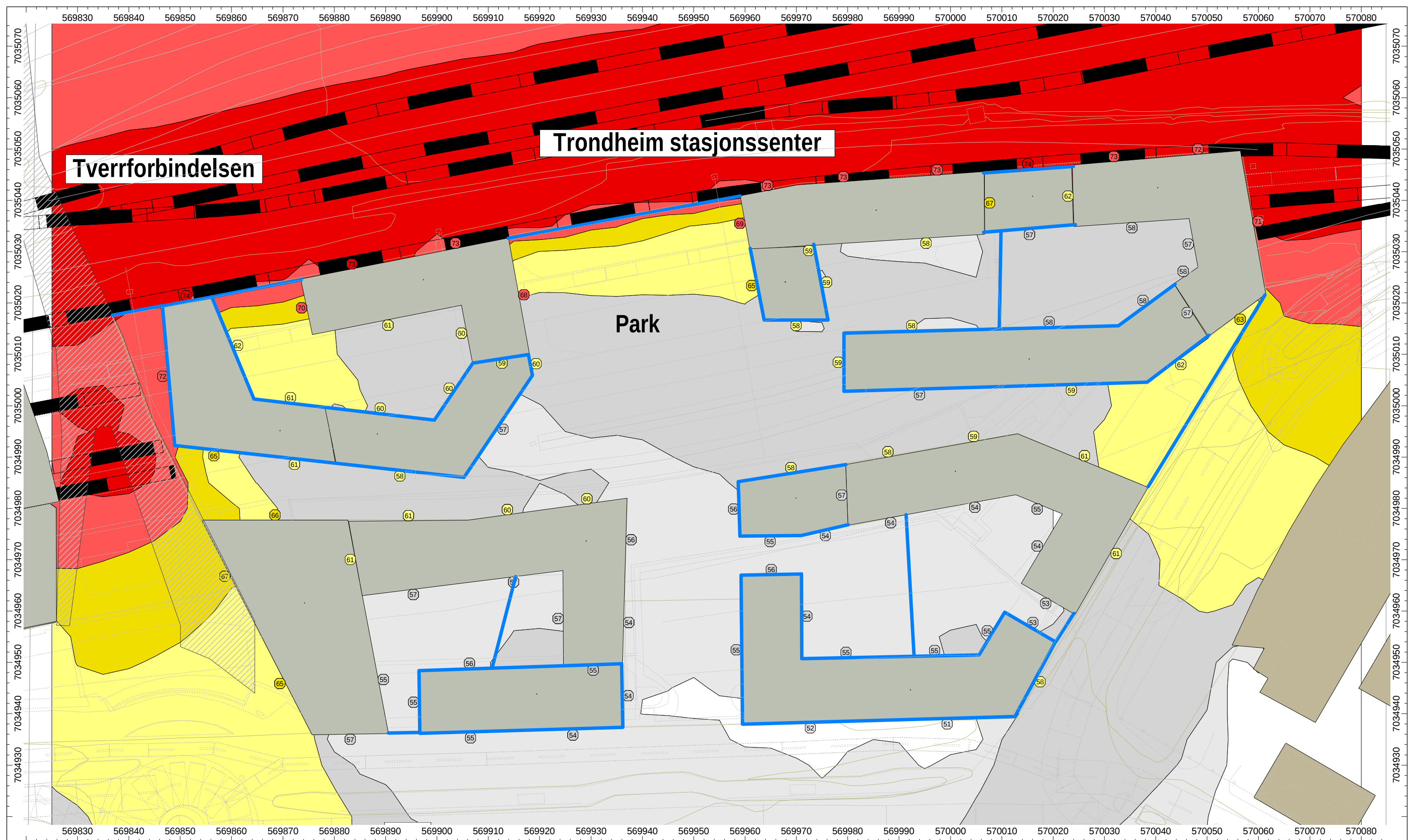


Variant: VEG, Veg
Trondheim Stasjonscenter, målestokk 1:1000
Støy fra vegtrafikk.
Skjerm mellom Park og skinneganger har høyde 3 m,
øvrige skjermer/rekkverk har høyde 1.2 m

Vedlegg 2

**Lden,
VEG**

Filnavn: Vedlegg 02_VEG_4_40kmt.cna



Tverrforbindelsen

Trondheim stasjonscenter

Park

Lydnivå Lden i dB,
4.0 meter over terreng

Antall refleksjoner: 1
Rutenett: 5 x 5 m
Beregningshøyde: 4.0 m
(over terreng)

- 48 - 53 dBA
- 53 - 58 dBA
- 58 - 63 dBA
- 63 - 68 dBA
- 68 - 73 dBA
- 73 - 78 dBA
- 78 - 83 dBA
- Over 83 dBA



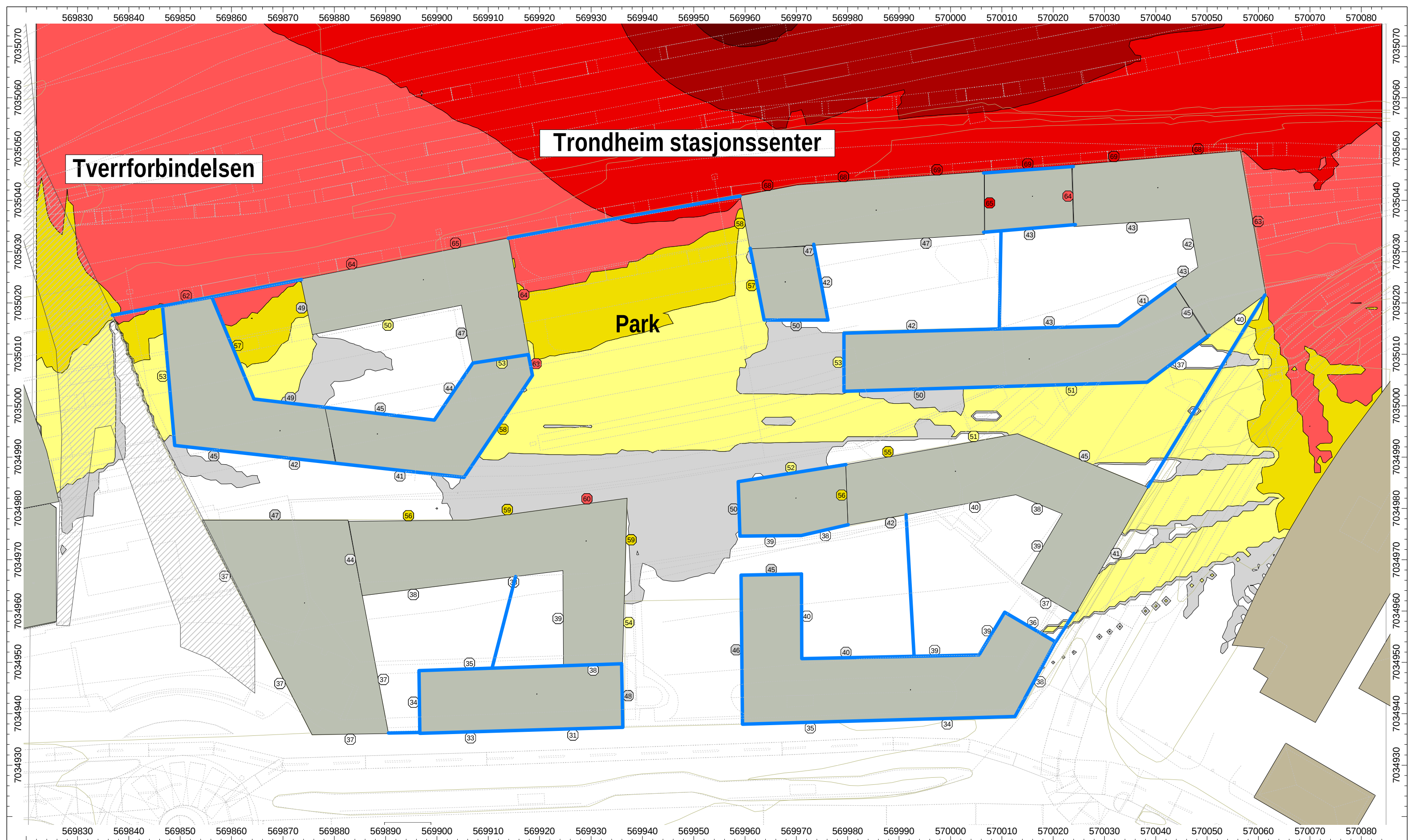
, 28.06.16
0



Variant: BANE, Jernbane
Trondheim Stasjonscenter, målestokk 1:1000
Støy fra jernbane.
Skjerm mellom Park og skinneganger har høyde 3 m,
øvrige skjermer/rekkverk har høyde 1.2 m

Vedlegg 3

**Lden,
BANE**



Tverrforbindelsen

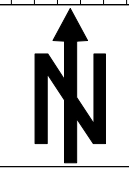
Trondheim stasjonscenter

Park

Lydnivå Lden i dB,
4.0 meter over terreng

Antall refleksjoner: 1
Rutenett: 1 x 1 m
Beregningshøyde: 4.0 m
(over terreng)

- 45 - 50 dBA
- 50 - 55 dBA
- 55 - 60 dBA
- 60 - 65 dBA
- 65 - 70 dBA
- 70 - 75 dBA
- Over 75 dBA



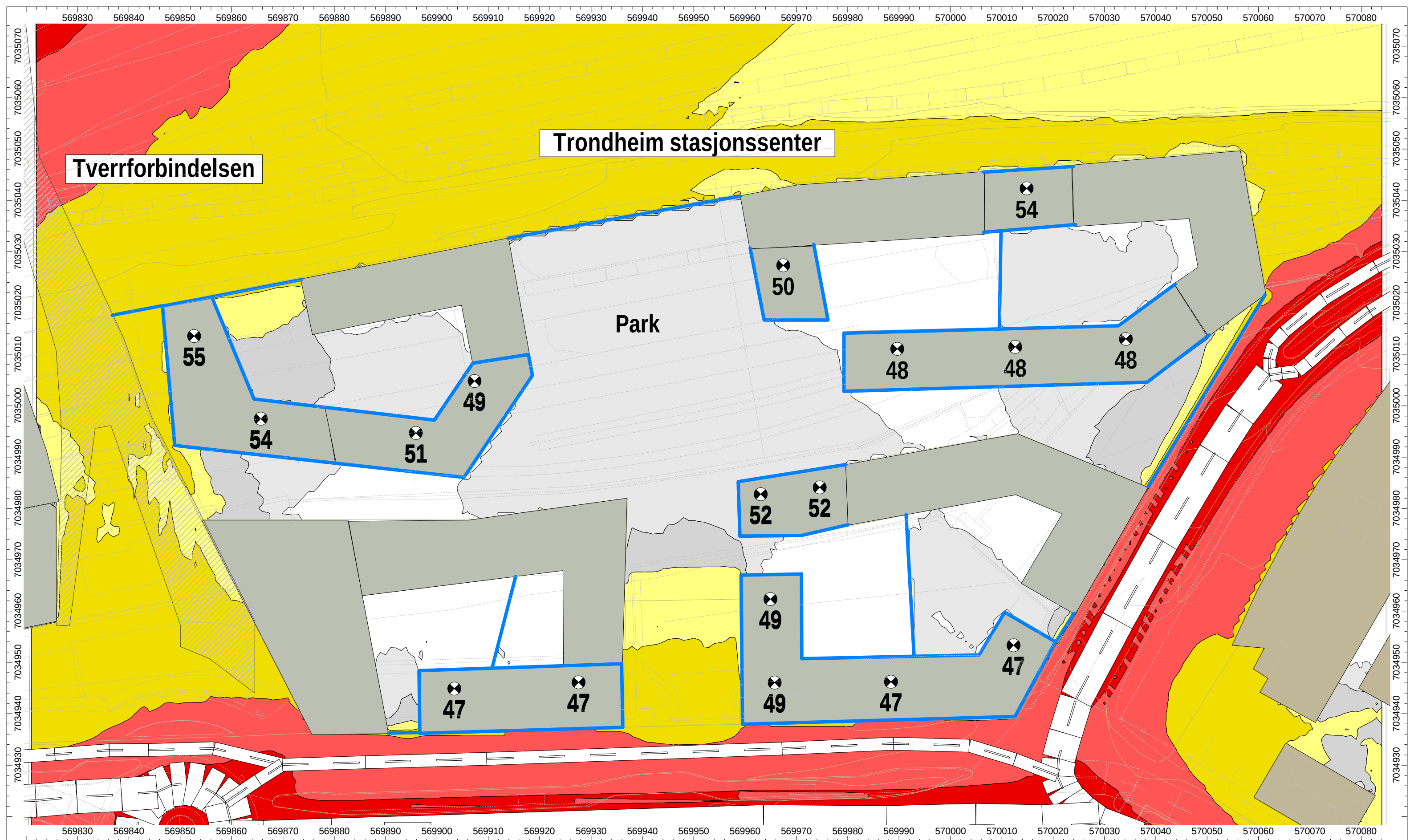
, 28.06.16
0



Variant: GODS, GODS
Trondheim Stasjonscenter, målestokk 1:1000
Støy fra Godsterminalen.
Skjerm mellom Park og skinneganger har høyde 3 m,
øvrige skjermer/rekkverk har høyde 1.2 m

Vedlegg 4

Lden,
GODS



Lydnivå Lden i dB,
1.5 meter over terreng

Antall refleksjoner: 1
Rutenett: 1 x 1 m
Beregningshøyde: 1.5 m
(over terreng)

- 45 - 50 dBA
- 50 - 55 dBA
- 55 - 60 dBA
- 60 - 65 dBA
- 65 - 70 dBA
- 70 - 75 dBA
- 75 - 80 dBA
- Over 80 dBA



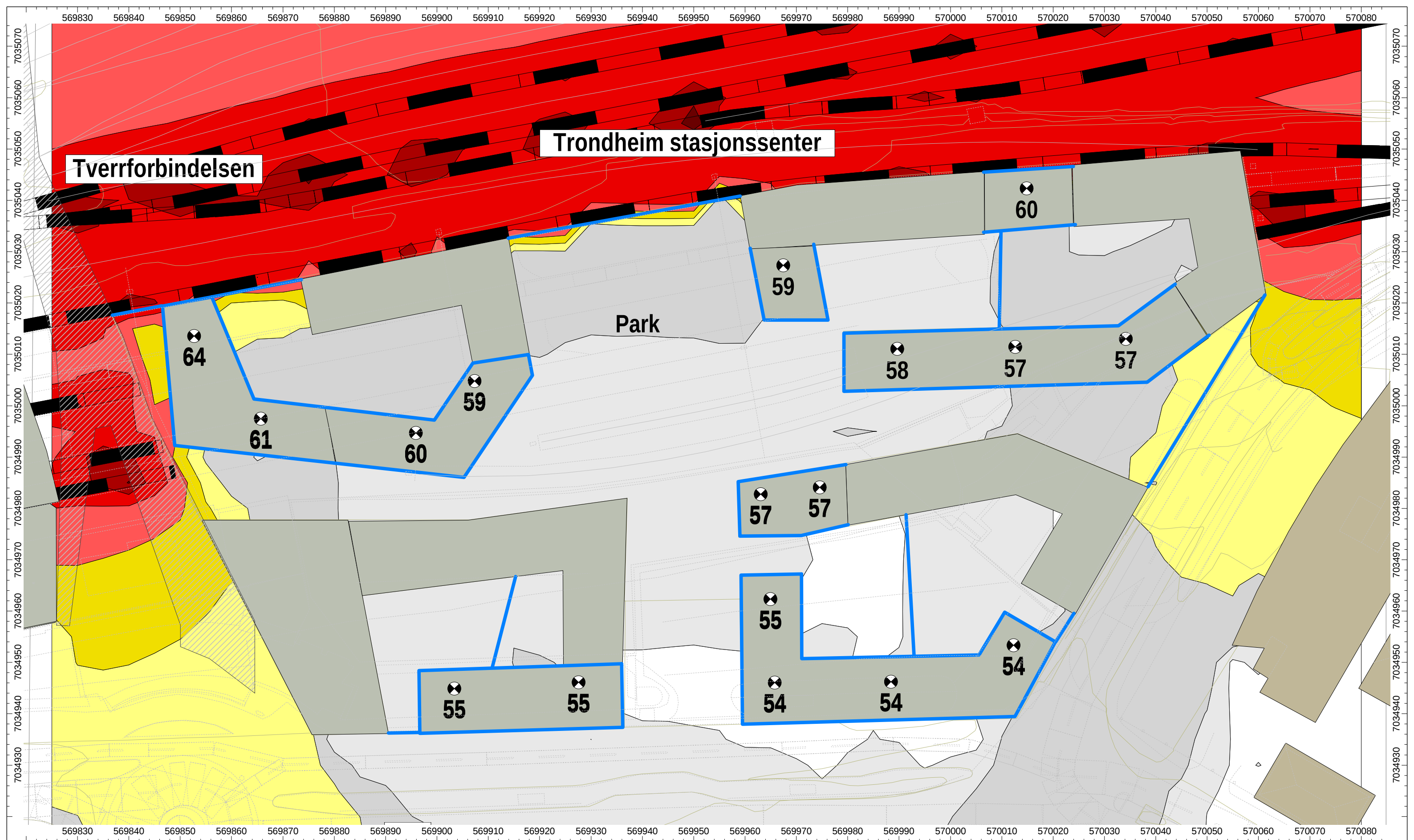
, 28.06.16
0



Variant: VEG, Veg
Trondheim Stasjonscenter, målestokk 1:1000
Støy fra vegtrafikk.
Skjerm mellom Park og skinneganger har høyde 3 m,
øvrige skjermer/rekkverk har høyde 1.2 m

Vedlegg 5

**Lden,
VEG**



Lydnivå Lden i dB,
1.5 meter over terreng

Antall refleksjoner: 1
Rutenett: 5 x 5 m
Beregningshøyde: 1.5 m
(over terreng)

- 48 - 53 dBA
- 53 - 58 dBA
- 58 - 63 dBA
- 63 - 68 dBA
- 68 - 73 dBA
- 73 - 78 dBA
- 78 - 83 dBA
- Over 83 dBA



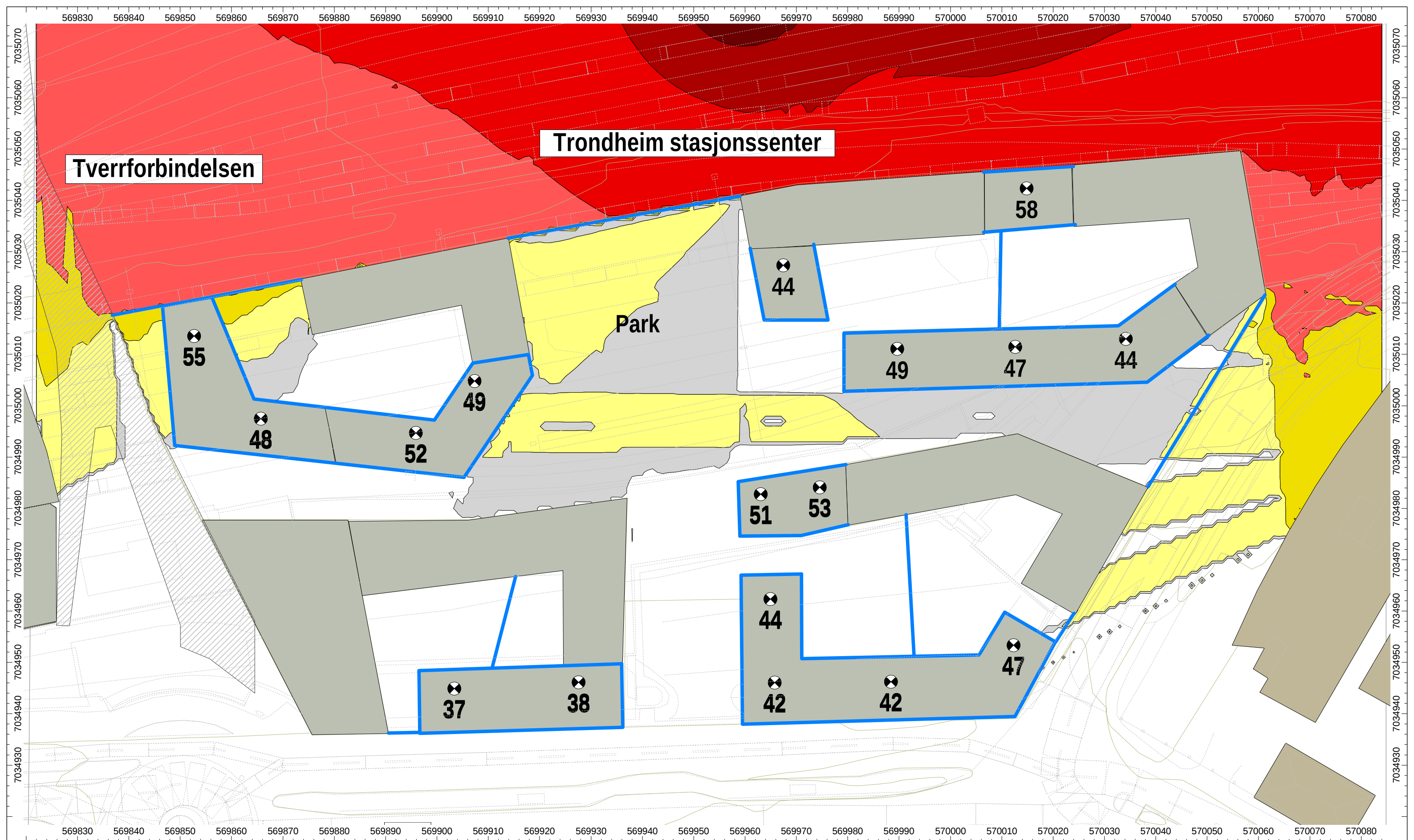
, 28.06.16
0





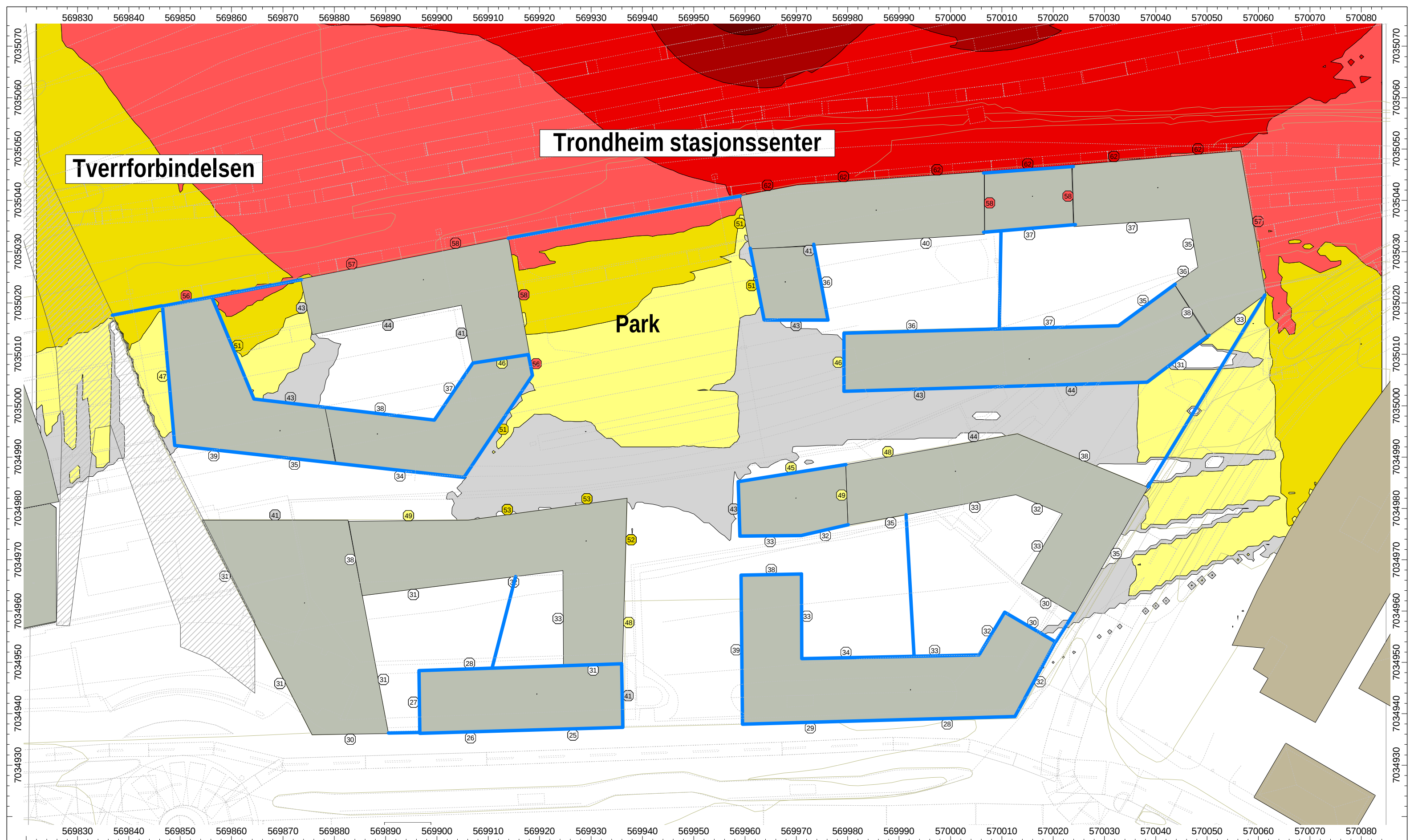
Variant: BANE, Jernbane
Trondheim Stasjonscenter, målestokk 1:1000
Støy fra jernbane.
Skjerm mellom Park og skinneganger har høyde 3 m,
øvrige skjermer/rekkverk har høyde 1.2 m

Vedlegg 6

**Lden,
BANE**



| | | | |
|---|-----------------------|---|--|
| Lydnivå Lden i dB, 1.5 meter over terreng | | Variant: GODS, GODS Trondheim Stasjonscenter, målestokk 1:1000 Støy fra Godsterminalen. Skjerm mellom Park og skinneganger har høyde 3 m, øvrige skjermer/rekkverk har høyde 1.2 m | |
| Antall refleksjoner: Rutenett: Beregningshøyde: (over terreng) | 1 1 x 1 m 1.5 m | 45 - 50 dBA 50 - 55 dBA 55 - 60 dBA 60 - 65 dBA 65 - 70 dBA 70 - 75 dBA Over 75 dBA | <div style="text-align: center;">  28.06.16 0 </div> <div style="text-align: center;">  </div> |
| | | Vedlegg 7 Lden, GODS | |
| Filnavn: Vedlegg 07_GODS_1_5.cna | | | |



Tverrforbindelsen

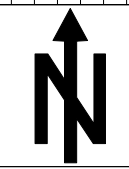
Trondheim stasjonscenter

Park

Lydnivå Ln i dB,
4.0 meter over terreng

Antall refleksjoner: 1
Rutenett: 1 x 1 m
Beregningshøyde: 4.0 m
(over terreng)

- 40 - 45 dBA
- 45 - 50 dBA
- 50 - 55 dBA
- 55 - 60 dBA
- 60 - 65 dBA
- 65 - 70 dBA
- Over 70 dBA



, 28.06.16
0



Variant: GODS, GODS
Trondheim Stasjonscenter, målestokk 1:1000
Støy fra Godsterminalen.
Skjerm mellom Park og skinneganger har høyde 3 m,
øvrige skjermer/rekkverk har høyde 1.2 m

Vedlegg 8

**Ln,
GODS**

Filnavn: Vedlegg 08_GODS_1_5 Lnright.cna

1 ORIENTERENDE LYDMÅLINGER

1.1 MÅLEMETODE

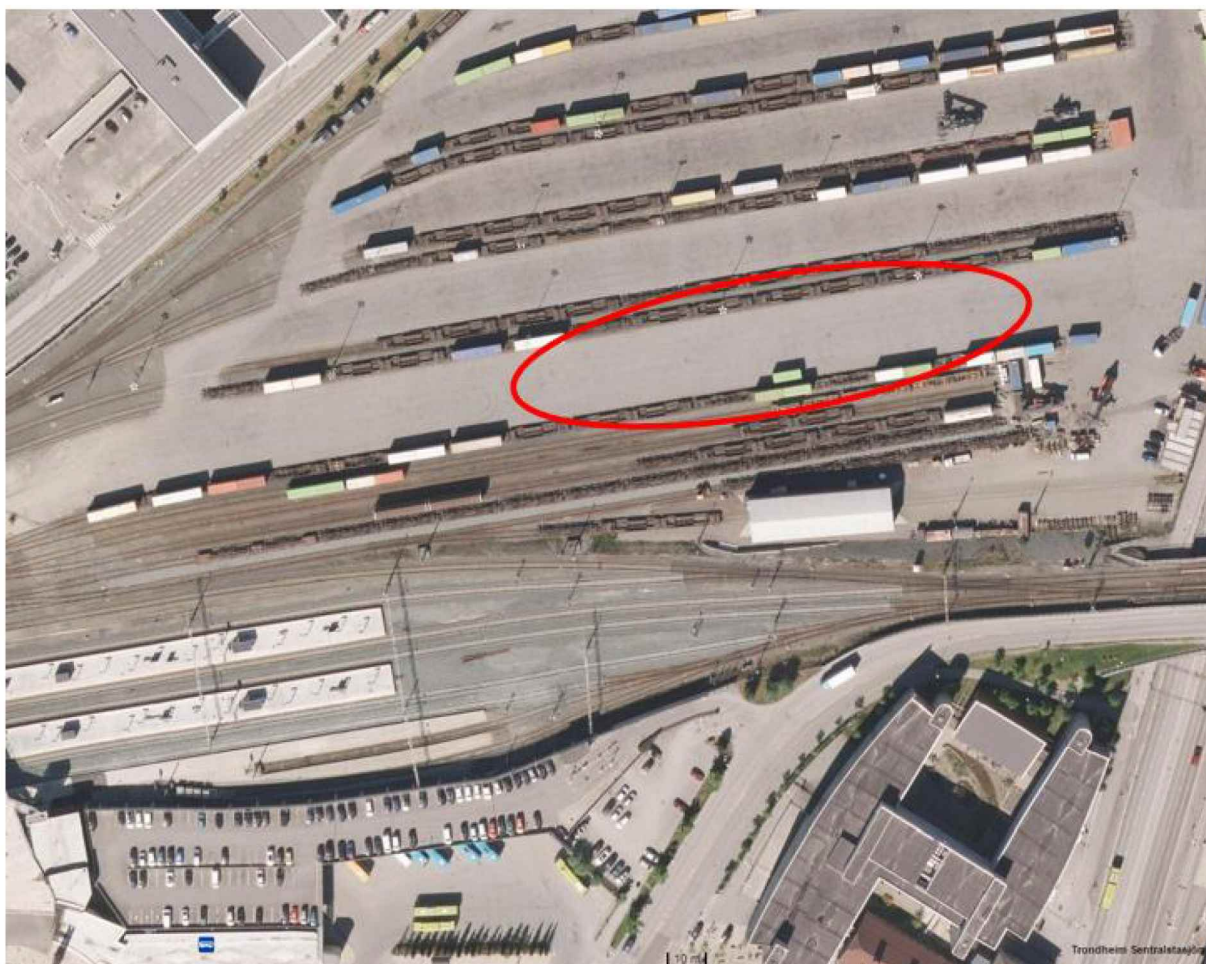
Lydmålingene ble utført som langtidsmålinger med mikrofon plassert på stativ.

1.2 MÅLEUTSTYR

- NOR140 lydnivåmåler
- NOR1209 forforsterker
- NOR1225 mikrofon
- NOR1251 kalibrator

1.3 LYDMÅLING PÅ GODSTERMINALEN

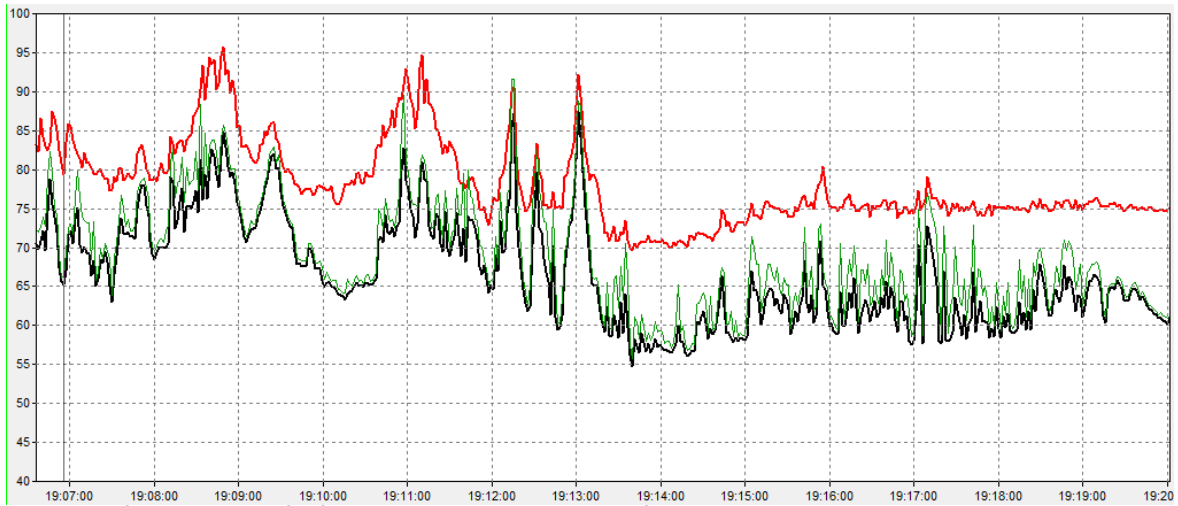
For å kartlegge aktiviteten med tilhørende lydproduksjon på godsterminalen ble det foretatt lydmåling på kvelden den 17.06.2015. Figur 1 viser området hvor målinger og mesteparten av støyende aktivitet foregikk.



Figur 1. Godsterminalen. Rød ring markerer hvor målinger og mesteparten av støyende aktivitet foregikk

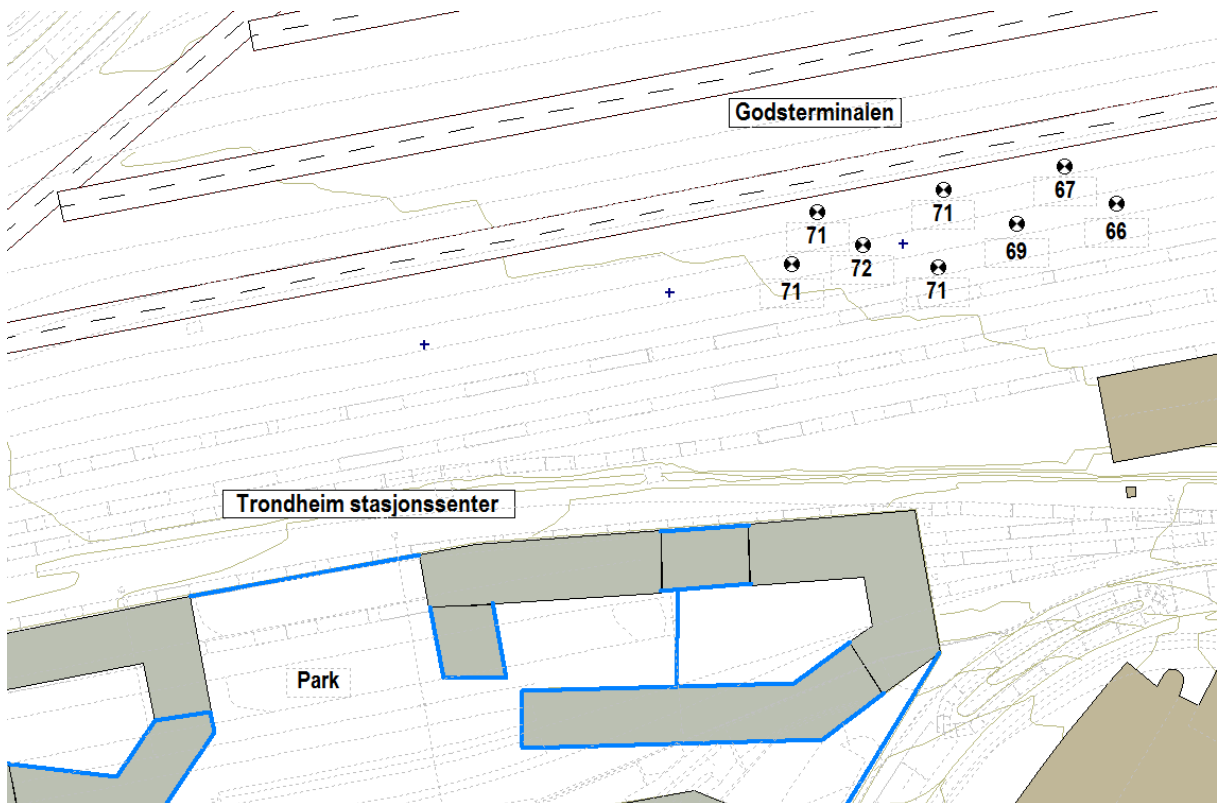
Figur 2 viser dB-variasjon i måleperioden for $L_{p,A,T}$ (sort kurve), $L_{p,AF,max}$ (grønn kurve) og $L_{p,C,T}$ (rød kurve), for én av målingene. Måleposisjonen er omtrent 15 meter fra et nylig ankommet godstog som klargjøres, og det meste av truck- og lastebilkjøring foregår mellom toget og mikrofonen. Av sikkerhetsmessige årsaker var det det ikke mulig å måle nærmere.

VEDLEGG 9



Figur 2. Målt lydtrykknivå på godsterminalen (fritt feltnivå)

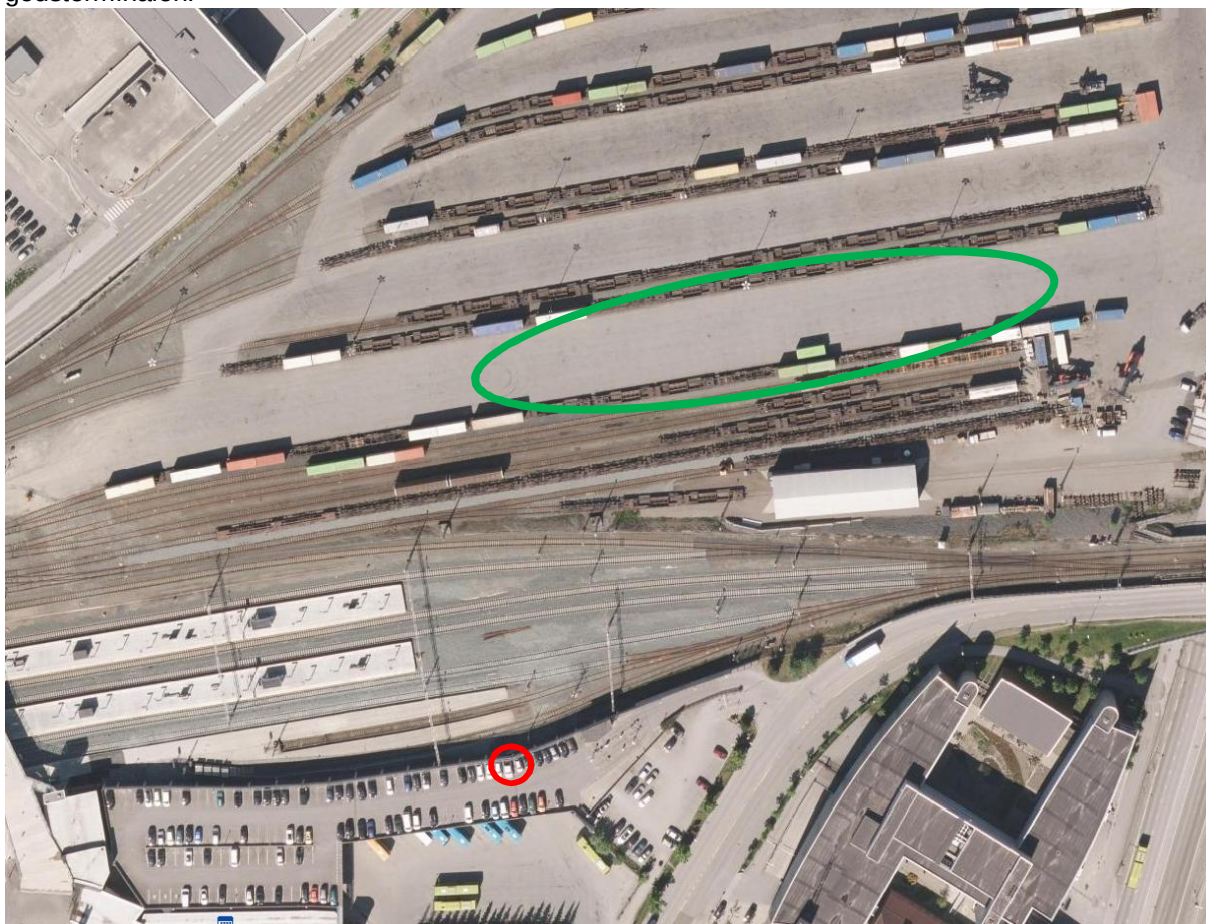
Målingene viser bra samsvar med beregnet lydnivå i modellen, se figur 3. Tidsmidlet lydnivå ($L_{p,A,T}$) i nokså umiddelbar nærhet til truck-/ lastebilaktivitet varierer rundt 70 dBA (punktberegningene nedenfor kan sammenliknes med sort kurve ovenfor).



Figur 3. Beregnet tidsmidlet lydnivå ($L_{p,A,T}$) på godsterminalen

1.4 LYDMÅLING PÅ PARKERINGSDEKKE OVER BUSSTERMINALEN

Det ble foretatt lydmåling på parkeringsdekket over bussterminalen (les: på tomten) tidlig om morgenen den 18.06.2015, når aktiviteten på godsterminalen ifølge Jernbaneverket var sammenliknbar med dagen før. Figur 4 viser måleposisjon og hvor den mest støyende aktiviteten foregikk på godsterminalen.



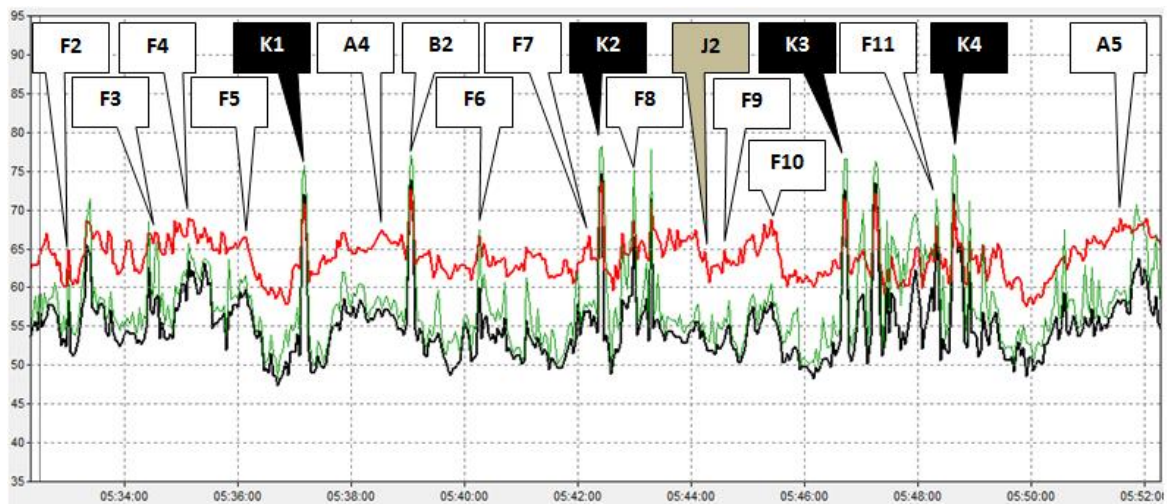
Figur 4. Godsterminalen. Rød ring markerer måleposisjon og grønn ring markerer hvor mesteparten av støyende aktivitet foregikk

Figurene 5 - 7 viser dB-variasjon i måleperioden for L_{Aeq} (sort kurve), L_{AFmax} (grønn kurve) og L_{Ceq} (rød kurve), for 3 målinger. Måleposisjonen er nordøst på parkerings-dekket, med fri sikt mot hele godsterminalen. Figurene må sees i sammenheng med tabell 1.

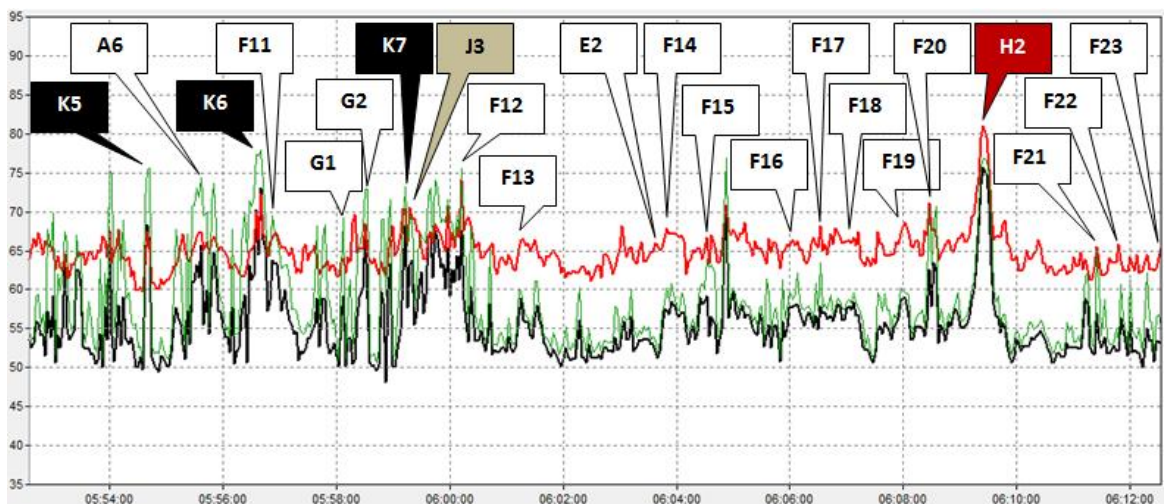


Figur 5. Lydnivå på parkeringsdekket ved full aktivitet på godsterminalen, måling 1

VEDLEGG 9



Figur 6. Lydnivå på parkeringsdekket ved full aktivitet på godsterminalen, måling 2



Figur 7. Lydnivå på parkeringsdekket ved full aktivitet på godsterminalen, måling 3

Figur 5 - 7 inneholder referanse til ulike hendelser i løpet av måleperioden. Tabell 1 oppsummerer hendelsene, sortert etter hvor støyen kommer fra.

Tabell 1: Målt L_{Aeq} , L_{AFmax} og L_{Ceq} på parkeringsdekket ved full aktivitet på godsterminalen. Kolonne helt til høyre viser differansen mellom L_{Aeq} og L_{Ceq}

| Støykilde | | L_{Aeq} (dB) | L_{AFmax} (dB) | L_{Ceq} (dB) | $L_{Ceq} - L_{Aeq}$ (dB) | |
|---------------------|--|----------------|------------------|----------------|--------------------------|----|
| Gods- terminalen | A Godstog kjører inn/ut | 1 | 57 | 69 | 65 | 8 |
| | | 2 | 58 | 62 | 67 | 8 |
| | | 3 | 63 | 68 | 67 | 5 |
| | | 4 | 57 | 61 | 67 | 10 |
| | | 5 | 64 | 64 | 69 | 5 |
| | | 6 | 63 | 75 | 67 | 4 |
| | B Godstog bremses | 1 | 67 | 74 | 69 | 2 |
| | | 2 | 74 | 75 | 73 | -2 |
| | C Lok kjører inn/ut | 1 | 52 | 55 | 65 | 13 |
| | D Lastebil kjører over skinneganger | 1 | 55 | 63 | 63 | 8 |
| | E Lastebil kjører | 1 | 54 | 58 | 63 | 9 |
| | | 2 | 52 | 56 | 66 | 14 |
| | F Truckaktivitet | 1 | 58 | 63 | 65 | 7 |
| | | 2 | 55 | 55 | 67 | 12 |
| | | 3 | 55 | 55 | 67 | 12 |
| | | 4 | 60 | 67 | 68 | 7 |
| | | 5 | 61 | 61 | 68 | 6 |
| | | 6 | 57 | 68 | 65 | 8 |
| | | 7 | 57 | 62 | 65 | 9 |
| | | 8 | 63 | 76 | 66 | 4 |
| | | 9 | 54 | 60 | 64 | 9 |
| | | 10 | 57 | 63 | 67 | 10 |
| | | 11 | 64 | 73 | 66 | 2 |
| 12 | | 63 | 73 | 67 | 4 | |
| 13 | | 57 | 61 | 66 | 9 | |
| 14 | | 57 | 63 | 67 | 10 | |
| 15 | | 55 | 64 | 65 | 10 | |
| 16 | | 58 | 64 | 66 | 8 | |
| 17 | | 57 | 64 | 66 | 9 | |
| 18 | | 58 | 62 | 66 | 9 | |
| 19 | | 58 | 62 | 68 | 9 | |
| 20 | | 61 | 73 | 68 | 7 | |
| 21 | | 55 | 65 | 64 | 9 | |
| 22 | | 54 | 57 | 63 | 8 | |
| 23 | | 53 | 59 | 65 | 12 | |
| G Truck fløyter | 1 | 57 | 70 | 63 | 7 | |
| | 2 | 63 | 75 | 66 | 3 | |
| Jernbane | H Tog passerer Jernbanestasjonen | 1 | 75 | 78 | 81 | 5 |
| | | 2 | 77 | 77 | 81 | 5 |
| Veitrafikk | I Tungtrafikk på Nordre avlastningsvei | 1 | 47 | 52 | 54 | 7 |
| | | 2 | 50 | 53 | 60 | 10 |
| | J Tungtrafikk forbi Politihuset | 1 | 54 | 59 | 66 | 12 |
| | | 2 | 53 | 57 | 63 | 10 |
| | | 3 | 64 | 75 | 69 | 5 |
| Annet | K Måkeskrik | 1 | 70 | 78 | 69 | -1 |
| | | 2 | 78 | 78 | 77 | -1 |
| | | 3 | 71 | 77 | 71 | -0 |
| | | 4 | 78 | 77 | 76 | -1 |
| | | 5 | 66 | 77 | 66 | -1 |
| | | 6 | 69 | 80 | 69 | 0 |
| | | 7 | 64 | 75 | 70 | 5 |

Som det fremgår av figurene 5 - 7 er det flere «topper» i lydnivå som ikke er forklart av tabell 1. Dette skyldes at enkelte hendelser inntraff så tett at det ikke var praktisk gjennomførbart å registrere dem mens målingen pågikk.

Som det fremgår av tabellen gir to ulike tog-passeringer, henholdsvis i måling 1 og i måling 3, både høyest L_{Aeq} - og høyest L_{Ceq} -nivå (ser bort fra enkelte måkeskrik, som kun er tatt med i tabellen for å forklare toppene i figurene 5 - 7).

Vi ser også at mesteparten av aktiviteten på godsterminalen gir et lydnivå som samsvarer relativt bra med beregnet lydnivå, se kapittel 7.

Kolonnen helt til høyre viser differansen mellom L_{Aeq} og L_{Ceq} . Per dags dato håndteres ikke lavfrekvent støy godt nok gjennom regelverket, etter vår mening. For støy fra trafikk i kulverter og tunneler krever NS 8175 at det skal påvises at det ikke er spesielt forstyrrende komponenter i støyen. Bedømmelse

VEDLEGG 9

utføres etter standardens tillegg A ved å benytte RC-kurver. Vår anbefaling er å gjøre samme øvelse for Trondheim stasjonssenter i senere planfase, ettersom lavfrekventinnholdet er betydelig. Se også avsnitt 8.3 som omhandler «tunge» fasader.

1 ORIENTERENDE VIBRASJONSMÅLINGER

1.1 MÅLEMETODE

Vibrasjonsmålingene ble utført i 3 akser som langtidsmålinger og i henhold til målemetode beskrevet i NS8141-2.

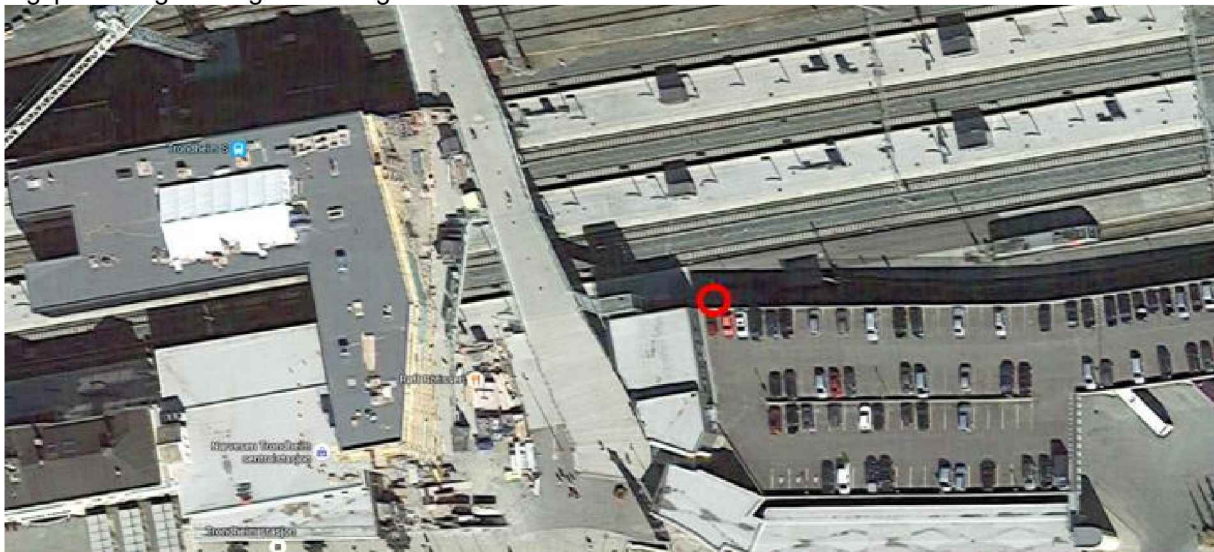
1.2 MÅLEUTSTYR

- NOR133 vibrasjonsmåler
- NOR1288 3-akset akselerometer

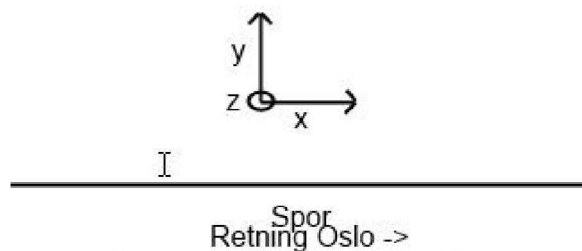
1.3 VIBRASJONER PÅ PERRONG/BAKKEPLAN

Vibrasjoner på perrong ble målt den 25.06. 2015 mellom 7:00 og 10:00, som er det mest trafikkerte tidspunktet på sentralstasjonen.

Akselerometeret sto på en standardisert måleplate (en tung metallskive som hviler på 3 pigger). Platen ble plassert på bakkeplan tett inntil den søylen til parkeringsdekkets nordvestside som ligger nærmest togsporene. Plasseringen ble valgt med bakgrunn i at dette trolig vil være et naturlig sted å føre ned laster også for den nye bygningsmassen. Platens plassering og aksenes orientering i forhold til togspor fremgår av figurene 1 og 2.



Figur 1. Jernbanestasjonen. Rød ring markerer hvor vibrasjonsmåleren ble plassert (på bakkeplan/perrong)



Figur 2. Aksenes orientering i forhold til togspor: x-akse parallelt med togspor og y-retning vinkelrett på togspor. Z-akse i vertikalplanet.

VEDLEGG 10

Tog som passerte måleren i måleperioden er vist i tabell 1. Måleresultatene er vist i vedleggene 11 - 13 med henvisning til tabell 1.

Det var hovedsakelig passasjertog på Trønderbanen som passerte under måleperioden, i tillegg til to regiontog. Alle tog stoppet ved sentralstasjonen med varierende oppholdstid, dermed hadde togene lav hastighet ved passering av målepunktet. Spor 1 var stengt grunnet byggearbeid over stasjonen.

Godstogene kjørte i utgangspunktet ikke inne på stasjonen, men holdt seg til godsterminalen. Et godstog passerte på spor 6 uten å kjøre innom godsterminalen. Dette hadde et opphold på over en time ved stasjonen.

Resultatene viser at akselerasjonen når togene passerer er:

- $< 0,1 \text{ m/s}^2$ i x-aksen,
- $0,2 \text{ m/s}^2$ i y-aksen og
- $0,05 \text{ m/s}^2$ i z-aksen.

De største utslagene finnes i y-aksen, vinkelrett på sporet. Det ble ikke påvist at passering av tog gir store utslag i noen akse. Passeringen av tog blandes inn i bakgrunnsvibrasjonene. Måleresultatet indikerer dermed at aktiviteten på stasjonen ikke skaper problematiske vibrasjonsforhold. Dette skyldes trolig den lave hastigheten til togene.

Målingen er ikke utført helt i henhold til målestandard, da man i denne planfasen ikke er kjent med fremtidige søyleplasseringer for det planlagte bygget. Man kan derfor ikke sammenligne resultatet med grenseverdien i standarden. Med bakgrunn i dette må det derfor foretas en ny utredning av vibrasjoner under detaljprosjekteringen av bygningen, spesielt for søyler som plasseres på perrong, og som dermed har større nærhet til togene.

Det kan bli aktuelt med vibrasjonsisolerende tiltak på bygninger. Det vil imidlertid være mer effektivt å gjøre tiltak på selve skinnetraséene (nærmest kilden).

Trafikk i bussterminalen er ikke inkludert i tabellen, men denne var minimal under målingen.

Tabell 1: Togpasseringer i måleperioden

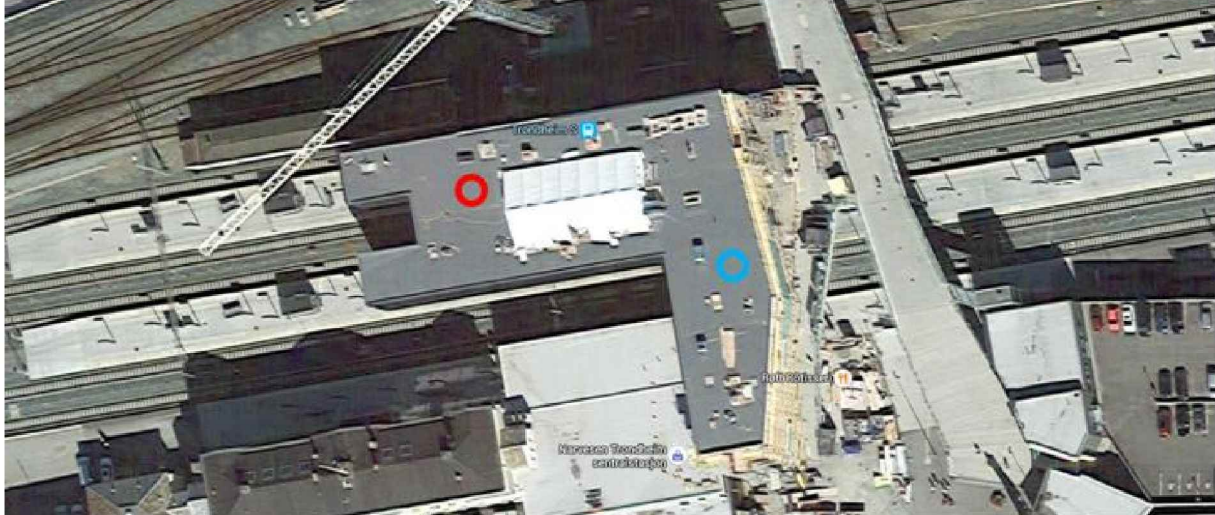
| Tognummer | Tid | Togtype | Fra – Til | Spor |
|-----------|-------|--------------------------------|------------|------|
| P1 | 07:13 | Lokaltog Type 92 | Sør – Nord | 3 |
| P2 | 07:36 | Lokaltog Type 92 | Nord – Sør | 3 |
| P3 | 07:46 | Regiontog Type 5/7 | Sør - Nord | 5 |
| G1 | 07:47 | Godstog på terminal | - | - |
| P4 | 07:51 | Lokaltog Type 92 | Sør- Nord | 3 |
| P5 | 08:02 | Lokaltog Type 92 | Nord – Sør | 4 |
| P6 | 08:10 | Lokaltog Type 92 | Sør – Nord | 3 |
| X1* | 08:10 | Elektrisk servicebil | - | - |
| G2 | 08:17 | Godstog | Sør – Nord | 6 |
| P7 | 08:38 | Lokaltog Type 92 | Nord – Sør | 3 |
| P8 | 08:39 | Regiontog Type 5/7 | Nord – Sør | 4 |
| P9 | 09:10 | Lokaltog Type 92 | Sør – Nord | 3 |
| G3 | 09:20 | Godstog | - | - |
| X2* | 09:25 | Elektrisk servicebil | - | - |
| G4 | 09:27 | Godstog | - | - |
| X3 | 09:37 | Elektrisk servicebil | - | - |
| P10 | 09:37 | Lokaltog Type 92 | Nord - Sør | 5 |
| P11 | 09:45 | Lokaltog Type 92 (Trh – Røros) | Nord – Sør | 4 |

* Elektrisk servicebil som passerte omtrent 1 meter fra akselerometer.

1.4 VIBRASJONER I TRAPPHUSET

Trapphuset er et nybygg som allerede er oppført på nabotomta til Trondheim Stasjonscenter, og bygget er plassert delvis over togskinnene, det vil si sammenliknbar løsning som er aktuell for Trondheim Stasjonscenter.

Vibrasjoner i Trapphuset ble målt den 04.03.2016. Målelokasjonene ble valgt i samråd med senior konstruksjonsrådgiver Viggo Henriksen hos ÅF Reinertsen AS, basert på arbeidstegninger for fundamentering og betongarbeider, hvor man søkte å finne de områdene i bygget hvor man kan forvente høyest vibrasjonsnivåer. Omtrentlige måleposisjoner fremgår av figur 3.



Figur 3. Trapphuset. Rød og blå ring markerer hvor vibrasjonsmåleren ble plassert, i henholdsvis plan 3 og plan 4

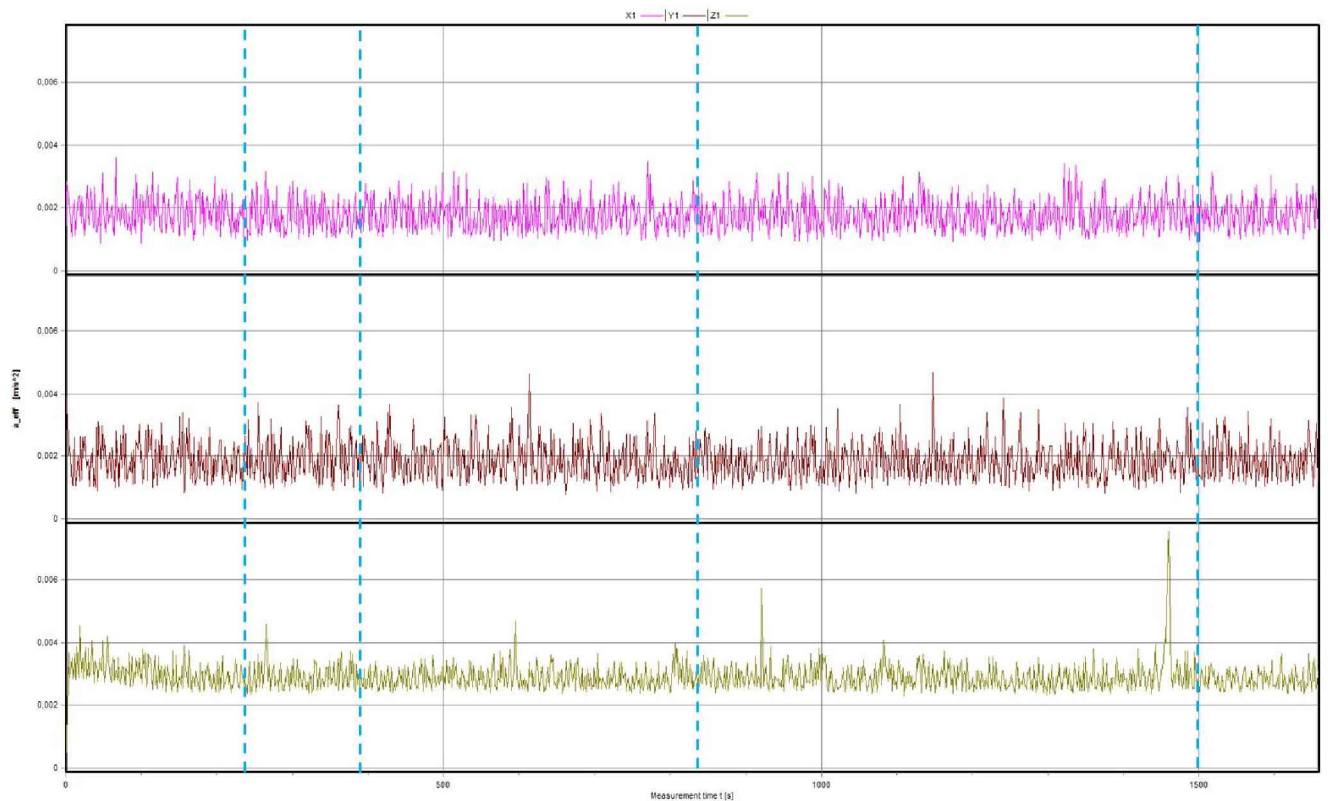
Det ble foretatt en måling på dekket ved en søyle på plan 3 (rød ring), direkte over togsprene. I måleperioden passerte følgende tog:

- Spor 1 - lokaltog (2 vogner)
- Spor 2 - lokaltog (8 vogner)
- Spor 2 - lokaltog (2 vogner)
- Spor 3 - nattog fra Bodø, ankomst og «tomgangskjøring» (fullastet, diesellokomotiv)

Figur 4 viser variasjonen i akselerasjon i måleperioden, i henholdsvis x-, y- og z-retning. X-retning (øverst) er vinkelrett på togsprene i horisontalplanet, y-retning er parallelt med togsprene i horisontalplanet og y-retning (nederst) er vertikalt.

Blå stiplede streker viser togpasseringene i den rekkefølgen de er listet opp ovenfor (tidsaksen går fra venstre mot høyre).

VEDLEGG 10



Figur 4. Vibrasjonsmåling 1, plan 3, variasjon i akselerasjon i x-, y- og z-retning. Blå stiplede streker viser togpasseringene

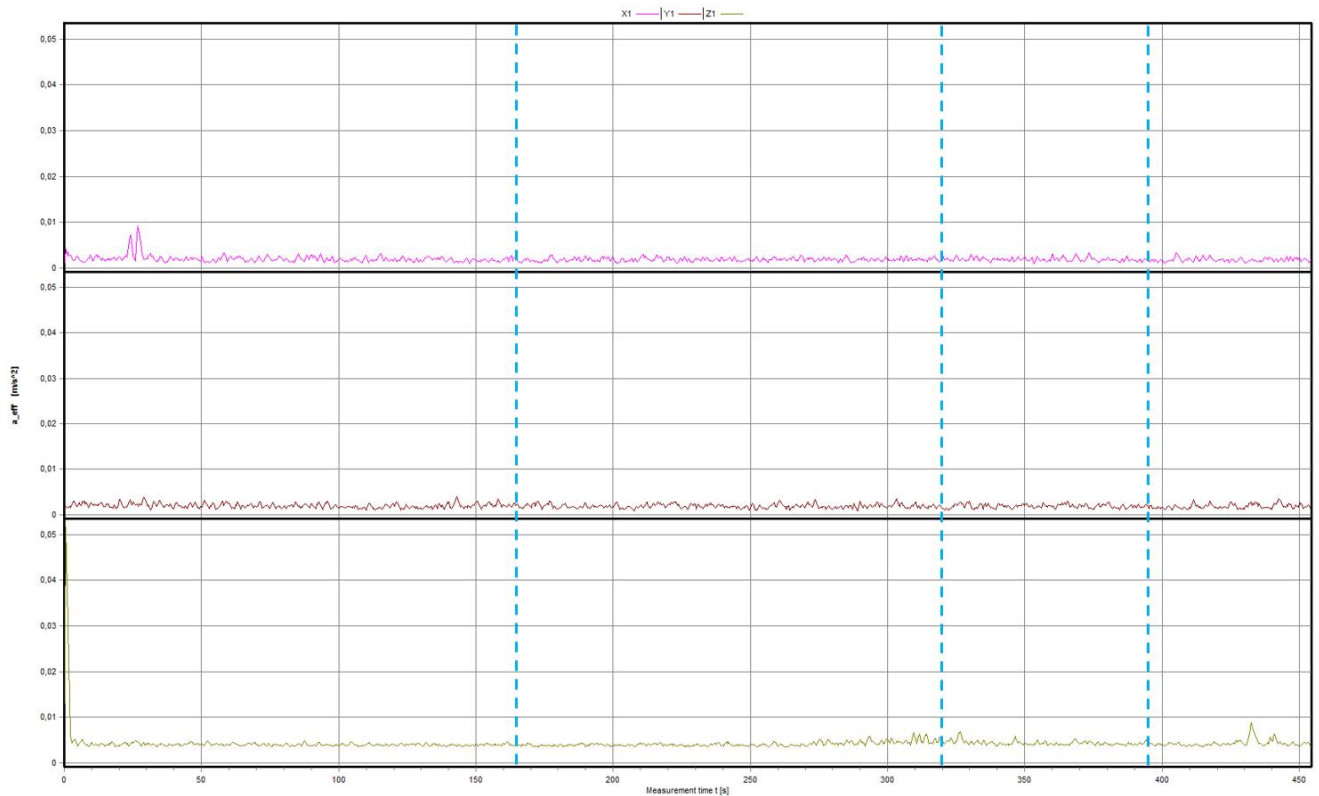
Det ble også foretatt en måling omtrent midt på det lengste spennet på dekket på plan 4 (blå ring). I måleperioden passerte følgende tog:

- Spor 2 - lokaltog (2 vogner)
- Godsterminalen - godstog (≈ 40 vogner)
- Spor 3 - nattog fra Bodø, «tomgangskjøring» og avreise sørover (fullastet, diesellokomotiv)

Figur 5 viser variasjonen i akselerasjon i måleperioden. x-, y- og z-retning har samme orientering som i den første målingen. OBS: variasjonsområdet er noenlunde det samme som ved første måling, men en peak i z-retning ved oppstart måling, som ikke skal inkluderes, medfører at visning av grafene skaleres forskjellig fra måling 1.

Blå stiplede streker viser togpasseringene i den rekkefølgen de er listet opp ovenfor (tidsaksen går fra venstre mot høyre).

VEDLEGG 10



Figur 5. Vibrasjonsmåling 2, plan 4, variasjon i akselerasjon i x-, y- og z-retning

Måleresultater fremgår av tabell 2.

Tabell 2: Måleresultater

| Retning | Måleparameter (m/s ²) | Måling 1 | Måling 2 |
|---------|-----------------------------------|----------|----------|
| X | Gjennomsnitt | 0,002 | 0,002 |
| | Maksimalverdi | 0,004 | 0,009 |
| Y | Gjennomsnitt | 0,002 | 0,002 |
| | Maksimalverdi | 0,005 | 0,004 |
| Z | Gjennomsnitt | 0,003 | 0,005 |
| | Maksimalverdi | 0,008 | N/A |

Trapphuset er et kombinert kontor- og publikumsbygg. Det foreligger ingen konkrete grenseverdier for vibrasjoner i slike bygg, men for boliger er grenseverdien $a_{w,95} \leq 0,011 \text{ m/s}^2$ (statistisk maksimalverdi for veid akselerasjon, NS8176).

Som det fremgår av tabellen og figurene ble det i forbindelse med vibrasjonsmålingene verken påvist nevneverdige utslag ved togpassering eller overskridelse av grenseverdien for bolig. Dette indikerer at det vil være mulig å «kopiere» løsningen fra Trapphuset for Trondheim Stasjonsenter. Dette må imidlertid vurderes nærmere i senere planfase.

