



efterklang

PART OF AFRY

VIBRATIONER OCH STOMLJUD

UNDERLAGSRAPPORT TILLHÖRANDE

**MILJÖKONSEKVENSBESKRIVNINGEN FÖR DETALJPLAN FÖR
CENTRALSTADEN, DEL AV FASTIGHETEN NORRMALM 5:3
M FL, S-DP 2016-17154**

D0147962

Projektnummer:	D0147962
Revision:	A
Dokumenttyp:	Vibrationer och stomljud
Datum:	2025-02-11
Kund:	Jernhusen
Kontaktperson:	Sonya Stark
Uppdragsansvarig:	Erik Olsson, +46 10 505 61 71, erik.olsson@efterklang.org
Handläggare:	Erik Olsson, +46 10 505 61 71, erik.olsson@efterklang.org
Kvalitetsansvarig:	Mats Hammarqvist, +46 10 505 84 33, mats.hammarqvist@efterklang.org

Sammanfattning:

I detaljplan för Centralstaden planeras spårområdena vid Stockholms Centralstation att överdäckas och bebyggas med handel, kontor och hotell. Efterklang, del av AFRY, har på uppdrag av Jernhusen AB tagit fram utredning med syfte att beskriva påverkan och effekter av detaljplanen för Centralstaden avseende vibrationer och stomljud från spår- och vägtrafik samt byggaktiviteter. Utredningen ska fungera som underlag för detaljplanens miljökonsekvensbeskrivning inför samråd. Ombyggnad av det södra spårområdet är en förutsättning för att detaljplanen ska kunna genomföras för vilket Trafikverket tar fram en spårplan.

I utredningen redogörs för bedömningsgrunder för stomljud och vibrationer och förslag till riktvärden ges.

Baserat på utförda mätningar för nuläget görs bedömningen att det finns viss risk för stomljuds nivåer över föreslagna riktvärden i planerad byggnation och att åtgärder mot stomljud kommer att behövas, i spår eller byggnader, särskilt den som innehåller en hotell del, då den är mest känslig avseende stomljud.

De största störningarna förekommer enligt nulägesmätningar från passager genom spårväxel och särskilt då avståndet är kort.

Baserat på mätningar i nuläge och erfarenheter från närliggande projekt görs bedömningen att det även kommer förekomma komfortvibrationer inom planområdet år 2045. Bedömning är att det finns risk för vibrationer över föreslagna riktvärden i planerade byggnader ovan överdäckningen men att störningarna är sällan förekommande.

Vid design av byggnadens konstruktion och val av bjälklag behöver optimering och kontroll göras så att inte bjälklagens egenfrekvenser förstärker tåg vibrationerna som förekommer på platsen.

Vibrationer från busstrafik, särskilt placering av skarvar i anslutningar mellan överdäckningsbjälklag och befintligt däck, behöver beaktas i detaljprojekteringen.

Planen är genomförbar men flera risker behöver hanteras i senare skeden. Förslag på framtida mätningar och hantering av stomljud och vibrationer ges.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING:

1	INLEDNING:	4
1.1	BAKGRUND	4
1.2	UPPDRAG OCH SYFTE	5
1.3	FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR	5
2	STOMLJUD OCH VIBRATIONER FRÅN VÄG OCH JÄRNVÄG:	6
2.1	LJUDNIVÅ OCH DECIBEL	6
2.2	FREKVENNS, A-VÄGNING OCH TIDSVÄGNING	6
2.3	STOMLJUD	6
2.4	KOMFORTSTÖRANDE VIBRATIONER	7
2.5	STOMLJUD VID BYGGARBETEN	7
2.6	KRAV	8
3	BEDÖMNINGSGRUNDER:	9
3.1	STOMLJUD	9
3.2	KOMFORTSTÖRANDE VIBRATIONER	10
3.3	RIKTVÄRDEN FÖR BÅDE STOMLJUD OCH VIBRATIONER	11
3.4	UTREDNING OM BEDÖMNINGSGRUNDER FÖR PROJEKTSPECIFIKA KRAV	13
3.5	FÖRSLAG PÅ RIKTVÄRDEN FÖR DETALJPLAN CENTRALSTADEN	14
4	UNDERLAG OCH FÖRUTSÄTTNINGAR:	15
4.1	TIDIGARE UTREDNINGAR OM STOMLJUD OCH VIBRATIONER	15
4.2	GEOLOGI OCH GEOTEKNIK	15
4.3	PLANUNDERLAG	15
4.4	SPÅRTRAFIK	16
4.5	VÄGTRAFIK	16
5	BEDÖMNING NULÄGE	16
5.1	TRAFIKSITUATION I NULÄGE	17
5.2	NÄRLIGGANDE PROJEKT	17
5.3	MÄTNINGAR AV STOMLJUD OCH VIBRATIONER	17
6	TRAFIKVERKETS SPÅRPLAN	24
7	NOLLALTERNATIV 2045	25
8	PLANFÖRSLAG 2045	25
8.1	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR PLANFÖRSLAGET 2045	25
8.2	KONSTRUKTION OCH GRUNDLÄGGNING AV NYA BYGGNADER	27
9	KONSEKVENSER AV PLANFÖRSLAG	30
9.1	STOMLJUD	30
9.2	VIBRATIONER	31
9.3	KUMULATIVA EFFEKTER	32
9.4	ÅTGÄRDER MOT STOMLJUD OCH VIBRATIONER	32
9.5	BYGGSKEDE ÅR 2028-2045	37
10	SLUTSATSER	37

1 INLEDNING:

1.1 BAKGRUND

Centralstaden i västra delen av Stockholm City har sedan järnvägens tillkomst varit en viktig faktor för centrala Stockholms utveckling. Centralstaden är idag Sveriges viktigaste och största knutpunkt mellan internationella, nationella, regionala och lokala kommunikationer. Med ett ökat hållbart resande på järnväg behöver Centralstationens kapacitet ökas för att inte bli en flaskhals i järnvägsnätet. Trafikverket har därför tagit fram en spårplan för att bygga om och utöka plattformsområdet, vilket ger en ökad resandekapacitet med cirka 40 procent.

År 2016 initierade även Jernhusen, i egenskap av markägare, ett detaljplanarbete för en utbyggd Centralstation med stadsbebyggelse ovanpå dagens öppna spårområde. Detaljplanens huvudsyfte är att möjliggöra en utbyggd och bättre Centralstation för att möta framtidens resande samt att med ny stadsbebyggelse skapa en sammanhållen och välkomnande stadsmiljö med stärkta offentliga rum och kopplingar mellan City och östra Kungsholmen. Detta genom att överdäcka Centralstationens plattformsområde och förse däckat med ny stadsbebyggelse med nya stationsutrymmen och centrumverksamheter samt kontor, handel, hotell, kultur och annan service.

För att förverkliga detaljplanen krävs det att plattformsområdet byggs om och utökas enligt Trafikverkets spårplan. Trafikverkets spårplan kan däremot genomföras inom ramen för gällande detaljplaner, varför den nya detaljplanen därför inte syftar till att pröva eller ytterligare reglera detta.

Detta PM är en underlagsrapport till miljökonsekvensbeskrivningen tillhörande detaljplan för Centralstaden, del av fastigheten Norrmalm 5:3 m fl, S-Dp 2016-17154 inför samråd. Se Figur 1 för planområde.



FIGUR 1. FLYGFOTO MED PLANOMRÅDE OCH NÄRMSTA OMGIVNING MARKERAT

Genom planområdet passerar både resande-, tjänste- och godståg. Stockholm Central är en av de viktigaste järnvägsknutarna i Sverige och flera nationella banor ansluter till varandra här. Enligt en riksintresseprecisering från Trafikverket¹ är Stockholm Central ett riksintresse för kommunikationsändamål och ingår även i TEN-T (Trans-European Transport Network). Därför går det inte att lägga om tågtrafiken och omöjliggöra att en viss typ av tåg eller en viss typ av last passerar, exempelvis trafik farligt gods. Inom planområdet för detta projekt pågår samtidigt arbete i Trafikverkets regi med en ny spårplan för bangården, där spårområdet ska byggas om. Detta för att klara de ökade kapacitetskrav som finns på Stockholm central som knutpunkt och enligt prognosår 2045 för tågtrafiken. Ombyggnad av det södra spårområdet är en förutsättning för att detaljplanen ska kunna genomföras.

1.2 UPPDRAG OCH SYFTE

Efterklang, del av AFRY, har på uppdrag av Jernhusen AB utfört en vibrations- och stomljudsutredning för delar av fastigheten Norrmalm 5:3 i Stockholms kommun. Utredningen görs som en del av planarbetet för en ny detaljplan för området.

Syftet med denna utredning är att beskriva påverkan och effekter av detaljplanen för Centralstaden avseende vibrationer och stömljud från spår- och vägtrafik samt byggaktiviteter. Utredningen ska fungera som underlag för detaljplanens miljökonsekvensbeskrivning inför samråd.

- pröva markens lämplighet för tänkt byggnation
- visa behov av tekniska krav på byggnation för att undvika oacceptabla hälsomässiga effekter (hänsyn till kommande byggnation)
- visa att utbyggnaden inte har oacceptabel negativ hälsopåverkan på omgivningen (hänsyn till befintliga värden)
- visa att utbyggnaden inte ger en oacceptabel begränsning för omkringliggande verksamheter (Beslut enligt Plan och bygglagen för ljud skriver bort framtida möjlighet att driva sak mot verksamhet enligt MB)

1.3 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR

De utrymmen som förväntas ingå i detaljplanen är kontor, hotell, handel samt stationsfunktioner. Trafikverkets plattformsrumsrum ingår inte men detaljplanens påverkan på plattformsrumsrummet beskrivs. Det är möjligt att någon vårdinrättning, exempelvis husläkare, tandläkare, naprapat eller liknande kommer bedriva verksamhet i lokalerna. I denna utredning har förutsatts att vårdlokaler inte utgörs av patientrum med övernattningsfunktion. Vidare förutsatts att det inte kommer att förekomma vibrationskänslig utrustning av typen magnetröntgenkameror eller annan teknisk utrustning, som kräver speciella åtgärder för vibrationer.

Vibrationer med risk för skada i byggnader i byggskedet ingår inte i omfattningen för denna utredning. Detta hanteras normalt av entreprenör i samband med riskanalys, syneförrättning och inventering. Vibrationer från spår- och vägtrafik är avsevärt lägre än det som skadar byggnader.

Inte heller vibrationer orsakade av sviktande bjälklag vid gångtrafik eller vibrationer i byggnader orsakade av vind ingår i denna utredning. Detta hanteras normalt av byggnadskonstruktören.

Beskrivning av nuläge och planförslag utgår från befintligt material. En geografisk avgränsning för driftskedet är avgränsat till planområdet, avseende stömljud och vibrationer. Under byggskedet kan dock stömljud och vibrationer orsakas av vibrationsalstrande byggverksamhet vilket påverkar omgivningen.

¹ Trafikverket (2020) Riksintresseprecisering för Karlberg – Stockholms centralstation. TRV 2020:087.

2 STOMLJUD OCH VIBRATIONER FRÅN VÄG OCH JÄRNVÄG:

I detta kapitel förklaras olika begrepp och definitioner avseende ljud, stomljud, vibrationer och annat som används i denna utredning.

Den Europeiska miljöbyråns definition av buller är ”hörbart ljud som skapar störning och/eller påverkar hälsan negativt”.²

Vibrationer orsakade av tågpassage sprids från spår och via mark till omgivande byggnaders grundläggning och därifrån sprids de i byggnaden och kan orsaka både kännbara vibrationer och hörbart ljud, så kallat stomljud. På senare år har de hälsomässiga effekterna utretts mer ingående av bland annat Enheten för Arbets- och miljömedicin Avdelningen för Samhällsmedicin och Folkhälsa på Sahlgrenska akademien, Göteborg.

2.1 LJUDNIVÅ OCH DECIBEL

Ljudnivån beskriver hur starkt ett ljud uppfattas och anges i enheten decibel (dB). Skalan är logaritmisk, där hörseltröskeln vid 0 dB motsvarar det lägsta ljud en människa kan uppfatta och smärtröskeln vid ca 130 dB motsvarar den ljudnivå då vi upplever fysisk smärta. En ökning med 3 dB motsvarar en fördubbling av ljudenergin medan den subjektivt upplevda förändringen beror på ljudkällans karaktär. En ökning på ca 10 dB är en upplevd fördubbling av ljudstyrkan.

2.2 FREKVENNS, A-VÄGNING OCH TIDSVÄGNING

Ljudtrycket varierar kring ett jämviktsläge, oftast det normala lufttrycket. Antalet svängningar kring jämviktsläget per sekund, frekvensen, anges med enheten Hertz (Hz). Människan kan uppfatta ljud inom frekvensområdet 20 Hz - 20000 Hz, där tonhöjden ökar med frekvensen. Den totala ljudnivån innehåller bidrag från alla frekvenser, men eftersom örat har varierande känslighet vid olika frekvenser korrigeras ofta den totala ljudnivån efter örats känslighet med en så kallad vägning. Den vanligaste vägningen, A-vägning, redovisas ofta genom att den ekvivalenta ljudnivån anges i dBA.

Då ljud ofta varierar över tid används olika begrepp för olika tidsvägningar. Ekvivalent ljudnivå är energimedelvärde av ljudtrycksnivå under en viss tidsperiod. Maximal ljudnivå är den högsta ljudtrycksnivå under en mätperiod eller beräkning. Tidsvägning ”FAST”, motsvarar 1/8-dels sekund, ska normalt användas för buller och numer även stomljud. Tidsvägning ”SLOW”, motsvarande 1 sekund, är den tidsenhet som gäller för vibrationer och har tidigare varit vanligt gällande för stomljud.

2.3 STOMLJUD

Stomljud från tågtrafik är oönskat ljud (buller) som uppstår på grund av vibrationer, som skapas vid kontakten mellan hjul och räl, och som fortplantar sig via mark och/eller konstruktioner till ett rum och strålar ut från väggar, golv och tak som hörbart ljud. Oftast är ljudet lågfrekvent och upplevs som ett muller med typiska frekvenser 20–250 Hz. Stomljud anges som ljudtrycksnivå som A-vägs för att anpassas till det mänskliga örat, och utvärderas vanligast som ett maxvärde under 1/8-dels sekund alternativt 1 sekund. Storheten är L_{pAFmax} alternativt L_{pASmax} och skalan dB.

Det som, av spårtrafik, påverkar stomljud i en byggnad är framför allt:

- Spårfordonets hastighet och ofjädrad massa (främst hjulen)
- Hjulens och spårets ytojämnhet
- Markens egenskaper och avstånd mellan spår och byggnad

² European Environment Agency (2010) Good practice guide on noise exposure and potential health effects, EEA Technical rapport nr 11/2010.

- Spåruppbyggnad, eventuell växelförekomst och eventuella åtgärder i spår
- Byggnadens grundläggning och bärande konstruktion
- Det mottagande rummets egenskaper

Stomljud orsakas normalt av de små ojämnheter som finns på både hjul och räl när hjulet rullar över rälen, ibland kallat "rulljud" i stomljudssammanhang. Vid växlar eller skarvar i rälen uppstår en stöt då hjulet faller en liten sträcka i "gappet" i rälen. Störningar från stomljud från vägtrafik är ovanligt och förekommer normalt inte om inte utrymme är beläget exempelvis rakt under vägbanan.

Stomljud kan även orsakas av andra vibrationskällor såsom fläktar m.m. Fokus i denna rapport är dock stomljud från tåg och byggverksamhet.

2.4 KOMFORTSTÖRANDE VIBRATIONER

Komfortstörande vibrationer från tågtrafik skapas av att tågets rörliga massa ger nedtryckningar i spår och mark, vilka fortplantar sig in i byggnadens konstruktion, och upplevs vanligen som skakningar i golvet. Begreppet "komfortstörande" kan vara lite vilseledande då vibrationerna dels visat sig kunna störa sömn och därmed vara hälsopåverkande (Arbets- och miljömedicin, 2015), dels rätt och slätt upplevas störande i vaket tillstånd (SS-ISO 2631-1 Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration). Typiska störfrekvenser för vibrationer från tågpassager vid mjuk undergrund är i spannet 5–15 Hz, vid styvare undergrund förekommer högre frekvenser, särskilt på korta avstånd. Frekvensområdet 1–80 Hz utvärderas enligt standard. Vibrationernas olika frekvenser vägs, s.k. komfortvägning, för att anpassas till människans känslighet för helkroppsvibrationer och utvärderas som en maximal hastighetsnivå under 1 sekund. Storheten är vägd vibrationshastighet $v_{w,RMS}$ (s) och enheten för vibrationshastigheten är mm/s.

Det som påverkar vibrationer i en byggnad från spårtrafik är:

- spårfordonets hastighet och axellast
- spåruppbyggnad, eventuell växelförekomst och eventuella åtgärder i spår,
- markens egenskaper och avstånd mellan spår och byggnad,
- byggnadens grundläggning och bärande konstruktion,
- det mottagande rummets bjälklag.

Förutom fall där avstånd från spår till byggnad är väldigt kort uppstår komfortstörande vibrationer framför allt av tunga tåg och då framför allt om det finns skador eller ojämnheter på rälen eller i bankroppen. Generellt blir vibrationerna högre ju högre vikt och hastighet tåget har. Vibrationer kan orsakas av tung vägtrafik, särskilt vid ojämnheter i vägbanan, men det är inte lika vanligt att tung vägtrafik orsakar lika höga vibrationer som tågpassager.

Generellt uppkommer ej byggnadsskador från vibrationsnivåer som har magnitud i paritet med de nivåer som orsakar komfortstörningar i byggnader. Den vibrationsnivå som krävs för att orsaka skador i byggnader är i storleksordningen 10 till 100 större än de värden som normalt ger komfortstörningar för människor.

2.5 STOMLJUD VID BYGGARBETEN

Stomljud från byggarbeten kan framför allt uppstå vid borrhning i berg samt arbeten i den egna byggnadens betongstomme. Även vibrering av spont, vibrovältar och liknande kan ge upphov till stomljud i byggnader som är nära belägna till där arbetsmomentet utförs. Bergschakt ovan eller under jord är normalt den mest stomljudsdrivande aktiviteten vid byggnation.

2.6 KRAV

Begreppet riktvärde är det värde som bedömts rimligt att eftersträva generellt eller i ett enskilt ärende. Detta skiljer sig från begreppet gränsvärde, vilket innebär att det måste genomföras åtgärder för att klara gällande gränsvärde. Ett riktvärde är ett styrinstrument som normalt inte är rättsligt bindande. Med den samordning av plan- och bygglagen och miljöbalken som trädde i kraft 2015-01-01 blir däremot angivna ljudnivåer i detaljplan styrande för tillsyn.

Ytterligare begrepp är begränsningsvärde som ställer upp ett värde som ska klaras under vissa specifika förhållande och kontrollmetoder såsom beräkningar eller mätningar.

En eventuell planbestämmelse är inte ett gränsvärde då mindre avvikelser kan medges vid bygglov men erfarenhetsmässigt är det mycket svårt att få bygglov att gå med på mindre avvikelser. Ansvaret vilar då på byggherren att bevisa mindre avvikelse vilket kan innebära omfattande arbete. Detta behöver planansvarig ta hänsyn till eftersom krav gällande stomljud och vibrationer normalt är angivna som riktvärden och att skriva dem som planbestämmelser kan skärpa kraven. Detta kan innebära extrema krav som inte går att uppfylla om planbestämmelsen inte skrivs på ett korrekt sätt.

3 BEDÖMNINGSGRUNDER:

Nedan redovisas gällande bedömningsgrunder.

3.1 STOMLJUD

Det saknas nationella riktvärden för stömljud från tåg vid nybyggnation av lokaler. Vanlig praxis för detaljplaner med bostäder är L_{pASmax}^3 30 dB i bostadsrum. Trafikverkets riktvärde L_{pAFmax}^4 32 dB i bostad för byggnation av spår är det närmaste ett nationellt riktvärde som föreligger. Skillnad mellan tidsvägningarna Fast och Slow är i dessa sammanhang normalt ca 2-3 dB.

3.1.1 BBR och svensk standard 25268

Enligt Boverkets byggregler (2011:6) Föreskrifter och allmänna råd, BBR, gäller för Lokaler enligt kap.7.22.

Byggnader som innehåller lokaler, deras installationer och hissar ska utformas så att ljud från dessa och från angränsande utrymmen likväl som ljud utifrån dämpas. Detta ska ske i den omfattning som den avsedda användningen kräver och så att de som vistas i byggnaden inte besväras av ljudet.

Krav anses uppfylla om Ljudklass C enligt svensk standard SS 25268 *Byggakustik (2023) Ljudklassning av utrymmen i byggnader - Vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell* för respektive lokaltyp uppnås.

I gällande standard 25268:2023 står:

När risk för stomburet ljud från trafik föreligger ska krav för detta fastställas inom projektet. Exempel: Krav på stomburet ljud kan sättas att uppfylla krav på A-vägd ljudnivå från installationer.

För lokaler i aktuellt projekt - kontorslokaler, hotell och restauranger - skulle detta innebära ekvivalent ljudnivåer enligt Tabell 1.

TABELL 1. HÖGSTA EKVIVALENTA LJUDNIVÅER FRÅN INSTALLATIONER ENLIGT SS EN 25268-2023

Utrymmesfunktion	Exempel på rumsbeteckning	Krav
Särskilda krav på störfrihet och dämpad ljudmiljö	Gästrum, föreläsningssal, aula, vilrum	$L_{Aeq} = 30$ dB $L_{Ceq} = 50$ dB
Vissa krav på störfrihet och behov av taluppfattbarhet	Kontor, expedition, konferensrum, mötesrum, kontorslandskap, bibliotek	$L_{Aeq} = 35$ dB $L_{Ceq} = 55$ dB
Inga krav på störfrihet men med behov av taluppfattbarhet	Matsal, uppehållsrum, gym, cafeteria, korridor	$L_{Aeq} = 40$ dB
Inga krav på störfrihet eller taluppfattbarhet	Förbindelsestråk, hisshall, trapphus, kapprum, entré, omklädningsrum, hygienutrymme, WC, kopieringsutrymme	$L_{Aeq} = 45$ dB

³ L_p : ljudtrycksnivå, A : A-vägt, s : tidsvägning Slow, max: Maximal ljudnivå.

⁴ Blidberg, K. (2020) Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg. TDOK 2014:1021. Version 3.0.

Borlänge: Trafikverket.

Ovanstående gäller energimässiga ljudmedelvärden över tid, så kallade ekvivalenta ljudnivåer. I SS 25268 saknas maximala ljudnivåer för buller från installationer. I svensk standard 25267 Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – bostäder är de motsvarande maximala ljudnivåerna från installationer 5 dB högre.

3.1.2 Folkhälsomyndigheten

I Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus FoHMFS 2014:13⁵ finns riktvärden för ljudnivå inomhus. Riktvärdena är L_{Aeq} 30 dB och L_{AFmax} 45 dB och kan vara tillämpbara på både luftburet och stomburet buller. De allmänna råden gäller för bostadsrum, men även för lokaler för undervisning, vård eller annat omhändertagande och sovrum i tillfälligt boende. Särskilt krav för lågfrekvens i tersbanden 31,5 – 200 Hz finns, vilket kan vara tillämpliga för hotellrum men de är avsedda för att tillämpas på ekvivalent buller.

3.1.3 Järnvägsprojekt i Sverige

Järnvägsprojekt som Trafikverket genomfört i Sverige har haft riktvärden för stomljud från tåg enligt nedan:

Både projekt Västlänken samt projekt Hamnbanan i Göteborg tillämpar 30 dBA i bostäder, vårdlokaler, kyrkor och hotell, 35 dBA i teatrar, skolor, bibliotek, konferenscentra, 40 dBA i kontor och liknande utrymmen (samtliga max slow). Citytunneln Malmö tillämpar 30 dBA för bostäder, vård, kyrkor och hovrätt samt 38 dBA Slow för kontor och skola. Citybanan i Stockholm tillämpar 30 dBA slow för bostäder.

3.1.4 Buller i byggskedet

Naturvårdsverkets har riktvärden för buller i byggskedet⁶ för bostäder, vårdlokaler, undervisningslokaler samt arbetslokaler för tyst verksamhet. Riktvärden inomhus tillämpas för både luftburet som stomburet buller. Aktuellt riktvärde för stomljud i byggskede för detta projekt är 45 dBA, vilket är riktvärde dagtid inomhus för arbetslokaler för tyst verksamhet. För övriga lokaler saknas riktvärden.

3.2 KOMFORTSTÖRANDE VIBRATIONER

För komfortstörande vibrationer från tåg saknas nationella riktvärden. Dock tillämpas i stor utsträckning Trafikverkets riktlinjer TDOK 2014:1021 som nationell. Det finns en standard där mätförfarandet av komfortstörande vibrationer beskrivs och där finns vibrationsnivåer beskrivna.

3.2.1 Svensk standard SS 460 48 61 samt internationell standard ISO 2631:

Enligt Svensk Standard SS 460 48 61 Vibration och stöt – Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader (2022) finns tre nivåer för riktvärden avseende komfortstörande vibrationer i byggnader. Nivåerna avser ungefärlig känseltröskel, vibrationsnivå från tågtrafik där mätbar påverkan på sömn startar samt vibrationsnivån där ungefär 1 av 3 personer är störda av vibrationer från tågtrafik. Nivåerna bygger på forskningsresultat från tågtrafik.

Känseltröskel och hur olika komfortvibrationsnivåer statistiskt relaterar till mänsklig störning återfinns i den svenska standarden SS 460 48 61 samt den internationella standarden ISO 2631. SS 460 48 61 beskriver även mätmetod för komfortvibrationer i byggnader. Denna vägledning är avsedd för icke tillfälliga störningar i bostäder. Tillfälliga störningar kan utgöras av sprängningar i bergtäkter och gruvor samt vibrerande arbeten från byggprojekt som pågår under en begränsad tidsperiod.

⁵ Folkhälsomyndigheten (2014) Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus. FoHMS, 2014:13. Stockholm: Folkhälsomyndigheten.

⁶ Naturvårdsverkets allmänna råd (2004:15) om buller från byggplatser (till 2 kap. och 26 kap. 19 §) miljöbalken

I standarden ISO 2631-1 beskrivs den mänskliga känseltröskeln för vibrationer. Enligt standarden ligger denna tröskel i ensiffervärde på ungefär 0,2 mm/s RMS 1s w_m (Root-Mean-Square över 1 sekund, komfortvägt med filtret W_m). Standarden beskriver dessutom känseltröskel över frekvens då människan har olika känslighet vid olika vibrationsfrekvenser. Det är dock ensiffervärde som brukar användas vid bedömning mot riktvärde.

Enligt SS 460 48 61 startar mätbar påverkan på sömn vid en vibrationsnivå av 0,4 mm/s RMS 1s W_m . Ungefär 1/3 personer upplever sig som störda av vibrationer då nivån uppgår till 0,7 mm/s RMS 1s W_m . Riktvärdena bör tillämpas vid nyetableringar och vid nybebyggelse. De kan tillämpas mindre strikt för kontor än för bostäder. Riktvärdena bör tillämpas mer strikt för bostäder nattetid eftersom störd sömn är den viktigaste hälsomässiga konsekvensen av vibrationer.

3.3 RIKTVÄRDEN FÖR BÅDE STOMLJUD OCH VIBRATIONER

Här presenteras riktlinjer där det finns riktvärden för både stomljud och komfortstörande vibrationer.

3.3.1 Trafikverket TDOK 2014:1021

I Trafikverkets riktlinje avseende vibrationer från väg och järnväg TDOK 2014:1021 ⁷Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg redovisas riktvärden för både stomljud och komfortvägda vibrationer som Trafikverket anser vara en god eller i vissa fall godtagbar miljö och som Trafikverket använder som stöd för att genomföra åtgärder mot höga buller- och vibrationsnivåer. Denna handling tillämpas vid nybyggnation/väsentlig ombyggnad av infrastruktur.

För stomljud är riktvärdet för maximal stomljudnivå, L_{maxF} 32 dBA eller lägre inomhus i bostäder för att anses vara en god eller godtagbar miljö. Riktvärdet avser trafikårsmedelnatt (22-06) i järnvägstunnel och ska beaktas endast vid nybyggnad av infrastruktur samt att ljudnivån 32 dBA får överskridas högst fem gånger per natt. Riktvärden avseende stomljud finns enbart för bostäder. För vårdlokaler, skolor, hotell och kontor saknas riktvärden. Överdäckning i aktuellt projekt innebär att plattformsrummet blir en undermarkstation och att ovan riktvärde gällt i bostäder vid nybyggnad av spår.

Trafikverkets TDOK 2014:1021 anger som riktvärde att de maximala förekommande vibrationsnivåerna i bostäder och vårdlokaler orsakat av väg- och järnvägstrafik, bör understiga 0,4 mm/s RMS 1s W_m (Root-Mean-Square över 1 sekund, komfortvägt med filtret W_m). Riktvärdet får ej överskridas mer än fem gånger per natt och måste understiga 0,7 mm/s RMS 1s W_m . För hotell och kontor saknas riktvärden.

3.3.2 Trafikförvaltningens riktlinjer för buller och vibrationer

Trafikförvaltningen i Region Stockholm har givit ut Riktlinjer Buller och vibrationer ⁸ med krav för vibrationer, luftljud och stomljud för spårtrafik, vid nybyggnad eller väsentlig ombyggnad. Trafikförvaltningens mål för stomljudsnivå i bostäder till följd av spårtrafik baseras på en tidigare lokal bestämmelse från Stockholms stad (Miljöprogram 2000) samt även på villkor, ex. Citytunneln (Mål nr. M81-02, delom 2005-11-10) och Norsborgsdepån (Mål nr M 2262-11). Vid nyanläggning av spårtrafik ska utformning ske så att stomljud till intilliggande fastigheter minimeras. Vid projektering av ny anläggning bör en marginal till värden i Tabell 2 med 3–5 dB(A) eftersträvas.

Stomljudsnivån i utrymmen för sömn och vila samt i undervisnings- och vårdlokaler bör ej överskrida de riktvärden som anges i Tabell 2. Värdena gäller för ljudnivå inomhus. För vårdlokaler för sömn och vila gäller samma rekommendationer

⁷ Blidberg, K. (2020) Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg. TDOK 2014:1021. Version 3.0.

Borlänge: Trafikverket.

⁸ Region Stockholm, Trafikförvaltningen (2024) Riktlinjer Buller och vibrationer – RI Buller. Ärendenummer SL-S-419701. Revisionsnummer 12, 2024-01-09.

på ljudmiljön inomhus som för permanenta boenden. Vid vårdcentraler, dagmottagningar etc. finns inte samma motiv för att eftersträva en låg ljudnivå.

TABELL 2. RIKTVÄRDEN AVSEENDE STOMLJUD FÖR BOSTADSRUM, LOKALER MED UTRYMME FÖR SÖMN OCH VILA, UNDERVISNINGSLOKALER OCH VÅRDLOKALER SOM SKA INNEHÅLLAS VID NYANLÄGGNING AV SPÅRINFRASTRUKTUR. KÄLLA TRAFIKFÖRVALTNINGENS RIKTLINJER BULLER OCH VIBRATIONER – RI BULLER V.10 FRÅN ÅR 2021.

Utrymme	Maximal ljudnivå dBA (FAST)
Bostadsrum	32
Lokaler med utrymme för sömn och vila, (ex. förskola, hotellrum, patientrum för övernattnig)	32
Undervisningslokaler	45
Vårdlokaler	45

I riktlinjerna står också att högsta sammanvägda ljudnivå, från flera ljudkällor alternativt från en kombination av stom- och luftljud från samma ljudkälla, bör uppfylla kraven i SS 25268. Med detta avses att uppfylla ljudklass C enligt respektive tabell för dimensionerande ljudnivå från trafik och andra yttre ljudkällor. I de fall ett värde saknas i tabell avseende ljudklass C hänvisas till närmast högre ljudklass som har ett värde. Butiker bör enligt Trafikförvaltningens riktlinje bedömas som Övriga utrymmen där människor vistas mer än tillfälligt i SS 25268, kapitel Hotell och restauranger, vilket innebär LAeq 40 dB ljudklass C.

Avseende komfortstörande vibrationer är Trafikförvaltningens mål att vibrationer från spår till bostäder vid nyprojektering av spår ej bör överskrida 0,4 mm/s som komfortvägd vibrationsnivå i bostadsrum i permanentbostäder eller i hotellrum. Det gäller också vid omfattande ombyggnation av spår. Även vid vårdlokaler med övernattningsmöjlighet ska den komfortvägda vibrationsnivån vid nybyggnation av spårinfrastruktur ej överskrida $v_w = 0,4$ mm/s. För kontor för tyst verksamhet och affärslokaler bör ej $v_w = 0,4$ mm/s överskridas. För affärslokaler ska vibrationsnivån inte överskrida $v_w = 1,0$ mm/s.

3.3.3 Tolkning av TDOK 2014:1021 och Trafikförvaltningens riktlinjer för Buller och vibrationer

Både Trafikförvaltningens och Trafikverkets riktlinjer gäller för nyanläggning och/eller väsentlig ombyggnad av spårinfrastruktur och riktvärdena är satta för att respektive störningar ska hållas på en nivå där en god eller godtagbar miljö skapas respektive där sannolik störning inte ska uppstå. Om dessa riktlinjer ska gälla för de som förvaltar storkällan kan det rimligtvis också gälla för där byggnader uppförs i storkällans närhet för att en godtagbar miljö med få störningar ska skapas.

3.3.4 Exempel på planbestämmelser avseende stomljud och vibrationer vid byggnation i närhet till spårområde

Exempel på andra planbestämmelser, med riktvärden avseende stomljud och vibrationer för överdäckningsprojekt som liknar detta projekt, är Västlänkens station Centralen i Göteborg⁹. Enligt plankarta från år 2018 (rev 2020) kommer följande gälla avseende stomljud och vibrationer:

- *Maximalljudnivå inomhus i bostäder får inte överskrida 30 dB(A) på grund av stomljud från järnvägstrafik.*
- *Maximalljudnivå inomhus i kontor får inte överskrida 40 dB(A) på grund av stomljud från järnvägstrafik.*

⁹ Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret (2020) Detaljplan för Västlänken station Centralen inom stadsdelen Gullbergsvass i Göteborg. 2-5368 2018-12-20 rev. 2020-10-20

- Gällande riktlinjer för vibrationer i byggnad, 0,4 mm/s vägd RMS, får inte överskridas.

Det nämns inte om maximalnivåer avser tidsvägning Fast eller Slow – vilket är olyckligt då det normalt är en skillnad på 2-3 dB. Det är även en olycklig formulering med 0,4 mm/s i byggnad. Det bör specificeras att riktvärdet avser bostäder eller kontor då det kan förväntas att kännbara vibrationer uppstår och accepteras i till exempel en stationsbyggnad vid järnväg.

3.4 UTREDNING OM BEDÖMNINGSGRUNDER FÖR PROJEKTSPECIFIKA KRAV

I en utredning¹⁰ som Efterklang genomfört 2023 på uppdrag av Jernhusen har grundläggande inventering av krav i nationella och internationella projekt genomförts. Mål har varit att dela upp krav i två nivåer där BAS-krav är en acceptabel nivå utan högre kvalitet vilket motsvarar det som myndigheter kan ställa på ett projekt. EXTRA-krav är förslag som ger god miljö att vistas och vara i.

3.4.1 Vibrationer

Förslag är att projektet ska som riktvärde ha vibrationshastigheter i rum med behov av störningsfrihet högre än $v_w = 0,4$ mm/s komfortvägd vibration enligt SS 480 48 61. Vibrationshastigheten $v_w = 0,4$ mm/s komfortvägd vibration enligt SS 480 48 61 får ej överskridas mer än 5 gånger per arbetsdag och aldrig över $v_w = 1,0$ mm/s (98% säkerhet årsmedelarbetsdag).

Upplevelsen av vibrationer är mycket beroende på pågående aktivitet. En person som sitter stilla eller ligger ned märker vibrationer i större omfattning än en person som rör på sig och är aktiv. Alternativ BAS kravställning bedöms som acceptabelt och ger begränsad störning för sittande personer som resultat. Vibrationerna märks sannolikt. I den standard som varit praxis att ha som underlag för att ställa vibrationskrav, SS 460 48 61: 1998 sägs att "riktvärdena kan tillämpas mindre strikt för kontor än för bostäder" vilket medfört att många projekt valt ett högre mer accepterade värde. Orsaken till att vi i denna utredning föreslår samma vibrationshastighet som i bostad är att senare miljömedicinska utredningar visar att upplevelsen av störning ökar raskt över det värde då vibrationer blir kännbara ($v_w = 0,1-0,2$ mm/s).

3.4.2 Stomljud

Som praxis vid myndighetskrav ljud har "normala" trafikbullerkrav skärpts med 5 dBA på grund av lågfrekvent innehåll samt speciell karaktär på ljudet från tågpassagera. Exempel på detta finns in BBR-krav ljud, vindkraft och andra industriella källor. Som detaljplanekrav i aktuellt projekt föreslås för alternativ BAS - Lägsta godtagbara nivå - projektkrav – Stomljud (relevant myndighetskrav) i Tabell 3:

¹⁰ Kap. 3 och 4 i D0144246 Centralstaden Stockholm Vibrations och stomljuds krav, Efterklang, 2023-11-16 (Ref ändras när den är formell)

TABELL 3. FÖRESLAGNA KRAV FÖR STOMLJUD BAS-NIVÅ ENLIGT UTREDNING ¹⁰

Exempel på rumsbeteckning Riktvärde stömljud	Riktvärde stömljud
Gästrum i hotell, föreläsningssal, aula, vilrum	LA _{Fmax} = 35 dB LA _{eq} = 30 dBA
Kontor, expedition, konferensrum, mötesrum, kontorslandskap, bibliotek	LA _{Fmax} = 45 dB LA _{eq} = 35 dBA
Utrymmen utan krav på störfrihet men med behov av taluppfattbarhet: Matsal, uppehållsrum, gym, cafeteria,	LA _{Fmax} = x (saknas, hörbarhet accepteras) LA _{eq} = 40 dB
Utrymmen utan krav på störfrihet eller taluppfattbarhet: Förbindelsestråk, hisshall, trapphus, korridor, kapprum, entré, omklädningsrum, hygienutrymme, WC, kopieringsutrymme	LA _{Fmax} = x (saknas, hörbarhet accepteras) LA _{eq} = 45 dBA
Utrymmen för beredning av mat i storkök	LA _{Fmax} = x (saknas, hörbarhet accepteras) LA _{eq} = 45 dBA

Som praxis vid myndighetskrav ljud har ”normala” trafikbullerkrav skärpts med 5 dBA på grund av lågfrekvent innehåll samt speciell karaktär på ljudet från tågpassagera. Exempel på detta finns in BBR-krav ljud, Vindkraft och andra industriella källor.

3.5 FÖRSLAG PÅ RIKTVÄRDEN FÖR DETALJPLAN CENTRALSTADEN

Det saknas riktvärden och bestämmelser i akustikstandards och BBR för kontor, hotell, handel och stationsutrymmen. Baserat på ovan genomgångna riktvärden, för att minska risk för otydligheter i senare skede och för att underlätta framtida projektering föreslås därför följande riktvärden för acceptabla krav för stömljud och vibrationer som uppkommer på grund av trafik:

- I gästrum i hotell, vårdtrum med vila/övernattning samt föreläsningssal/aula får maximal stömljudsnivå L_{pFmax} 35 dBA inte överskridas. Vibrationshastighet $v_{w,RMS}$ (s) 0,4 mm/s får överskridas högst 5 gånger per dygn men aldrig högre än $v_{w,RMS}$ (s) 0,7 mm/s.
- I kontorsrum, expedition, konferensrum, mötesrum, kontorslandskap samt bibliotek, får maximal stömljudsnivå L_{pFmax} 45 dBA inte överskridas. Vibrationshastighet $v_{w,RMS}$ (s) 0,4 mm/s får överskridas högst 5 gånger per arbetsdag men aldrig högre än $v_{w,RMS}$ (s) 1,0 mm/s.
- I övriga utrymmen utan krav på störningsfrihet men med krav på taluppfattbarhet (såsom matsal, uppehållsrum, gym och cafeteria) får maximal stömljudsnivå L_{pFmax} 50 dBA inte överskridas.
- I övriga utrymmen (såsom förbindelsestråk, hisshall, trapphus, korridor, kapprum, entré, omklädningsrum, hygienutrymme, WC, kopieringsutrymme samt beredning av mat i storkök) får maximal stömljudsnivå L_{pFmax} 55 dBA inte överskridas.

4 UNDERLAG OCH FÖRUTSÄTTNINGAR:

I detta kapitel redogörs för de förutsättningar som den här utredningen baseras på.

4.1 TIDIGARE UTREDNINGAR OM STOMLJUD OCH VIBRATIONER

För området finns flera tidigare utredningar avseende stomljud och vibrationer som gjorts i tidigare utredningsskeden. De utredningar som har gåtts igenom är:

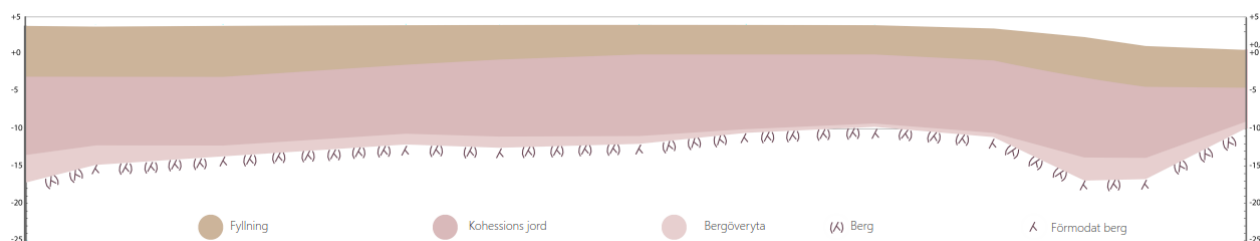
- Alterius, L. (2019) Bedömningsgrunder stomljud och vibrationer. 277588. Tyréns Sverige AB
- Lindgren, A., Sylwan, O. (2018) Fördjupad stomljudsanalys. 277588. Tyréns Sverige AB.
- Andersson, J. (2018) Vibrations- och stomljudsutredning – förstudie 277588. Tyréns Sverige AB

4.2 GEOLOGI OCH GEOTEKNIK

Jordlagerföljden i hela området från markytan och ned till berggrunden består av fyllningslager bestående av makadam, sand och grus tegel och silt 1 – 9,5 meter tjockt. Under fyllningslagret 0,5-17 meters lerlagerunderlagrat av 0-10 meter sand och grus. Underliggande berg består av gnejs och granit av generellt god kvalitet på ett djup om 5-30 meter. Se Figur 2.

Information om geologi och geoteknik i området har inhämtats från Tyréns handlingar

- Konstruktion – Förutsättningar och principer för grundläggning Centralstaden deluppdrag 2 K1-RA-000-00001, Jernhusen / Tyréns, 2024-03-08



FIGUR 2. PRINCIPIELL JORDLAGERFÖLJDE (FRÅN KONSTRUKTION – FÖRUTSÄTTNINGAR OCH PRINCIPER FÖR GRUNDLÄGGNING CENTRALSTADEN)

4.3 PLANUNDERLAG

Förutsättningar för planerade byggnader, användning och konstruktion har hämtats från planunderlag

- Konstruktion – Förutsättningar och principer för grundläggning Centralstaden deluppdrag 2 K1-RA-000-00001, Jernhusen / Tyréns, 2024-03-08
- Diverse ritningar Jernhusen, Thornton Tomasetti, Godkänt planunderlag 2024-03-08
- Designkriterier för överdäckning, Planunderlag Review, K2-RA-000-0001, Thornton Tomasetti, 2024-03-08
- Designkriterier för överbyggnader, Planunderlag Review, K2-RA-000-0003, Thornton Tomasetti, 2024-03-08
- Vibration report Stockholm, Planunderlag Review, K2-RA-000-0005, Thornton Tomasetti, 2024-03-08 (Stegvibrationer)

Tillgängligt konstruktionsunderlag för ovan gäller för norra delen (Stadskvarter 1-4). För södra delen (Stationskvarteret) av planområdet har begränsat underlag delgivits. Enligt Jernhusen är Stationskvarteret snarlika med Stadskvarter 1-4 varför bedömningar utifrån underlag för den norra delen anses vara tillämplbart även för den södra delen.

4.4 SPÅRTRAFIK

Antagna trafikförutsättningar för Stockholms central för såväl nuläget som prognosår 2045 har tillhandahållits av Trafikverket. Trafikprognosen för år 2045 förutsätter att Trafikverkets nya spårplan är genomförd, se kapitel 6 för mer information.

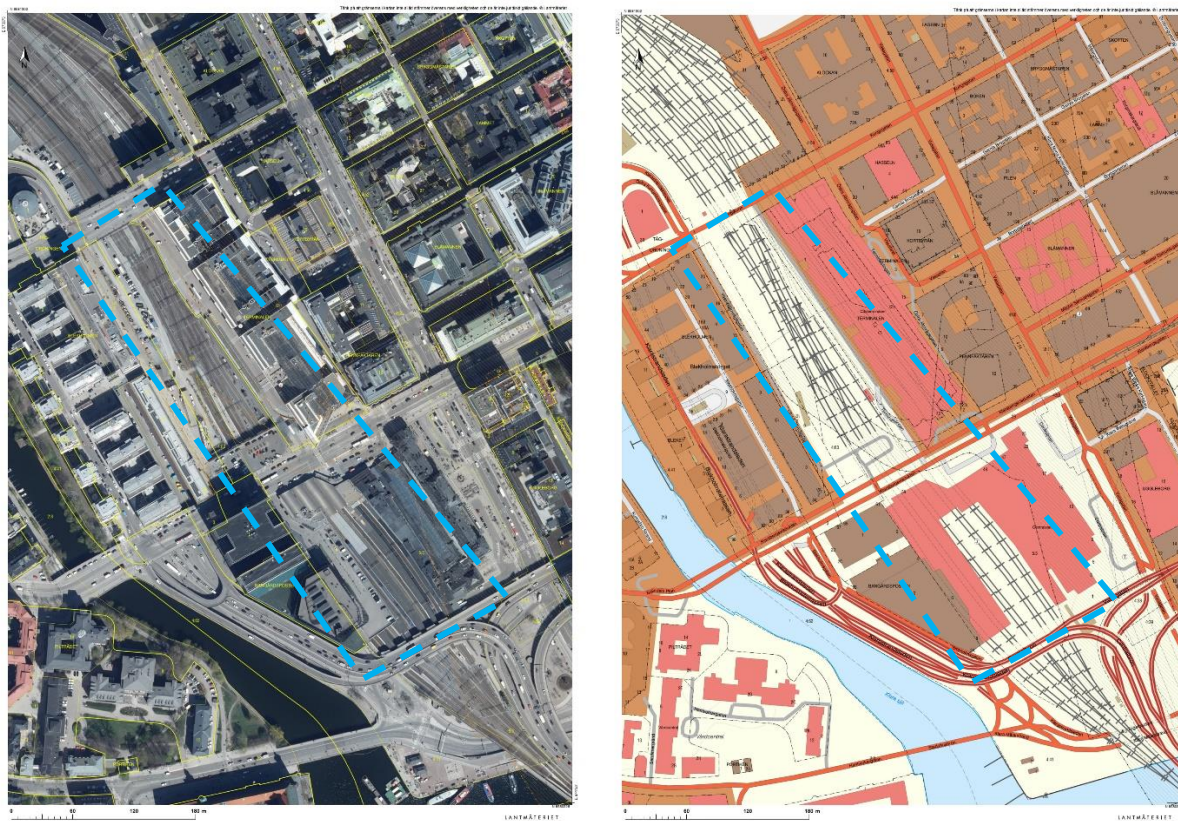
4.5 VÄGTRAFIK

Antagna trafikförutsättningar för vägtrafik har tillhandahållits av Stockholms stad¹¹. Med hänsyn till osäkerheterna vad gäller utvecklingen antas vägtrafik i Centralstaden år 2045 vara samma som idag med undantag för:

- Klarabergviadukten där totala trafiken minskar men kollektivtrafik ökar
- Kollektivtrafiken på Terminalslingan ökar
- Nils Ericson-plan är idag parkering men planeras trafikeras av kollektivtrafik

5 BEDÖMNING NULÄGE

Planområdet för nu aktuell detaljplan är cirka 70 000 kvm stort och sträcker sig från Vattugatan i söder till Kungsbron i norr och innefattar även Stockholm centrals bangård, se Figur 3.



FIGUR 3. FLYGBILD OCH FASTIGHETSKARTA ÖVER UNGEFÄRLIGT PLANOMRÅDE I BLÅ MARKERING OCH DESS NÄROMRÅDE (LANTMÄTERIET 2024-06-27).

¹¹ Centralstaden Trafik PM, Ramböll, utkast september 2024 s

Idag består planområdet i anslutning till och ovan spårområdet av handelslokaler och stationsutrymmen. Centralstationshuset ingår i planområdet. Närliggande byggnader utgörs av hotell, handel och kontor; Stockholm Waterfront kongress (innehållande bland annat inspelningsstudio och konsertlokaler) och hotell samt kontorsbyggnad, Royal Viking Hotel, Klarabergshuset, World Trade Center och Kungsbrohuset.

5.1 TRAFIKSITUATION I NULÄGE

Spårtrafik består främst av resande- och tjänstetåg på Trafikverkets spår, men även passerande godståg. Övrig befintlig spårtrafik i området är Spårväg City, Citybanan samt tunnelbana (där region Stockholm är banförvaltare). Spårområdet består idag av två bandelar, en bangård med tio genomgående plattformstråk och en säckstation med sju plattformsspår. Totalt delas området in i 18 spår (spår 1-19 där spår 9 ej finns).

För tåg ankommande norrifrån och avgående norrut är STH (största tillåtna hastighet) inom planområdet idag 30 km/h. För tåg ankommande söderifrån och avgående söderut varierar STH inom planområdet mellan 50 km/h och 80 km/h. Omkring 90 % av de tåg som passerar stationsläget varje dygn gör uppehåll på stationen dvs bromsar ner till och startar från 0 km/h.

Antalet tågrörelser ankommande från och avgående norrut från Stockholms central är, enligt data från Trafikverket, 372 respektive 381 tåg per dygn varav 11 respektive 10 tåg är godståg som passerar från söder till norr. Antalet tågrörelser ankommande från och avgående söderut från Stockholms central är, enligt data från Trafikverket, 187 respektive 185 tåg per dygn varav 10 respektive 11 tåg är godståg som passerar från söder till norr.

Vägtrafik som bedöms kunna inverka på stomljud- och vibrationsförhållanden idag är tung trafik på Centralbron, Kungsbron samt Klarabergsviadukten.

5.2 NÄRLIGGANDE PROJEKT

I planområdets närhet finns i nuläget flera projekt som är nyligen antagna eller under nuvarande eller i närtid planeras för genomförande.

- Bilfri Klarabergsgata och Spårväg city – spårvagnslinje som stannar cirka 200 meter öster om aktuellt planområdet. Trafiken inom Spårväg City påverkar eller påverkas inte av aktuellt projekt, avseende stomljud och vibrationer.
- Snäckan 8 – ny detaljplan med plan att uppföra ett nytt kontorshus cirka 170 meter öster om Stockholm centrals spårområde och Centralbron. Projektet bedöms inte påverka eller bli påverkad, avseende stomljud och vibrationer, av det som planeras att uppföras i aktuell detaljplan.
- Trafikverket genomför renovering av plattformar vid spår 3–8 samt spåråtgärder vid spår 11–19. Projektet bedöms inte påverka eller bli påverkad, avseende stomljud och vibrationer, av det som planeras att uppföras i aktuell detaljplan.
- Ombyggnad av Vasagatan mellan Tegelbacken och Norra bantorget med förändringar för bil-, cykel och gångtrafikanter. Projektet bedöms inte påverka eller bli påverkad, avseende stomljud och vibrationer, av aktuell detaljplan.

5.3 MÄTNINGAR AV STOMLJUD OCH VIBRATIONER

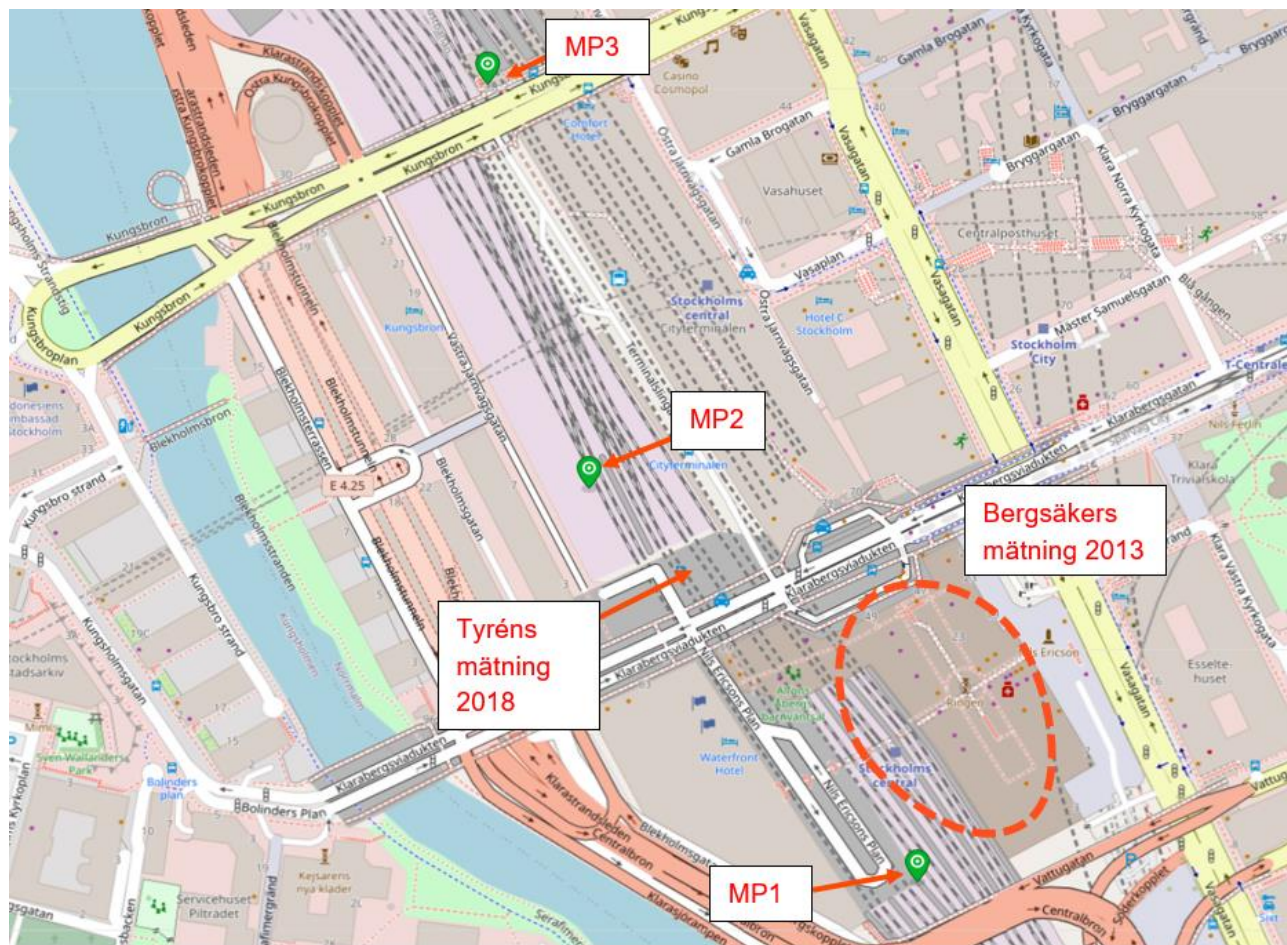
Här presenteras vibrationsmätningar i och omkring Stockholms central och som varit underlag till denna utredning.

5.3.1 WSP Mätning 2022

WSP Akustik genomförde i december 2022, för projekt Centralstaden en dedikerad mätning ¹²av vibrationer och stömljud från tåg. Mätningar gjordes på 3 mätplatser vid Centralstaden, se Figur 4.

- MP1: Nils Ericsson-plan och underliggande perrong spår 15-16
- MP2 perrong spår 19
- MP3 I fastighet Mentorn 1 och underliggande perrong spår 7-8

Vid MP1 och MP3 mättes stömljud övervakat under en dag. Vid MP1, MP2 och MP3 mättes komfortstörande vibrationer öövervakat under en vecka.



FIGUR 4. KARTBILD MED MÄTPLATSER MARKERADE (KARTBILD FRÅN PROJEKTSIDA PÅ SIGICOMS INFRANET.COM).

Vibrationer mättes indikerande med accelerometer dels vid perrong i MP1 och MP3, dels vid Nils Ericsson-plan rakt ovan perrong (MP1) samt gatuplan Kungsbron i kontorsfastighet Mentorn 1 ovan perrong (MP3). Vid samtliga tågpassager under de övervakade mätningarna filmades och noterades tågtyp, spår och tåghastighet.

¹² MR-10335408 PM mätningar stömljud vibrationer Centralstationsområdet Stockholm, WSP

5.3.1.1 Stomljud

Omräkning till stomljuds nivå L_p i ett fiktivt normalutrymme görs från uppmätt vibrationsnivå i byggnadsstommen genom användning av en omräkningsschablon¹³

$$L_p = L_v - 27 \text{ dB}$$

där L_p är ljudtrycksnivå i dB relativt 20×10^{-6} Pa, L_v är vibrationsnivå i dB relativt 1×10^{-9} m/s, med antagande att strålningskoefficienten är 1 (sant för frekvenser över ca 80 Hz), rummets takhöjd H är 2,8 m och efterklangstid i rummet är 0,5s. Formeln används på alla tersband tillsammans med A-vägning. Formeln förutsätter vidare diffust ljudfält i rummet samt ljudutstrålning endast från golv, inte väggar och tak.

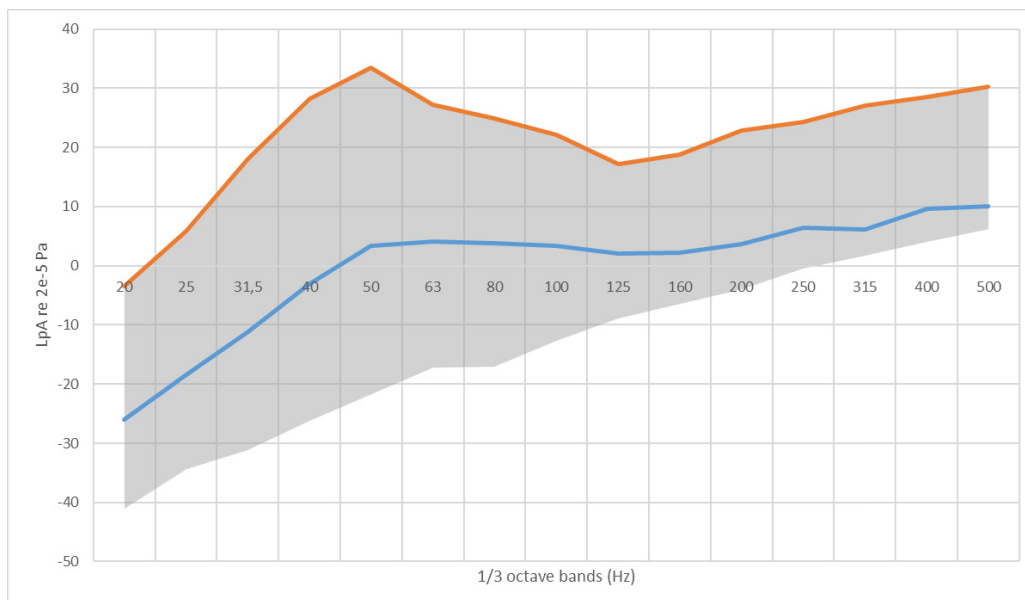
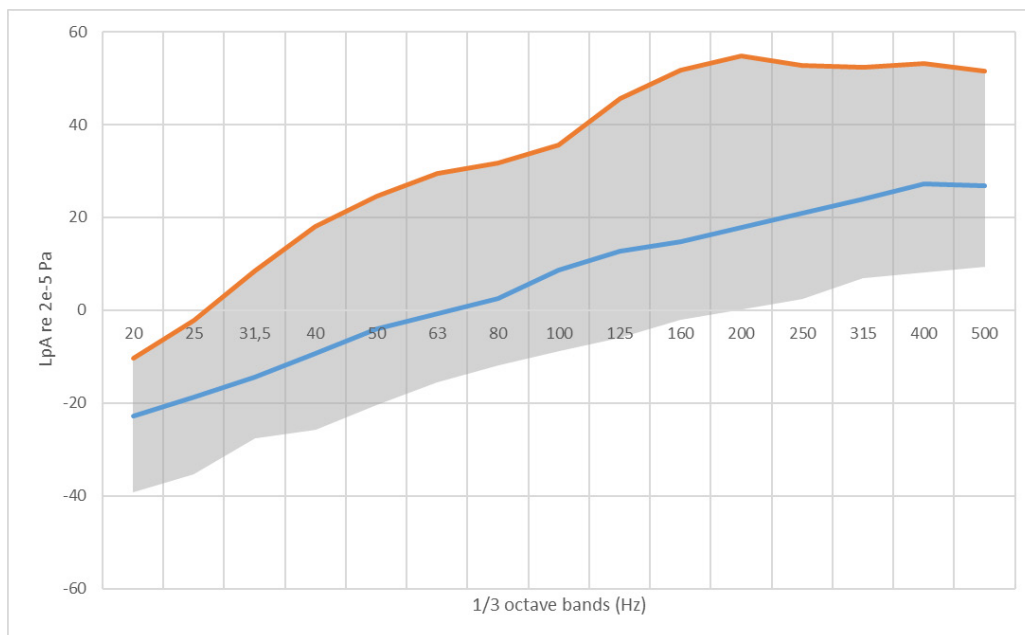
Totalt mättes stomljud övervakat för 83 tågpassager (26 vid MP1 och 57 vid MP3) vilka sammanställs i Tabell 4.

TABELL 4. SAMMANSTÄLLNING AV MÄTRESULTAT BASERAT PÅ WSP MÄTNING FRÅN 2022. A-VÄGDA STOMLJUDSNIVÅER

	MP1 perrong spår 15-16	MP1 Nils Ericsson-plan	MP3 perrong spår 7-8	MP3 gatuplan, Mentorn 1
Max (L_{pFmax} dBA)	45	32	54	36
Medel (L_{pFmax} dBA)	27	21	41	19
Standardavvikelse (dB)	8	6	7	8
Min (L_{pFmax} dBA)	15	12	28	12
Bakgrund (L_{pFmax} dBA)	13	11	27	10

Skillnad i stomljud mellan mark/perrong och plan ovanför mättes för MP1 till -12 dB i medel (alltså att stomljudet minskar uppåt i konstruktion, med spridning från -4 dB till -22 dB). För MP3 mättes motsvarande skillnad till -22 dB i medel (spridning från -9 dB till -30 dB). Mätpunkter vid MP3 var placerade nära en växel. Dominerande frekvenser vid högst påverkan på A-vägda stomljuds nivå är omkring 160-200 Hz vid MP1 och 40-63 Hz vid MP3. Spektrum i Figur 5 redovisar vibrationshastighetsnivå L_v för högsta värdet per tersband (så kallad max hold) för 26 respektive 57 uppmätta tågpassager vid Nils Ericsson-plan och Mentorn 1.

¹³ Bland annat: Kurzweil, L.G. (1979). Ground-borne noise and vibration from underground rail systems. Journal of Sound and Vibration, 66(3), 363–370.



FIGUR 5. MÄTRESULTAT BASERAT PÅ WSP MÄTNING FRÅN 2022. ÖVRE: MP1 NILS ERICSSON-PLAN OCH NEDRE: MP3 MENTORN 1. FIKTIV STOMLJUDSNIVÅ PER TERSBAND. RÖD KURVA = HÖGSTA VÄRDE PER TERSBAND. BLÅ KURVA = MEDELVÄRDE. GRÅTT FÄLT = SPRIDNING.

5.3.1.2 Komfortvibrationer

Högsta uppmätta komfortstörande vibrationer vid mätpunkter MP1, MP2 och MP3 var 0,1 mm/s, 0,2 mm/s respektive 0,1 mm/s (vägd RMS 1s). Mätvärdena tangerar känseltröskeln. MP1 är mätt på Nils Ericsson-plan över tågområdet, medan MP2 och MP3 är mätta vid perrongen. Högsta och näst högsta passage för respektive mätpunkt har verifierats mot kurvförlopp och tågföring från Trafikverket, där bland annat tågtyp, vikter och längd framkommer för respektive tågpassage. Både godståg och resandetåg finns representerade bland de två högsta vibrationshändelserna inom respektive mätpunkt. Dominerande frekvenser för de två högsta passagerna vid respektive mätposition är 6-15 Hz och 9-22 Hz för MP1 (NE-plan), 3-25 Hz och 10-22 Hz för MP2 resp. 5-8 och 11-55 Hz för MP3.

Mätaren loggar värden kontinuerligt medan detaljerad mätning startar vid vibration över en given så kallad trigg nivå. Antalet passager över trigg nivå under en veckas mätning presenteras i Tabell 5 för respektive mätpunkt. Observera att trigg nivåer skiljer mellan de olika punkterna, så antalet vibrationshändelser är inte direkt jämförbara med varandra.

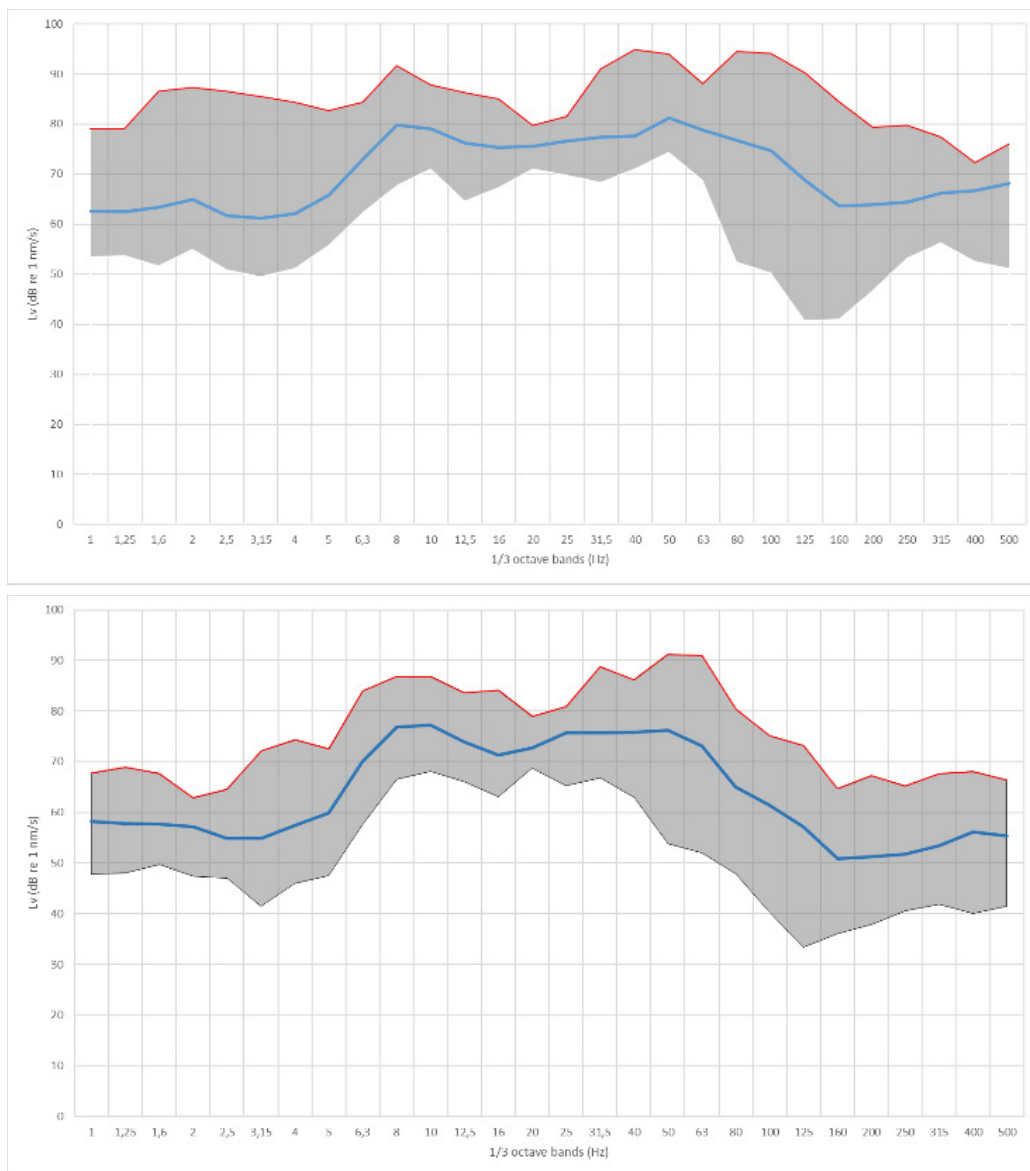
TABELL 5. ANTAL PASSAGER ÖVER TRIGGNIVÅ FÖR RESPEKTIVE MÄTPUNKT. OBSERVERA ATT TRIGGNIVÅERNA SKILJER MELLAN DE OLIKA PUNKTERNA SÅ DE ÄR INTE DIREKT JÄMFÖRBARA.

Mätpunkt	Trigg nivå (motsvarar ungefär känseltröskel)	Antal passager med vibrationsnivå över trigg nivå (ca 1 veckas mätning)
MP1	0,1	8
MP2	0,2	8
MP3	0,1	69

5.3.2 Tyréns mätning 2018

Tyréns genomförde 2018 en mätning av vibrationer från tåg vid plattform 8 (mellan spår 17 och 18) vid Stockholms central. En givare var monterad vid foten på en pelare rakt under norra kanten av taxidäcket vid Klarabergsviadukten. Tyréns har utifrån insamlade mätdata räknat om uppmätta vibrationsnivåer till en stomljuds nivå på ca 50 dBA i en tänkt lokal vid gatuplan rakt ovan mätplatsen. Spektrum i Figur 6 redovisar vibrationshastighetsnivå L_v för högsta värdet per tersband (så kallad max hold). Ingen mätning i lokaler eller konstruktioner motsvarande utrymmen ovanpå spåren gjordes. Den högst uppmätta vibrationsnivån under mätperioden var knappt 0,1 mm/s.

Vid projektering av Waterfront kongresscenter genomfördes 2007 mätningar som visade att stomljuds nivåer upp till L_{pAFmax} 49 dB var att räkna med i den planerade byggnaden Waterfront kongresscenter. Det framgår dock inte var och under vilka förutsättningar. Bedömning av komfortstörande vibrationer för Waterfront kongresscenter var att de var lägre än cirka 0,1 mm/s vägd RMS. Tyréns påpekar att tåghastigheten var cirka 30 km/h vid mätningarna. Mätningar i färdigställd kongressbyggnad har inte påträffats i aktuell utredning.



FIGUR 6. MÄTRESULTAT BASERAT PÅ TYRÉNS MÄTNING VID PELARFOT. VÄNSTER PELARE A OCH HÖGER PELARE B. OVÄGD VIBRATIONSHASTIGHETS NIVÅ PER TERSBAND. RÖD KURVA = HÖGSTA VÄRDE PER TERSBAND. BLÅ KURVA = MEDELVÄRDE. GRÅTT FÄLT = SPRIDNING.

Spektrum i Figur 6 redovisar vibrationshastighetsnivå Lv för högsta värdet per tersband (så kallad max hold) för 10 uppmätta tågpassager på spår 15, 17 och 19.

5.3.3 Bergsäkers mätning 2011-2013

Bergsäker AB (nuvarande Forcit Consulting AB) gjorde under åren 2011–2013 mätningar i och runt Centralstationens huvudbyggnad. I samband med mätningarna skedde sprängningar för Citybanan. Mätningarna är gjorda som peak-mätningar och är därför inte helt jämförbara med de komfortvägda vibrationsnivåer som är angivna som riktvärden. Mätningar har också skett enligt Svensk Standard SS 02 52 11 *Vibration och stöt – Riktvärden och mätmetod för vibrationer i byggnader orsakade av pålning, spontning, schaktning och packning*. Uppmätta vibrationsnivåer är ofta långt under 1 mm/s och många av de avvikelser som rapporterats har berott på sprängning för Citybanan, ombyggnation av stationshuset i närheten av mätpositionerna eller att en mätare har fått höga utslag för vibrationer som inte noterats i andra mätare i närheten, vilket tyder på någon form av yttre ovidkommande påverkan. Den generella brusnivån för mätpunkterna verkar ligga runt 0,1 till 0,3 mm/s peak även för den mätpunkt som är placerad i en vägbrunn under Vasagatan. Utifrån mätdata från Bergsäkers mätningar är det svårt att analysera hur uppmätta vibrationsnivåer skulle kunna kopplas till vibrationsförutsättningarna för marken vid en eventuell överdäckning då mätning skett inne i Stockholms Centralstation-huset eller i Vasagatan. Varken i byggnaden eller utomhus i Vasagatans närhet finns höga vibrationsnivåer som är i paritet med det antal tåg eller de antalet tunga fordon som kan ha förväntats passera mätpunkterna under respektive mätperiod.

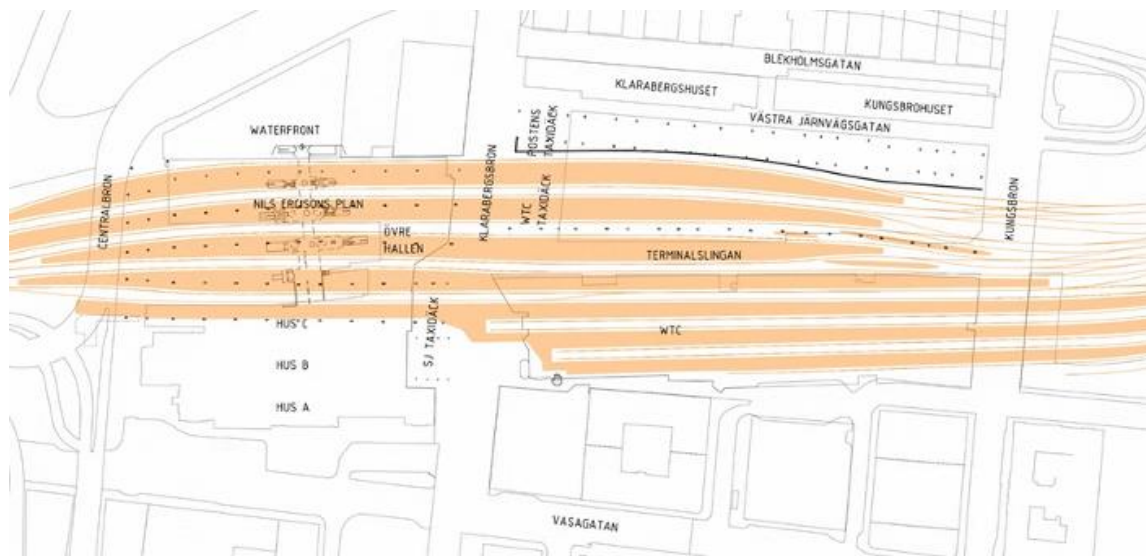
6 TRAFIKVERKETS SPÅRPLAN

Trafikverket planerar för en ny spårplan, med nio genomgående spår och långa plattformar, för att öka kapacitetskraven till år 2045, se Figur 7 och Figur 8. Plattformarna förlängs till ca 450 meters längd så att två 200 meter långa tåg kan dela på en plattform. Detta innebär att förekomsten av växlar förväntas minska i norra spårområdet. Vid växlar är risken större att vibrationer ska uppstå som är störande.

Det är inte känt om Trafikverket i samband med den nya spårplanen planerar införa några stomljuds- eller vibrationsdämpande åtgärder i spår för att skydda befintlig byggnation. Om det inte finns några bostäder eller vårdlokaler som utsätts för stömljud eller vibrationer idag utförs inga åtgärder.



FIGUR 7. SPÅRPLAN I NULÄGE.



FIGUR 8. NY SPÅRPLAN 2045.

I och med de kapacitetshöjande åtgärder som görs med Trafikverkets nya spårplan, antas trafiken för prognosår 2045 öka från 10-11 godståg i respektive riktning per dygn till 12 godståg i respektive riktning. För resande- och tjänstetågen förväntas en trafikökning med 27%. Detta enligt Trafikverkets prognos från 2020.

STH (största tillåtna hastighet) för spåren norrut kommer ändras från nuvarande 30km/h till en STH om 40km/h. I övrigt kommer samma förutsättningar gälla för STH och antal spår som är genomgående respektive ändspår stannar vid stationsläget Stockholms central.

7 NOLLALTERNATIV 2045

Vid ett nollalternativ år 2045 så genomförs inte aktuell detaljplan medan Trafikverkets nya spårplan och övrig samhällsutbyggnad och trafikförändring genomförs.

Då största tillåtna hastighet (STH) för tåg ökar från 30 km/h till 40 km/h kommer vibrations- och stomljudsstörningar i nollalternativet öka något jämfört med nuläget. Då det inte är några bostäder i närheten som kommer att störas förutsätts att Trafikverket inte kommer att införa vibrations- eller stomljuddämpande åtgärder i spår.

Det faktum att antalet tågpassager ökar i nollalternativet har ingen egentlig betydelse vid jämförande mot riktvärden då nivåerna för stömljud och vibrationer är maximala nivåer. Dock ökar den subjektiva störningsgraden med ett ökat antal störtillfällen.

Antalet godstågstransporter planeras öka från 10-11 till 12. Risken för överskridande bedöms vara samma i nollalternativ som i nuläge, alltså att mer än 5 passager överskrider ett krav för vibrationer, se kapitel om bedömningsgrunder. Kravet är endast aktuellt på bostäder och vårdlokaler.

Vägtrafik som bedöms kunna inverka på stömljud- och vibrationsförhållanden vid prognosår 2045 är tung trafik på Centralbron, Kungsbron, Klarabergsviadukten och Terminalslingan. Eventuellt planerad busstrafik på Nils Ericson-plan innebär risk för vibrationsstörningar i omgivningen jämfört med nuläget då området inte trafikeras av tung trafik.

8 PLANFÖRSLAG 2045

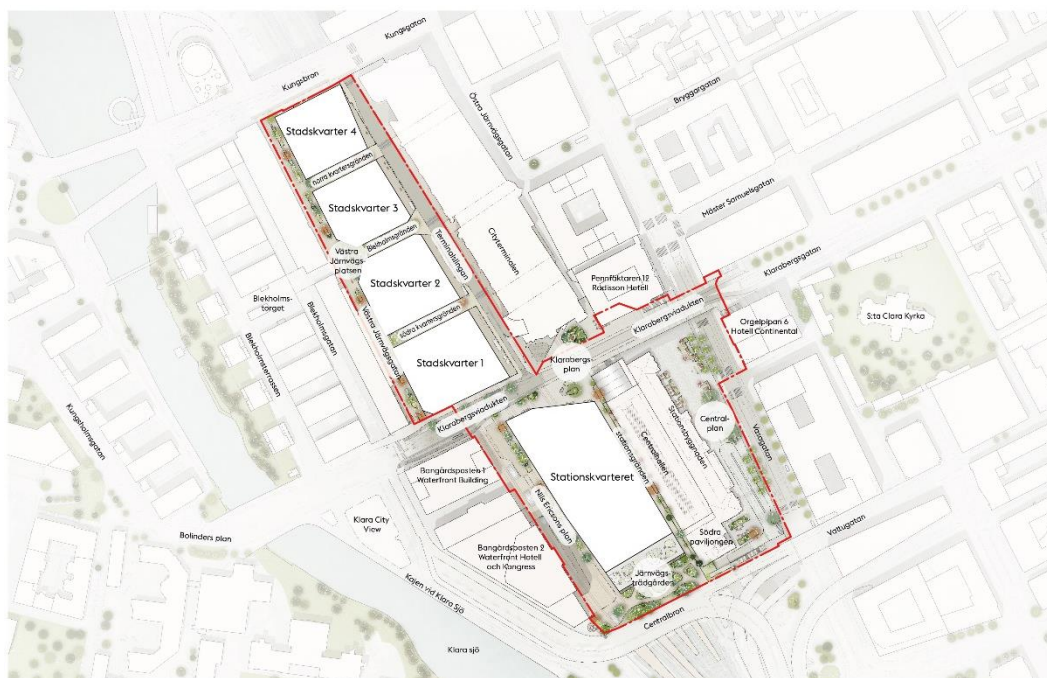
8.1 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR PLANFÖRSLAGET 2045

Vid planläge år 2045 förutsätts att Trafikverkets nya spårplan tagits i drift och att trafikökning skett som följd av de kapacitetsökande åtgärder som gjorts i och med spårplanen.

Då största tillåtna hastighet (STH) för tåg ökar från 30 km/h till 40 km/h kommer vibrations- och stomljudsstörningar i planförslaget öka något jämfört med nuläget. Då det inte är några bostäder i närheten kommer Trafikverket inte att införa vibrations- eller stomljuddämpande åtgärder i spår. Hastighetsökningen är dock en effekt av spårplanen, inte detaljplanen.

Enligt prognos för citysnittet för vägtrafik i Centralenområdet antas vägtrafiken för prognosår 2045 vara samma som idag förutom på Klarabergsviadukten där kollektivtrafik ökar och personbilstrafik stängs av. På Terminalslingan går endast kollektivtrafik vilket ökar i planförslaget. Kollektivtrafik planeras också på Nils Ericson-plan.

I planförslaget föreslås att fem kvarter uppförs, Stationskvarteret söder om Klarabergsbron och Stadskvarter 1-4 mellan Klarabergsbron och Kungsbron. Översiktsbild av de kvarter som planeras för i och med överdäckningen kan ses i Figur 9 och Figur 10.

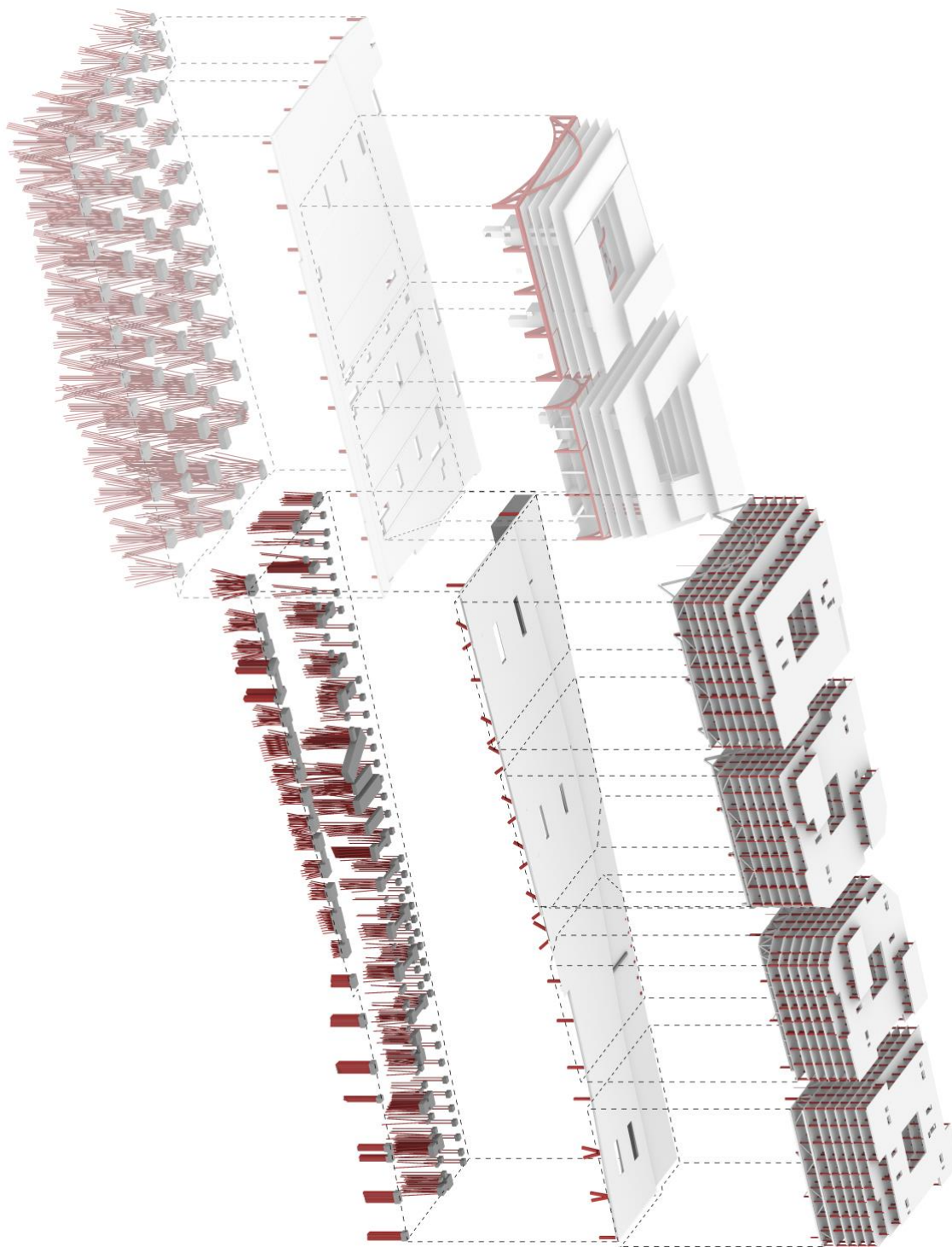


FIGUR 10. ÖVERSIKTSBILD FÖR ÖVERDÄCKNINGEN DÄR DE NYA KVARTEREN SES I VITT.

Kvarteren kommer uppföras ovan spårområdet med kvartersstrukturer. Inom byggnaderna kommer det att finnas kontor, hotell, handel och möjligen vårdinrättning. Byggnaderna kommer bestå av en gångplan ovan spårområdet, sedan ett teknikplan och sedan 3–7 våningar med verksamheter.

8.2 KONSTRUKTION OCH GRUNDLÄGGNING AV NYA BYGGNADER

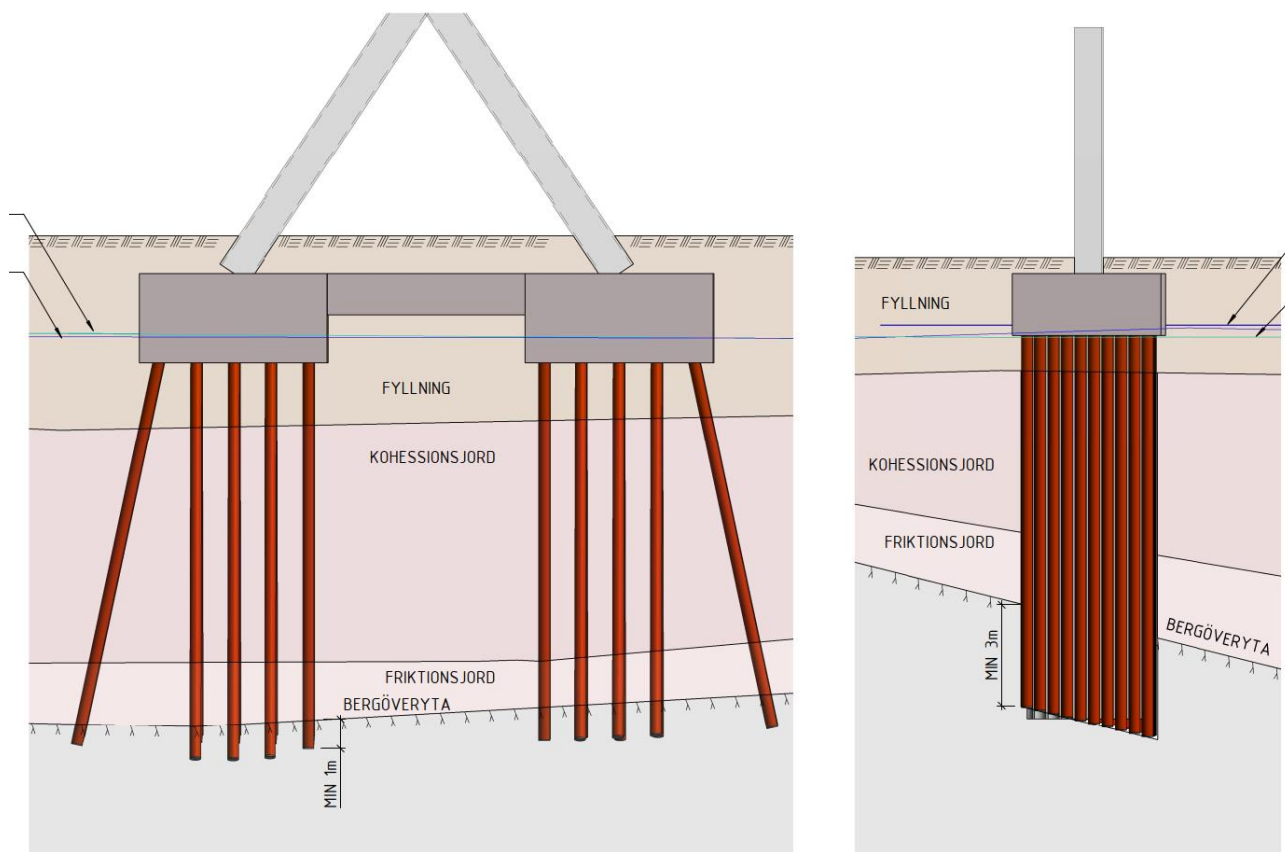
Planerad konstruktion består av grundläggning, en överdäckningskonstruktion samt överbyggnaderna, se Figur 11.



FIGUR 11. DEN PLANERADE KONSTRUKTIONENS TRE HUVUDSAKLIGA DELAR; GRUNDLÄGGNING, ÖVERDÄCKNING OCH ÖVERBYGGNADER (BILD FRÅN DESIGNKRITERIER FÖR ÖVERBYGGNADER, PLANUNDERLAG REVIEW, K2-RA-000-0003, THORNTON TOMASETTI, 2024-03-08). OBSERVERA ATT DET ÄR EN ÄLDRE VERSION AV PLANFÖRSLAGET SOM REDOVISAS I FIGUREN. GRUNDLÄGGNING OCH BYGGNADERNAS STOMMAR ÄR DESAMMA SOM REDOVISAS I FIGUREN, MEN ENLIGT NU AKTUELLT PLANFÖRSLAG BESTÅR DEN SÖDRA DELEN AV PLANOMRÅDET AV ETT KVARTER (STATIONSKVARTERET), INTE TVÅ.

8.2.1 Grundläggning

Grundläggning av planerade byggnader är komplicerade ur flera aspekter. På grund av bangårdar och spårområde behövs stora spännvidder och stora punktlaster. Ett flertal befintliga underjordskonstruktioner och tunnlar behöver tas hänsyn till. De mycket höga lasterna gör det nödvändigt föra laster ned till berg med pålgrundläggning, se Figur 12. Olika påltyper kan vara aktuella men generellt rekommenderas RD-pålar på grund av byggbarhet i spårområdet. På många platser behövs pålplattor och ok-balkar för att sprida last i undergrunden exempelvis på grund av tunnlar.



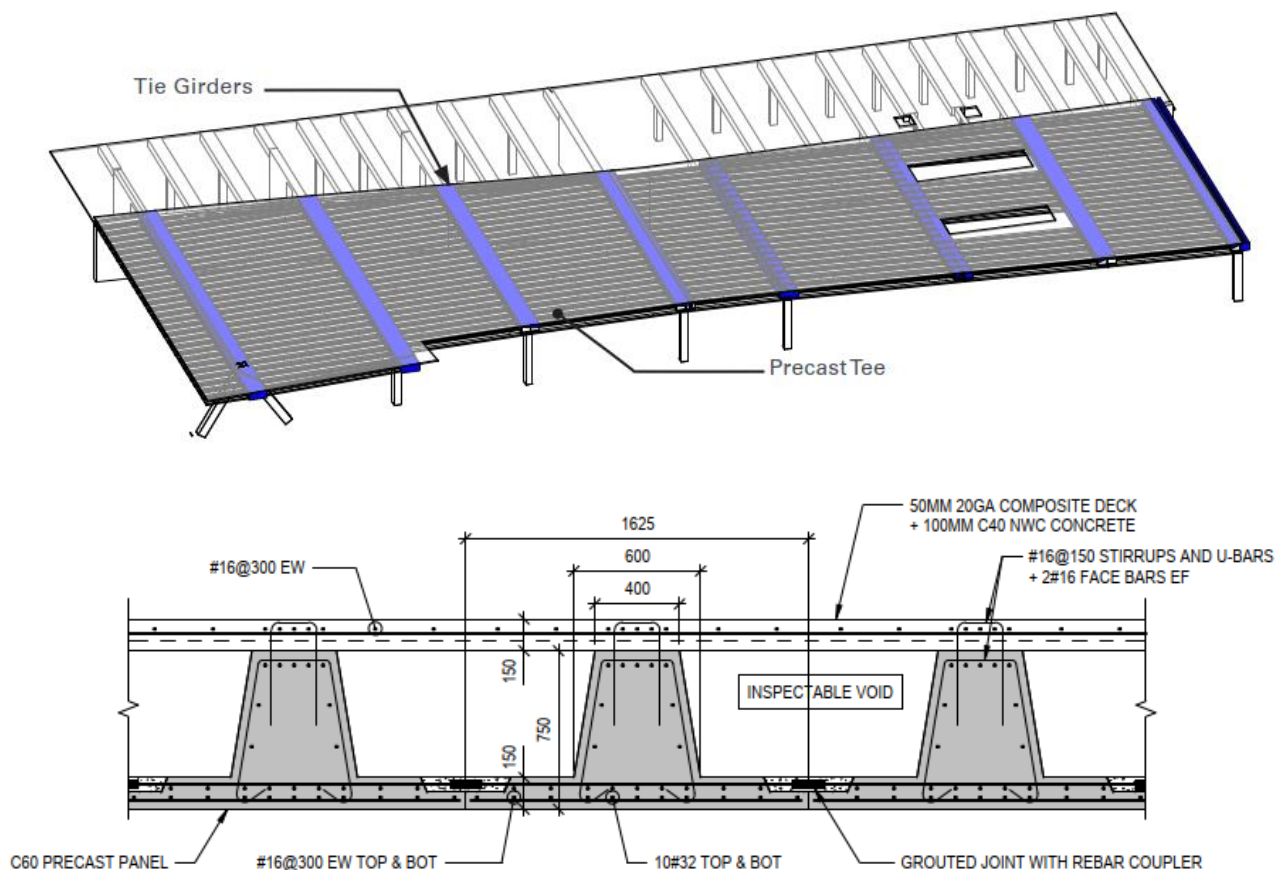
FIGUR 12. GRUNDLÄGGNINGSPRINCIPER SEKTIONER. VÄNSTER: PÅLPLATTA FÖR ATT SPRIDA ÖVERBYGGNADENS KONCENTREADE LAST TILL MÅNGA MINDRE PÅLAR NED TILL BERG. HÖGER: OK- BALKAR FÖR ATT SPRIDA LASTER ÖVER BERGTUNNEL

8.2.2 Däcket

Däckets konstruktion består generellt av element bestående av upp och nedvända T-balkar om cirka 1,6 meters bredd. Elementen placeras parallellt med spåren mellan huvudbalkar som bärs av bågar och fackverk av stål. Spännvidder är upp till 45 meter för norra spårområdet och upp till 25 meter för södra spårområdet. Däcket klassas som tunnel enligt Trafikverket och ska därför stå emot spränglast. Ovanför logistikyta i västra delen av norra spårområdet är ett platsgjutet betongbjälklag planerat, se Figur 13.

Överdäckningsbjälklagets bärande konstruktion är inte beroende av byggnaderna byggda över dem. Däremot är byggnadernas bärande konstruktion beroende av överdäckningsbjälklaget.

Bjälklaget anpassas för att hantera vibrationer från gångtrafik enligt gällande regelverk (Eurocodes). Detta kan enligt konstruktör innebära att mass-avstämda dämpare (mass tuned dampers) behöver installeras. Detta kan vara positivt för att även dämpa resonanstoppar i konstruktion från utifrån kommande störningar som väg- och tågtrafik.

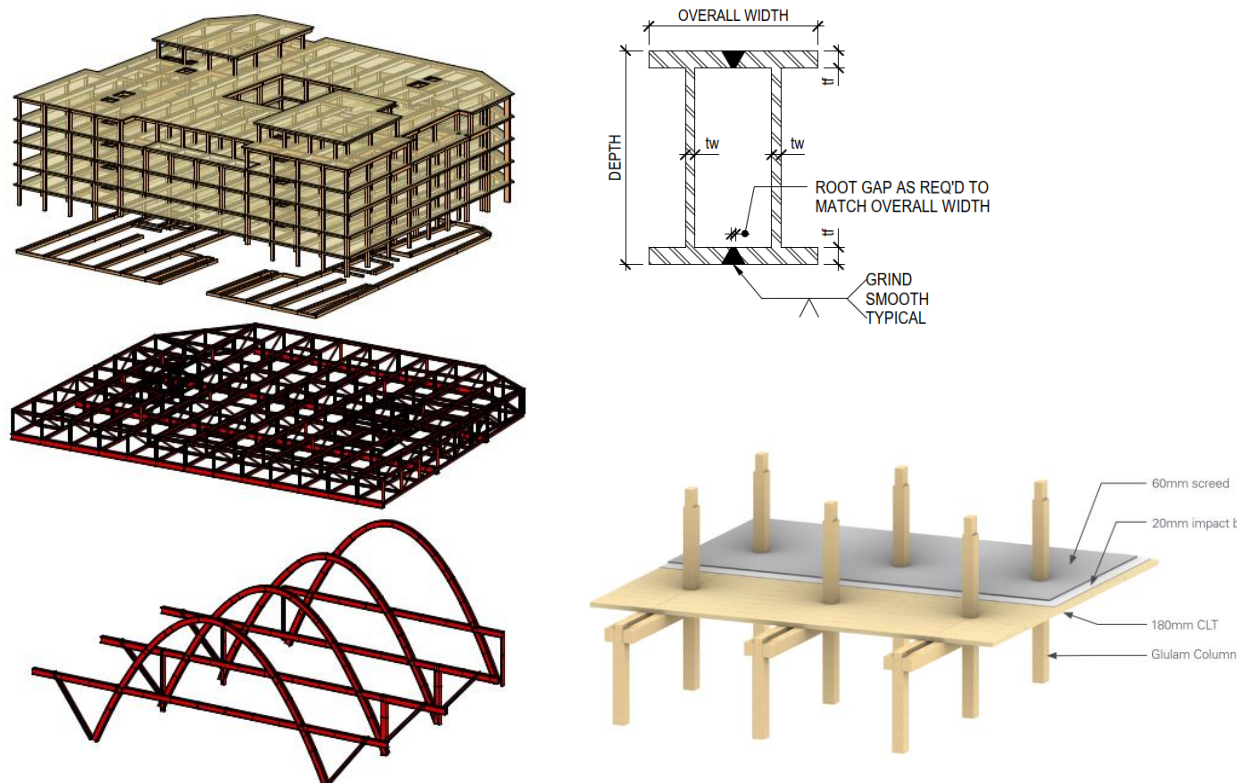


FIGUR 13. ÖVRE: 3D SKISS FÖR NORRA SPÅROMRÅDET MED TIE GIRDERS OCH TEES. NEDRE: SEKTION AV DÄCKETS KONSTRUKTION

8.2.3 Överbyggnader

Den principiella uppbyggnaden av det primära bärverket av byggnaderna sker med bågar och fackverk av stål med lastnedtagning i pelare mellan spår. Byggnaderna består av CLT bjälklag med balkar och kolumner av KL-trä vilket bärs av bärverk av bågar av stål i de nedre våningarna.

Stålbågar för Stadskvarter 1 och 2 spänner från våning 1 till våning 7. Detalj för stålbåge visas i Figur 14 vänster.



FIGUR 14. VÄNSTER: PRINCIPIELL KONSTRUKTION SEKTION FÖR KVARTER 2 I NORRA SPÅROMRÅDET. ÖVRE VÄNSTER SEKTION STÅLBÅGE. NEDRE VÄNSTER. KONSTRUKTION TYPISKT VÅNINGSBJÄLKLAG.

Typiskt våningsbjälklag består av limträbalkar och 180mm CLT-paneler som bärs av limträpelare. Ovan paneler läggs golvavjämning, se Figur 14 höger.

9 KONSEKVENSER AV PLANFÖRSLAG

9.1 STOMLJUD

Uppmätta stomljuds nivåer beskrivna i kapitel 5.3 härrör enbart från trafik på markförlagda spår på Centralstaden. Spårtrafik i tunnelbana, Spårväg City eller Citybanan bedöms inte påverka stomljuds nivåer inom planområdet i nuläget och inte heller efter detaljplanens genomförande.

Det råder osäkerheter i hur mycket stomljud som kommer att finnas i byggnader inom planerad överdäckning sett till resultatet från de mätningar som gjorts i området kring Stockholms Central. Konstruktionerna som planeras för överdäckningen är komplicerade. Till stor del utförs de med okonventionell byggnadsteknik och det saknas referensprojekt. Enligt mätningar som utförts i befintliga konstruktioner bestående av betongstomme bedöms det kunna uppstå maximala stomljuds nivåer om 35-50 dBA i första våningsplan ovan överdäckningen, vilket riskerar överskrida föreslagna riktvärden för stomljud (i kap. 3.5 föreslås L_{pFmax} 35 dB för hotellrum och för kontor L_{pFmax} 45 dBA).

Stomljud förväntas minska med ökat våningsplan. I en betongbyggnad med samma layout för alla våningar är det vanligt att anta 2 dB minskning av stomljudet per ökat våningsplan¹⁴. I detta projekt är byggnadsstommarna i KL-trä varför en minskning om 2 dB per våningsplan inte rakt av kan antas stämma.

I ett annat Jernhusen projekt med stomme i KL-trä där stomljud och vibrationer har analyserats dominerades störningen av frekvenser 30-40Hz. Byggnaden hade beräkningsmässigt en relativt liten dämpning uppåt i byggnad om ca 1 dB per våningsplan. Enligt mätningar är dominerande frekvenser i projekt Centralstaden ca 100-200 Hz från tågpassager på normalspår och för dessa högre frekvenser förväntas större dämpning per ökat våningsplan än 1 dB i det verkliga fallet, bedömt ca 2-5 dB per våningsplan. Där växlar förekommer mäts dock lägre frekvenser på ca 40 – 60 Hz och bedömt ca 2 dB dämpning per våningsplan.

Även om åtgärder för att minska stomljud i byggnaden finns, så bör de utrymmen som är känsliga för stomljudsstörningar placeras högre upp i byggnader och inte heller rakt ovanför pelare belägen nära växel.

Stomljudsnivån i plattformsrums kan öka jämfört med nuläget då överdäckningen innebär en inneslutning av plattformsrumsrummet som i nuläget är utomhus. Det är dock osannolikt att stomljudet kommer att vara urskiljbart från det samtidigt dominerande luftburna bullret från tågpassage som är mer än 10 dBA högre än stomljudsbidraget. Sammantaget bedöms inte det ökade stomljudet innebära negativa konsekvenser för bakgrundsljudnivån i samband med högtalarutrop.

Överdäckningen bedöms inte påverka stomljud och vibrationer till nu befintlig bebyggelse runt det utredda planområdet såvida inte stomljuddämpande åtgärder införs under spåren. I det fall spåren stomljuddämpas kommer stomljud och vibrationer i kringliggande bebyggelse minska.

9.2 VIBRATIONER

Nulägesmätningar av komfortstörande vibrationer visar på högsta förekommande nivåer på 0,1-0,25 mm/s vägd RMS. Baserat på att det är ca 350 tåg varav ca 10 godståg per dygn som passerar, ankommer eller avgår Centralstaden är det relativt få registreringar med höga vibrationer. Exempelvis har Nils Ericson-plan 8 registreringar över 0,1 mm/s mätt under en veckas tid, alltså ungefär en händelse per dygn.

Det är inte ovanligt att komfortstörande vibrationer ökar högre upp i byggnad (särskilt horisontell riktning, vertikal riktning likvärdig eller minskar) jämfört med markplan eller byggnadens grund vilket är en konsekvens av att byggnadsdelar mer känsliga för vibrationer, såsom lättare bjälklag, normalt används högre upp i byggnad.

Det pågår arbete att svenska institutet för standarder, SIS, för att ta fram en teknisk specifikation för att ge riktlinjer för risk för markvibrationer inom planerad bebyggelse. För att bedöma risk kan förstärkningsfaktor Q_w försöka bedömas där $Q_w = v_{w,bjälklag} / v_{w,mark}$ ¹⁵. Baserat på vad nationella och internationella beräkningsmodeller använder sig av, är förstärkningsfaktor om 2 – 4 en rimlig konservativ bedömning.

Det finns viss risk för överskridande av riktvärdet 0,4 mm/s RMS i planerade byggnaders samtliga våningar ovan överdäckningen. Risken bedöms dock som mycket liten att riktvärde 0,7 mm/s överskrids mer än enstaka gång per dygn. Som beskrivits tidigare i denna handling så är byggnadens planerade stomme okonventionell vilket kan innebära oväntade förstärkningar inom byggnadens bjälklag.

¹⁴ A ground-borne noise prediction model for railway traffic in tunnels in bedrock, Fatemeh Dashti, Division of Applied Acoustics, Chalmers University of Technology, 2023

¹⁵ Förstärkningsfaktor gäller egentligen vid resonans med tillämpas här som sammanfattningsvärde för alla frekvenser.

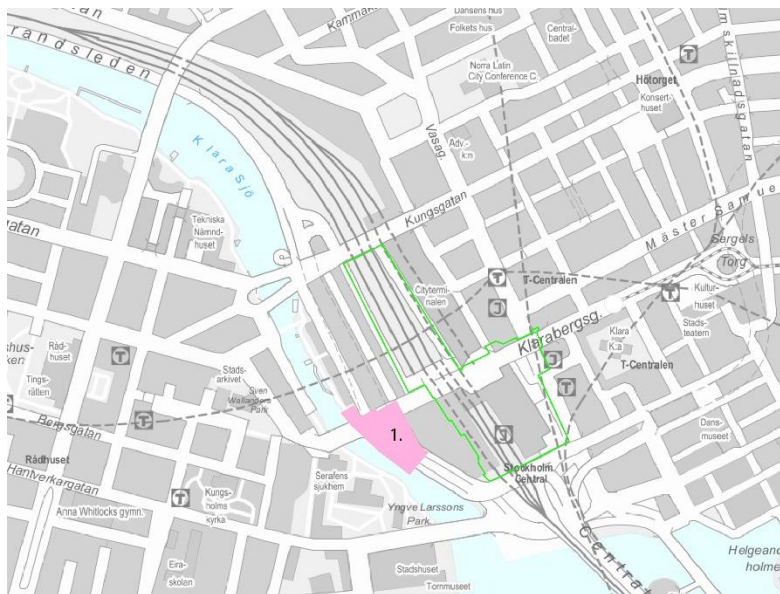
På grund av stora laster grundläggs byggnaderna med pålar ned till berggrunden genom jordlager vars mäktigheten är måttliga 10-20 meter. Detta ger en stabil grundläggning och gynnsam förutsättning för att minska vibrationsspredning in i byggnader.

Överdäckningen bedöms inte påverka vibrationsnivåerna från spårtrafik i plattformsrummet. När tunga vägfordon åker över skarvar mellan olika bjälklag finns det generellt en risk för att det skapas vibrationer som sprids till näraliggande byggnader. I nuvarande planförslag är nya skarvar mellan befintligt och nytt bjälklag placerade i anslutning till växtbäddar eller vid trottoarkant, varför inga tunga fordon förväntas köra över dem. Frågan bör dock bevakas i det fortsatta arbetet med planen och i kommande detaljprojektering.

9.3 KUMULATIVA EFFEKTER

Med kumulativa effekter avses den samlade effekten av pågående, tidigare och framtida verksamheter/åtgärder på miljön i ett område. Generellt är risken liten för kumulativa effekter i driftskede, när man betraktar antalet tågpassager, eftersom både vibrationer och stömljud vanligtvis utvärderas som maximalnivåer FAST eller SLOW. Dock ökar den subjektiva störningsgraden med ett ökat antal störtillfällen. Vidare anger Trafikverket i sin riktlinje TDOK att antalet störtillfällen inte får överskridas mer än 5 gånger per natt, men antalet tillåtna överskridanden bör inte vara medräknat vid en bedömning mot föreslagna riktvärden eller vid dimensionering av åtgärder.

Närliggande detaljplaner som i skrivande stund inte är antagna men som antas att vara antagna år 2045 är Norrmalm 4:1, "Klara City view", se Figur 15. Planen ska möjliggöra för kontor, bostäder och handel. Centralstadens detaljplan bedöms inte påverka Klara City view eller vice versa, sett till vibrationer och/eller stömljud i driftskede. I byggskede kan antalet störda av vibrationer/stomburet byggbuller öka beroende på vilket projekt som genomförs först.



FIGUR 15. KARTBILD ÖVER NÄRLIGGANDE DETALIPLAN "KLARA CITY VIEW" (ROSA MARKERING). CENTRALSTADENS DETALIPLAN MED GRÖN MARKERING.

9.4 ÅTGÄRDER MOT STÖMLJUD OCH VIBRATIONER

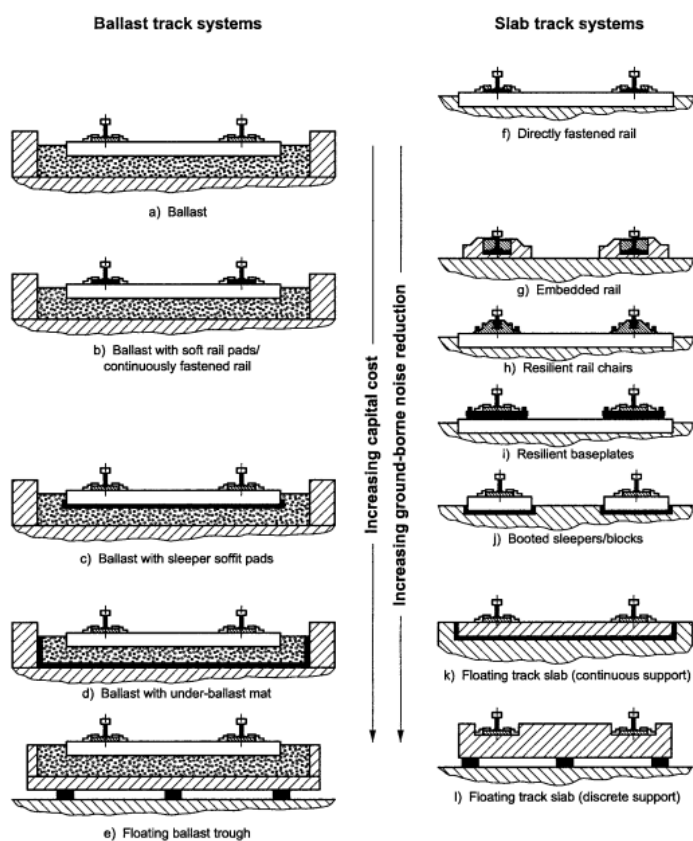
Att i efterhand åtgärda för höga vibrations- eller stömljudsnivåer i en redan uppförd byggnad är tekniskt väldigt komplicerat och mycket kostsamt. Behov av åtgärder bör därför utredas i tidigt skede. Eventuell dimensionering av åtgärder kan göras i projekteringsskede då detaljerade uppgifter om layout och laster tagits fram. Oavsett om isolering

införs i spår eller byggnad finns alltid en risk att vibrationerna förstärks vid stomljudsdämpningens uppställningsfrekvens vilket behöver kontrolleras vid detaljprojekteringen.

Erfarenheter från tidigare projekt är att det ofta föreligger problem med vibrationer och stomljud orsakade av tågpassager genom spårväxlar. I den nya spårplanen noteras inga växlar rakt under hotelldelen (sydligaste byggnaden). Vid problem med stomljud och vibrationer från tåg är principiellt åtgärder nära storkällan att föredra rent energimässigt och kostnadsmässigt dvs i spår med exempelvis en ballastmatta.

9.4.1 Åtgärder i järnväg

En vanlig åtgärd mot vibrations- och stomljudsstörningar från tåg är att isolera spåret. Vid ett ballastspår placeras vanligen ett elastiskt lager under ballasten eller under sliprarna, se principlösningar för ballastspår till vänster i Figur 16. Ju längre ned i spårbädden det elastiska lagret placeras desto högre isolering erhålls, men också till ökad kostnad. Materialet består vanligen av stenull 50-120 mm tjocklek eller gummidmaterial som polyuretan ca 20-50 mm. Med slipersmatta kan omkring 5 dBA isolering uppnås och med ballastmatta upp till omkring 20 dBA, i hög grad beroende på vilka frekvenser störningen domineras av. Åtgärder i spår kan placeras i delar av, eller i hela spårområdet. Åtgärder i byggnader bedöms inte vara nödvändiga om spårarna har erforderlig isolering. Det är även möjligt att kombinera åtgärder i spår i delar av spårområdet med åtgärder i byggnader, men det kräver noga samordning av åtgärderna. Åtgärder i järnvägsspår skulle dock innebära trafikpåverkan.



FIGUR 16. PRINCIPÅTGÄRDER FÖR ISOLERING I SPÅR (FIGUR FRÅN ISO-STANDARD 14837-1:2005¹⁶)

¹⁶ Vibration och stöt – Markburet buller och markburna vibrationer från järnvägstrafik – Del 1: Vägledning (ISO 14837-1:2005, IDT), fastställd 2005-09-02

För vidare åtgärdsförslag i kapitel 9.4.3 och 9.4.4 betraktas järnvägsspåren vara utan vibrations- och stomljuddämpande åtgärder.

9.4.2 Åtgärder vägbana

Det är mycket sällsynt med stömljud från vägtrafik. Om det förekommer att fordon kör över skarv på samma betongelement som mottagande rum befinner sig. Att förse körbanan med viskoelastiskt lager (exempelvis asfalt) minskar risk.

Tunga fordon kan ge upphov till vibrationer särskilt vid mjuk mark och vid ojämnheter i vägbana. Viktigaste åtgärder för att undvika vibrationer från vägtrafik är att undvika ojämnheter och vid körning på bjälklag tillse tillräcklig styvhet av betongplattan. Vibrationer från busstrafik på Terminalslingan behöver beaktas i detaljprojekteringen av anslutningar mellan överdäckningsbjälklag och befintligt däck.

För att undvika störningar från skarvar kan snedställda skarvar användas vilka minskar störning. Om skarvar av stål används kan ojämnheter uppstå mellan stål och vägbeläggning då vägbeläggning slits ned. Kontinuerliga kontroller och underhåll rekommenderas.

9.4.3 Åtgärder mot vibrationer i byggnad

Det finns viss risk att komfortstörande vibrationer, som överskrider föreslagna riktvärden i färdig byggnad, ska uppstå.

Design av byggnader bör därför genomföras så att inte förstärkningar av tåg vibrationer "byggs in" i konstruktionen genom att olyckligt kombinera bjälklagens egensvängningar med vibrationer från tåg. Förstärkning av horisontella vibrationer sker normalt uppåt i en byggnad oavsett konstruktion.

Om åtgärder krävs för att klara steg-inducerade vibrationer av bjälklag, exempelvis "tuned mass dampers" behöver vid design av dessa hänsyn tas till vibrationer från tågtrafik och eventuella åtgärder som avser stomljuddisolerings behöver anpassas så att inte lösningen på ett problem förvärrar ett annat problem.

Vid design och val av bjälklag (spännvidder och böjstyvheter) behöver kontroll göras så att inte bjälklagens egenfrekvenser förstärker tåg vibrationerna som förekommer på platsen (vibrationer förekommer inom cirka 3-25 Hz enligt mätningar).

För att bedöma hur känsligt ett bjälklag är för vibrationsrespons kan en tumregel enligt Trähandboken¹⁷ vara att nedböjningen inte bör överstiga $L/600$ där L är spännvidden.

För att minska risk för att horisontella vibrationer ökar med våningsplan bör tvärstag användas.

Om vibrationsisolering för dessa frekvenser behövs, krävs troligen en vibrationsisolering med mycket låg uppställningsfrekvens. Tekniska lösningar finns för detta, i form av stålfjäderpaket, men de är både utrymmeskrävande och dyra. Bedömning i nuläget är att vibrationsisolering med stålfjädrar inte kommer att behövas.

9.4.4 Åtgärder mot stömljud i byggnad

Risk för stömljud över föreslagna riktvärden bedöms föreligga i byggnader, särskilt i hotelldelen i Stationskvarteret. För att minska stömljud i byggnad kan ett isolermaterial av exempelvis gummi/ polyuretan eller liknande användas i byggnadens bärande konstruktion. Det finns begränsningar i vilken statisk last stomljuddisolerings klarar. Exempelvis Sylodyn klarar statisk belastning av högst ca 10 N/mm^2 , vilket innebär att det kan krävas en stor yta att fördela lasten över per upplagspunkt, om den statiska lasten är stor. Isolerskiktet kan placeras enligt olika principer i den bärande

¹⁷ Träguiden. Kap 4.6.2 Bjälklag. Föreningen Sveriges Skogindustrier, 2024

konstruktionen och då framför allt i de vertikala delarna, se Figur 17. Det är viktigt att den konstruktionsdel som skall skyddas blir fullständigt avvibrerad så att inga "bryggor" uppstår som kortsluter isoleringen.



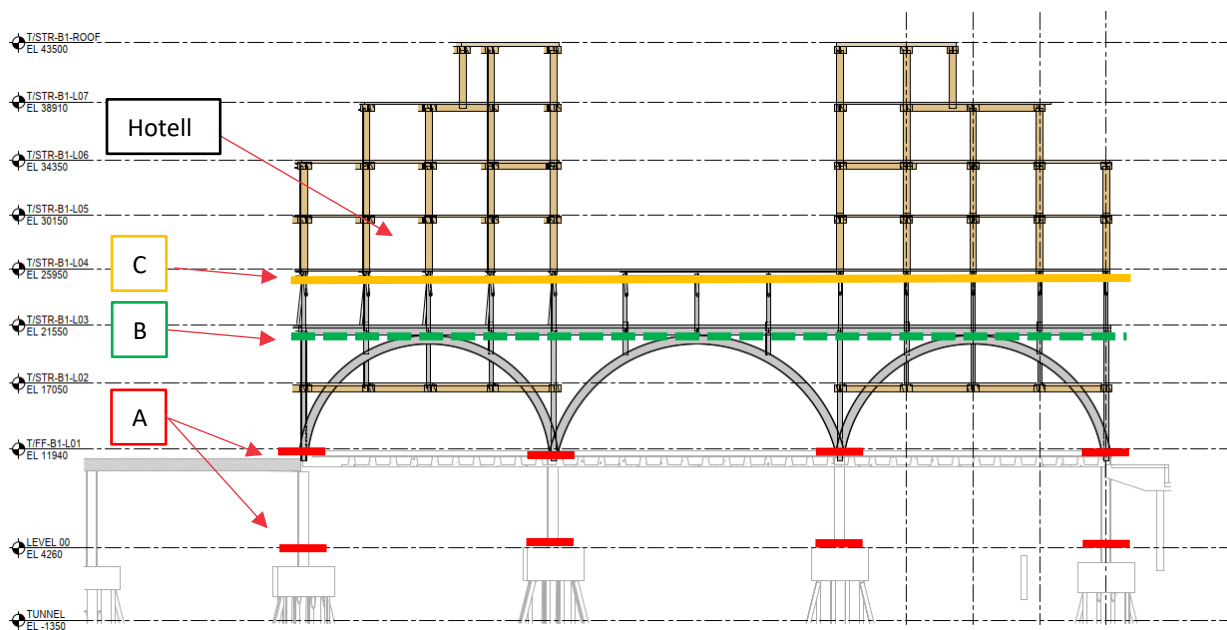
FIGUR 17. VÄNSTER: TRE OLIKA PRINCIPER FÖR STOMLJUDSISOLERING AV BYGGNADER . HÖGER: PRINCIPER FÖR STOMLJUDSISOLERING AV PELARE: (TAGEN FRÅN GETZNER.COM – EN AV FLERA LEVERANTÖRER AV VIBRATIONS- OCH STOMLJUDSISOLERING)

För att ha effektiv isolering vid vanliga stomljudsfrekvenser (cirka 50-150 Hz) bör uppställningsfrekvensen vara < 20 Hz i det massa-fjädersystem som isoleringen tillsammans med ovanpåliggande last bildar. Detta är fullt normalt för de tekniska lösningar som flertalet leverantörer av stomljudsisolering tillhandahåller.

Beräknad insättningsdämpning kan teoretiskt bli mycket hög men i verkliga fallet är mycket mer än 10 dB insättningsdämpning i byggnad inte att räkna med.

Nedan och i Figur 18 beskrivs förslag på var åtgärder kan placeras.

- A. Placering av stomljudsisolering vid pelare, mellan mark och överdäckningsbjälklag, eller precis ovan överdäckningsbjälklag har fördel att de är de mest styva platserna i byggnad vilket innebär bättre effekt för vibrationsdämpare. Annan möjlig fördel är att färre antal platser nära storkällan isoleras vilket innebär att all ovanliggande byggnad isoleras. Nackdelen med denna placering av stomljudsisolering är de stora statiska lasterna i pelarna, vilket innebär att stora ytor runt varje pelare behöver tas i anspråk för att fördela och sprida lasten. Åtgärder nära spår behöver dessutom dimensioneras för att klara explosionsrisk. Eventuella åtgärder ska heller inte påverka Trafikverkets drift och underhåll, järnvägstrafik, resenärer eller järnvägsanläggningen negativt. Tidiga studier visade att det eventuellt skulle gå att stomljudsisolera pålsulornas sidor med god effekt. Om det skall fungera krävs att vibrationerna som överförs från mark till pålfundament domineras av ytvågor. Observera att högt grundvatten kan bli ett problem om vattnet fryser i det stomljuddämpande materialet om material med öppna porer används.
- B. Placering av stomljudsisolering i överkant av stålåbågarna innebär mindre last per upplagspunkt, men innebär troligen problematisk hantering av sneda horisontella laster. En fördel med denna placering av stomljudsisolering är att vibrationer inte fortplantar sig till byggnadsdelar ovan stålåbågarna.
- C. Placering av stomljudsisolering ovanför stålåbågarna är fördelaktigt ur lastsynpunkt då bedömningen är att ingen extra yta (förutom på höjden) krävs för isoleringen. Nackdelen med denna placering är att effektiviteten hos en vibrationsisolering minskar då underlaget är mindre styvt (jämfört med plats A) samt att vibrationer tillåts finnas i byggnadsbjälklaget, vilket innebär risk för höga stomljuds nivåer inom det våningsplan som finns under isoleringen. Alternativt, om en teknikvåning finns, kan stomljudsisolering placeras under bjälklaget mellan teknikvåningen och ovanliggande verksamheter.



FIGUR 18. PRINCIPIELL SKISS ÖVER PLACERING AV STOMLJUDSISOLERING FÖR KVARTER I SÖDRA SPÅROMRÅDET.

Ovan principer kan förslagsvis detaljprojekteras av akustiker tillsammans med konstruktör samt leverantör av stomljudsisolering. Arbetsfördelningen kan då se ut som följer:

- Akustiker tar fram behovet av insättningsdämpning (uttryckt i exempelvis decibel och frekvens för att klara stomljudkrav).
- Konstruktören tar fram platser för placering av stomljudsisolering samt statiska vertikala och horisontella laster, inklusive brukslaster som har en inverkan på isoleringen. Det är även viktigt att veta hur styv ytan är som isoleringen ska placeras på. Stomljudsisoleringens insättningsdämpning kan minska med minskad styvhet för den yta som isolermaterialet placeras på.
- Leverantör av stomljudsisolering tar fram en produkt utifrån förfrågan från akustiker och konstruktör samt ger vidare information till detaljprojekteringen för att övriga krav (brand, service, nedböjning etc) ska kunna klaras.

För att dimensionera stomljudsisolering behövs behovet av insättningsdämpning preciseras per frekvensdomän. Detta skulle kunna göras genom en detaljerad modellering / beräkning av hela systemet för ett exempelvis ett kvarter från tågpassage till byggnadsdel. För att minska osäkerheter i utformningen av åtgärder kan och bör det genomföras mätningar av tåg vibrationer vid byggnaders grundläggningskonstruktioner, exempelvis ett pålat fundament, under uppförandet av byggnaderna. Det bör dock nämnas att det inte är säkert att de vibrationer som mäts upp vid fundament utan ovanliggande byggnad, är likvärdiga med de vibrationer som uppstår vid samma fundament med byggnad ovanför, eftersom byggnaden själv påverkar systemet och de vibrationer som uppstår. För att öka tillförlitligheten vid dimensionering av stomljudsisolering kan en numerisk vibrationsmodell skapas med faktiska mekaniska parametrar för både mätfallet och färdig byggnad som kalibreras med mätresultat för vibrationssituationen i nuläget. Modellen byggs för nuläge, och med färdig byggnad. Byggs även en halvfärdig byggnad i modellen kan den kalibreras mot mätningar för halvfärdig byggnad under tiden som byggnation sker och isolermaterialet kan då uppdateras för att optimera dess effekt.

De delar av byggnad som eventuellt vibrations- och/eller stomljudsisoleras behöver vara helt isolerade dvs det får inte förekomma någon kortslutning. Särskilt vid hissar och trappor behöver särskilt hänsyn tas.

9.4.5 Underhåll och hållbarhet för åtgärdsförslag

Elastiska element behöver vara inspekterbara. Funktionskrav bör garanteras av leverantör över byggnadens tekniska livslängd men det är osäkert om en leverantör kan garantera så lång teknisk livslängd. I sådant fall bör åtgärderna vara utbytbara. Åtkomst och inspektion av eventuella tekniska lösningar som elastiska element i spårområdet behöver samordnas mellan fastighetsägare och Trafikverket för drift och underhåll då det kan medföra trafikpåverkan.

9.5 BYGGSKEDE ÅR 2028-2045

I byggskedet antas att spontning och pålning förekommer. Det kan förekomma borrhning i berg vid angörande av stålplåtar för fundament. En del moment kan behöva genomföras nattetid för att inte störa järnvägstrafik. Det har inte identifierats några platser där bergschakt förekommer.

Enligt erfarenheter från utbyggnad av tunnelbanan i Stockholm beräknas en stomljudsnivå på cirka 45 dBA från borrhning i berg på ett avstånd om cirka 30 meter mellan borrhplats och byggnad (förutsatt att byggnaden står direkt på berg, vilket ger störst risk för stömljud). Naturvårdsverkets föreslagna riktvärde för byggbuller inomhus dagtid i kontor är 45 dBA. Risken bedöms därför som låg för överskridande av riktvärde avseende stömljud på avstånd större än 30 meter. Om flera stömljudsdrivande aktiviteter pågår samtidigt kan kumulativa effekter göra att riskavståndet ökar något. Hur mycket avståndet ökar beror på antalet källor som är aktiva samtidigt samt avstånd mellan källor och byggnader. Exempelvis beräknas 5 lika starka källor innebära ett riskavstånd om cirka 50 meter.

Stömljud från byggaktiviteter kan förekomma inom utrymmen för station och plattformar vilket kan påverka taluppfattbarheten vid högtalarutrop för trafikmeddelanden. I de allra flesta fall kommer det luftburna byggbullret dominera över det stömburna. Specifikt riktvärde för stationsutrymme och lokaler saknas i Naturvårdsverkets riktvärden NFS 2004:15. I samband med hantering av byggbuller genom kontrollplan mot entreprenör eller liknande, kan förslagsvis ett krav, som är kopplat till taluppfattbarheten vid högtalarutrop, upprättas inom stationsutrymme som både luftburet och stömburet buller bör innehålla.

Det är vanligt förekommande att kännbara vibrationer uppstår i samband med sprängning, pålning, spontning, packning och tung byggtrafik. För byggscheden saknas dock normalt riktvärde för vibrationer avseende komfort i byggnader då det enligt SS 460 48 61 (se kapitel 3.2) för temporära verksamheter, till exempel under byggtid, inte anses finnas ett behov av riktvärden för komfort i byggnader.

Skaderisk på byggnader och anläggningar från vibrationsalstrande byggverksamhet hanteras normalt genom framtagning av riskanalys och anpassning av byggmetoder för att innehålla angivna vibrationsriktvärden och uppfylla övriga krav i riskanalysen.

10 SLUTSATSER

Baserat på utförda mätningar för nuläget görs bedömningen att det finns viss risk för stömljuds nivåer över föreslagna riktvärden i planerade byggnader och att viss risk för åtgärder mot stömljud kommer att behövas i byggnader, särskilt den del som innehåller ett hotell, då den är mest känslig avseende stömljud.

De största störningarna är enligt nulägesmätningar från passager genom spårväxel och särskilt då avståndet är kort. Då antalet växlar är få vid pelare under Stationskvarteret i södra spårområdet, minskar risken för höga stömljuds nivåer där. Det är goda förutsättningar för att klara föreslagna riktvärden för gästrum i hotell i Stationskvarteret särskilt på högre våningar (L04 och uppåt).

Om känslig verksamhet avseende stömljud och vibrationer planeras i utrymmen nära spårväxel bedöms stor risk för överskridande av föreslagna riktvärden och behov av stömljuds isolering finns. Spridning av vibrationer inom byggnad

med KL-trä konstruktion från spårväxel bedöms inte vara annat än lokal så länge som normal akustikprojektering avseende stegljudsisolering sker.

Principiellt är åtgärder nära störkällan att föredra rent energi-, risk- och kostnadsmässigt dvs i järnvägsspår med exempelvis en ballastmatta. Om stomljudsisolering åtgärder i spårområdet inte är möjligt, ter sig åtgärder i form av stomljudsisolering under den våning som behöver skyddas – förslagsvis teknikvåning under hotellbel – vara en genomförbar lösning.

Stomljudsnivån i plattformsrum kan öka jämfört med nuläget men kommer inte att vara urskiljbart från det luftburna bullret från tågpassage. Sammantaget bedöms inte det ökade stomljudet innebära negativa konsekvenser för bakgrundsljudnivån i samband med högtalarutrop.

De stålbågar som norra Stadskvarterens konstruktion utgörs av kan innebära svårigheter att åtgärda. Om det finns växlar vid bågnas grunder så ökar risken för störning.

Baserat på mätningar i nuläge och erfarenheter från närliggande projekt görs bedömningen att det även kommer förekomma komfortvibrationer inom planområdet år 2045. Bedömning är att det finns viss risk för överskridande av föreslaget riktvärde 0,4 mm/s RMS i planerade byggnader ovan överdäckningen. Risken bedöms dock som mycket liten att föreslaget riktvärde 0,7 mm/s överskrids mer än enstaka gång per dygn.

Vid design av byggnadens konstruktion och val av bjälklag (spännvidder och böjstyvheter) behöver kontroll göras så att inte bjälklagens egenfrekvenser förstärker tåg vibrationerna som förekommer på platsen.

Vibrationer från vägtrafik kan öka om planerad konstruktion innebär att tunga vägfordon passerar skarv eller ojämnheter som skapar vibrationer. I nuvarande planförslag är nya skarvar placerade så att tunga fordon inte förväntas köra över dem. Frågan bör dock bevakas i det fortsatta arbetet med planen och i kommande detaljprojektering.

Vibrationer från spårtrafik i plattformsrummet bedöms bli likvärdig som nuläget.