

Rapport R02-336593B

DETALJPLAN DANDERYDS SJUKHUS- PM STOMLJUD OCH VIBRATIONER



Slutrapport

2025-03-21

Uppdrag: 336593B
Titel på rapport: DANDERYDS SJUKHUS- PM STOMLJUD OCH
VIBRATIONER
Status: Slutrapport
Datum: 2025-03-21

Medverkande

Beställare: LOCUM
Kontaktperson: ANDERS NILSSON, LINDA BOYLE, VICKY LAU
Konsult: TYRÉNS AB
Uppdragsansvarig: HELENA DJURSTEDT
Kvalitetsgranskare: ANDERS LINDGREN (VIBRATIONER)

Handläggande akustiker stomljud/vibrationer:
Emilie Olofsson

Datum: 2024-08-23

Handlingen granskad av:
Anders Lindgren

Datum: 2024-08-23

Sammanfattning

Tyréns, som underkonsult till Rundquist Arkitekter AB har anlåtats av Locum för att utreda frågor kopplade till stomljud och vibrationer vid nybyggnation av vårdbyggnader inom Danderyds sjukhus. Denna rapport syftar till att vara ett underlag till detaljplanens samråd.

Utredningen har övergripande identifierat potentiella källor till stomljud och vibrationer inom och i närheten av planområdet. Konsekvenser för planförslaget avseende stomljud och vibrationer är starkt beroende av en rad faktorer som är okända i detta skede. Vibrationsnivåer från befintliga störkällor bör mätas i mark eller befintlig byggnad som ett första steg i den fortsatta planeringen. Åtgärder och eventuella begränsningar p.g.a. vibrationer beror på verksamhetens krav och krav från tillverkare av eventuell medicinsk utrustning.

Dessa förutsättningar bör klargöras i tidigt skede inför planering av nya vårdlokaler inom planområdet.

Medicinsk utrustning kan ha krav på högsta vibrationsnivåer som blir dimensionerande för utrustningens placering inom planområdet såväl som för den byggtekniska utformningen.

Riskavstånd från tunnelbana till byggnader med vibrationskänslig utrustning kan uppgå till ca 200 meter. Men även vibrationer från installationer (hissar, rulltrappor, fläktar), vibrationer från flygande/landande helikopter, gångtrafik på bjälklag eller AGV (Automated Guided Vehicle) kan vara styrande för utformningen av byggnadsstomme och planlösningar för byggnader som hyser vibrationskänslig medicinsk utrustning.

Exempelvis MR-kameror kan dessutom störa annan känslig medicinsk utrustning och verksamhet p.g.a. att maskinerna väger flera ton och själva alstrar ljud och vibrationer.

Vid planering av vårdbyggnad med vibrationskänslig medicinsk utrustning bör följande riktlinjer följas:

- Identifiera gällande vibrationskrav
- Mät vibrationsnivåer i mark eller befintlig byggnad från aktuella störkällor som exempelvis tunnelbana
- Dimensionera stommen med hänsyn till vibrationer från gångtrafik, slag i dörrar mm. Placera huvudkorridorer för gångtrafik separat från korridorer närmast vibrationskänslig utrustning. Korridorer bör placeras nära pelarrader eller annan bärande byggdel.

- Flexibilitet. Dimensionera stommen och planera utrymmen för framtida tillkommande vibrationskänslig utrustning så att man på ett enkelt sätt kan möta nya behov, utan kostnadsdrivande ingrepp i byggnaden.
- Placera vibrationskänslig utrustning så långt bort från storkällor som möjligt. För avvibrering av vibrationskänslig tung utrustning är placering på bottenplatta fördelaktigt, jämfört med en placering på mellanbjälklag.
- Alla installationer med rörliga eller roterande delar bör monteras vibrationsisolerat från byggnadsstommen
- Undvik diskontinuiteter i golv eller vägar som exempelvis fogar/skarvar mellan golvbeläggningar, avvattningsrännor eller potthål för att minimera vibrationsalstring från rullande fordon.
- Avloppsrör, rörpostsystem etcetera ska monteras vibrationsisolerat från stommen.

Innehållsförteckning

1 Bakgrund och uppdragsbeskrivning	7
1.1 Bakgrund	7
2 Underlag och styrande dokument	9
3 Bedömningsgrund stomljud och vibrationer - nybyggnation vårdlokaler	9
3.1 Stomljud.....	9
3.2 Trafikförvaltningens riktlinjer för buller och vibrationer.....	11
3.2.1 Stomljud från tunnelbana	11
3.2.2 Vibrationer från spår – befintlig miljö	11
3.3 Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser NFS 2004:15	12
3.4 Vibrationer	14
4 Planförslaget	17
5 Vibrationskänslig vårdverksamhet och vårdrelaterad utrustning	17
6 Betydande storkällor inom eller i närheten av planområdet och dess konsekvenser för förslaget	18
6.1 Tunnelbana.....	19
6.2 Vägtrafik	20
6.3 Godsmottagning	20
6.4 Vibrationer från bygg och anläggning.....	20
6.5 Sjukhusets utrustning och tekniska installationer	21
6.6 Gångvibrationer	21
6.7 Helikopter	22
7 Geotekniska markförhållanden.....	23
8 Generella riktlinjer i planeringen	24
9 Hantering av stomljud och vibrationer från bygg- och anläggningsarbeten.....	25

9.1 Bedömningsgrund/krav	25
9.2 Åtgärder	25
9.3 Krav på entreprenörer	26
9.4 Information.....	26
9.5 Skador på byggnader.....	27
10 Slutsats	27

1 Bakgrund och uppdragsbeskrivning

1.1 Bakgrund

Danderyds sjukhus är ett av de större akutsjukhusen i Sverige och norra Europas största förlossningssjukhus. Sjukhuset ligger i sydvästra Danderyd strax söder om Mörby centrum och Kevinge strand. Här bedrivs specialiserad akut och planerad sjukvård av hög kvalitet.

Sjukhuset bedöms av Region Stockholm som mycket viktigt även i framtiden. Region Stockholm ansvarar för hälso- och sjukvård, kollektivtrafik, och regional utveckling i Stockholms län. Inom hälso- och sjukvården ska regionen ansvara för att invånarna får den vård de behöver. Locum förvaltar, utvecklar och bygger vårdfastigheter och är en del av Region Stockholm.

Som utgångspunkt och grund för arbetet med detaljplanen ligger den fastighetsutvecklingsplan som Region Stockholm, genom Locum AB, tagit fram och som fastställdes år 2021. Syftet med fastighetsutvecklingsplaner är att säkerställa den långsiktiga planeringen inom Region Stockholms strategiska fastigheter. Planerna beskriver förvaltningsföresättningar och utgör utgångspunkt för planering av enskilda objekt. Deltagare i fastighetsutvecklingsplanen för Danderyds sjukhus var bland annat Hälso- och sjukvårdsförvaltningen, Danderyds sjukhus, Stockholms läns sjukvårdsområde och Karolinska Universitetslaboratoriet. Fastighetsutvecklingsplanen förankrades i samråd med kommunen under framtagandet.

För området gäller idag stadsplan S99 från 1969, vilken ändrades 2014 i syfte att göra överskriden byggrätt planerlig och ytterligare utöka byggrätten så att en ny akutvårdsbyggnad skulle kunna medges. Detaljplanens byggrätt ändrades till att medge att 20 procent av marken får bebyggas. Den gällande planen är i dagsläget fullt utnyttjad vad gäller byggrätten. En fortsatt utveckling av Danderyds sjukhus kräver en ny detaljplan som framtida bygglov prövas mot.

Den 3 maj 2022 lämnade Locum in en ansökan om planändring för att kunna utveckla Danderyds sjukhus i enlighet med fastighetsutvecklingsplanens intentioner. Med nya planmässiga föresättningar vill Locum säkerställa robusta försörjningssystem och utveckla lokaler för dagens och framtidens vårdbehov.

Som ett första steg fick i juni 2022 kommunledningskontoret i uppdrag av kommunstyrelsen att ta fram ett planprogram med syfte att översiktligt

utreda en långsiktig, samordnad utveckling av sjukhusområdet och sin omgivning. Den 29 januari 2024 beslutade kommunstyrelsen att anta planprogrammet för Danderyds sjukhus, och samtidigt togs beslut att påbörja detaljplanearbetet för sjukhuset.

Planområdet avgränsas till sjukhusets fastigheter, Sjukhuset 5 och Sjukhuset 6.

Detaljplaneprocessen ska pröva omfattning, placering och utformning av nya vårdbyggnader. Inom sjukhusfastigheten planeras även för en ny infartsväg, utveckling av sjukhusparken samt av entrézonen mot Mörbygårdsvägen.

För att kunna se till att den vård som bedrivs kan utföras säkert och effektivt oavsett störning, det vill säga olyckor, kriser eller krig, behöver sjukhusbyggnader och deras fastighetstekniska system vara robusta. Planförslaget tar stöd i dokumentet "Den robusta sjukhusbyggnaden", Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2021 för att skapa förutsättningar för att planera, projektera, bygga och förvalta sjukhusets driftssäkerhet.

Tyréns, som underkonsult till &Rundquist har anlitats av Locum för att utreda frågor kopplade till stomljud och vibrationer.

2 Underlag och styrande dokument

Underlag för utredningen listas i tabellen nedan.

Tabell 1 Underlag och styrande dokument.

Dokumentnamn	filnamn	Daterad
Danderyds sjukhus Kravspecifikation på ny helikopterflygplats, LOC 2020- 0669	DAN500302-202111019-12525.	2020-12-17 Rev 2021-04-22
Danderyds sjukhus, By 61 Helikopterflygplats	Bilaga till Kravspecifikation Helikopterflygplats 2021-04-22-1 signerad LS	2020-12-17 Rev 2021-04-22
Planförslag	arbetsmaterial	2024-05-17
Projektavtal Bilaga 2 krav avseende anläggningen 2c – tekniska krav. 6 Ljud och vibrationer Nya Karolinska Solna	P_Bilaga _02_2C_kap6	-
Svensk standard SS25268:2023	Byggnadsakustik – Ljudkrav för utrymmen i byggnader – Vårdlokaler, undervisningslokaler, förskolor och fritidshem, kontor, hotell och restauranger	2023-12-04
Bilaga B Riktlinjer för akustikkrav	Bilaga B akustiska-losningar.pdf	2015-06-12
Riktlinjer för akustikkrav i vårdlokaler	Akustikriktlinjer-pts.pdf	2015-06-12
Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser NFS 2004:15	nfs2004_15.pdf	2004-12-22
Trafikförvaltningens Riktlinjer Buller och Vibrationer RiBuller revisionsnummer 12	Diarienummer TN 2023-0060. Dokument-ID SL-S-419701	Fastställt datum 2024-01- 09
TDOK 2014:1021	Trafikverket - Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg.	Dokumentdatum 2024-05- 15

3 Bedömningsgrund stomljud och vibrationer - nybyggnation vårdlokaler

3.1 Stomljud

Stomljud avser vibrationer som fortplantas i byggnadsstommen och strålar ut som ljud i angränsande utrymmen. Vibrationerna orsakas t.ex. av maskiner och verksamheter såväl inom byggnaden som utanför.

Boverkets byggregler eller Svensk standard anger inga specifika krav på stomljud/vibrationer. Det finns i dagsläget inte något krav som skiljer mellan luftburet och stomburet ljud. Stomljud upplevs dock som mycket störande, särskilt om det sammanfaller med kännbara vibrationer i byggnadsstommen.

Ett vanligt förhållningssätt är att åtgärder dimensioneras så att stomljudsnivån underskrider installationsbullenkravet med 10 dB vid projektering av byggnader.

Generella ljudkrav i vårdlokaler anges i svensk standard SS25268:2023¹ samt i LOCUMS dokument *Riktlinjer för akustikkrav i vårdlokaler*². LOCUMS riktlinjer motsvarar i stort *grundläggande krav* enligt svensk standard, se Tabell 2.

Grundläggande krav i svensk standard motsvarar Boverkets byggregler och utgör lägsta lagstadgade byggstandard. *Utökade krav* representerar ljudförhållanden som är väsentligt bättre än den lagstadgade nivån och motsvarar tidigare ljudklass A-B. En högre ambitionsnivå för ljudmiljön än grundläggande krav, kan exempelvis vara aktuellt om man vill miljöklassa en byggnad, där miljöklassningssystemet ofta har egna krav på ljudmiljön. Eller för att befintlig verksamhet uttrycker behov av en miljö med högre akustisk komfort.

Tabell 2 Krav ur Svensk standard SS25268:2023 grundläggande krav avseende installationsbuller i vårdlokaler.

Utrymmesfunktion	Exempel på rumsbeteckning	Krav
10a. Särskilda krav på störfrihet och dämpad ljudmiljö	Patientrum, vårdrum, föreläsningssal, samlingssal, aula, vilrum för personal	L _{Aeq} = 30 dB L _{Ceq} = 50 dB
10b. Vissa krav på störfrihet och behov av taluppfattbarhet	Kontor, expedition, konferensrum, mötesrum, reception, kontorslandskap, behandlingsrum, kurator, psykolog, bibliotek, avdelningskorridor	L _{Aeq} = 35 dB L _{Ceq} = 55 dB
10c. Inga krav på störfrihet men med behov av taluppfattbarhet	Matsal, uppehållsrum, träningslokal, cafeteria, korridor, bassängrum	L _{Aeq} = 40 dB
10d. Inga krav på störfrihet eller taluppfattbarhet	Förbindelsestråk mellan avdelningar, hisshall, trapphus, kapprum, entré, omklädningsrum, WC, dusch, kopiering	L _{Aeq} = 45 dB
För <i>utökade krav</i> (tidigare ljudklass A-B) gäller dessutom att:		
- Kravvärde för kategori 10a ändras till L_{Aeq} = 25 dB och L_{Ceq} 45 dB - Kravvärde för kategori 10c ändras till L_{Aeq} = 35 dB och L_{Ceq} 55 dB		

Vidare anger svensk standard SS 25268:2023 följande avseende installationsbuller i vårdlokaler:

För ljudkällor med tydligt hörbara variationer, impulser eller toner ska kravvärde för högsta A-vägd ekvivalent ljudnivå sänkas med 5 dB. A-vägd maximal ljudnivå från mer än tillfälliga ljudhändelser tillåts inte överskrida tabellvärdet för A-vägd ekvivalent ljudnivå med mer än 5 dB.

¹ SS25268:2023 Byggnadsakustik – ljudkrav för utrymmen i byggnader-Vårdlokaler, undervisningslokaler, förskolor och fritidshem, kontor, hotell och restauranger

² Riktlinjer för akustikkrav i vårdlokaler, LOCUM 2015-06-12

Stomljud från bygg- och anläggningsarbeten faller under kategorin byggbuller vilket regleras av *Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser* (NFS 2004:15). Se avsnitt 3.3 .

Stomljud från tunnelbanan är kravställd i trafikförvaltningens riktlinjer för buller och vibrationer³, se avsnitt 3.2 .

3.2 Trafikförvaltningens riktlinjer för buller och vibrationer

3.2.1 Stomljud från tunnelbana

Ur Ribuller³, avsnitt 4.4:

I vårdlokaler ska maximal stomljuds nivå med tidsvägning "FAST" ej överskrida 45 dBA vid tågpassage, vid nyanläggning av spårväg.

I lokaler med utrymme för sömn och vila gäller maximal stomljuds nivå 32 dBA FAST vid tågpassage, vid nyanläggning av spårväg.

Vid projektering av ny anläggning ska projektet tillämpa en marginal till rådande stomljudsriktvärde med 5 dB(A)-enheter. Hänsyn ska tas till vad som är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt.

I fall där luftljudet är högre än stomljudet bör trafikförvaltningen ej tillåta högre stomljud.

Högsta sammanvägda ljudnivå, från flera ljudkällor alternativt från en kombination av stom- och luftljud från samma ljudkälla, bör uppfylla kraven i SS 25268. Butiker bör bedömas enligt relevanta krav från det kapitel och tabeller som avser kontorslokaler, hotell och restauranger.

3.2.2 Vibrationer från spår – befintlig miljö

Vid nybyggnad och väsentlig ombyggnad av spårinfrastruktur ska projektet ej överskrida riktvärden för maximal komfortvägd vibrationsnivå i TDOK 2014:1021⁴ avseende vårdlokaler.

Enligt TDOK 2014:1021 ska maximal vibrationsnivå vägd RMS i vårdlokaler inte överskrida 0,4 mm/s.

³ Riktlinjer Buller och Vibrationer RiBuller revisionsnummer 12 Diarienummer TN 2023-0060. Dokument-ID SL-S-419701 Fastställt datum 2024-01-09

⁴ TDOK 2014:1021 Trafikverket - Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg. Dokumentdatum 2024-05-15

Enligt RiBuller ska komfortvägd vibrationsnivå i kontor för tyst verksamhet inte överskrida 0,4 mm/s. Kravet bedöms kunna vara tillämplbart i vissa typer av vårdlokaler. *Observera att medicinsk utrustning kan ha betydligt skarpare krav.*

3.3 Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser NFS 2004:15

Dessa allmänna råd omfattar Naturvårdsverkets ansvarsområde som tillsynsvägledande myndighet vad gäller miljöbalkens tillämpning. Råden är avsedda att ge vägledning om skyddsåtgärder, begränsningar och försiktighetsmått vad gäller störning av buller från områden där bullrande bygg- och anläggningsverksamhet pågår.

Verksamhetsutövaren för en byggplats bör genom bullerberäkningar eller bullermätningar samt omgivningskartläggning ta fram underlag för bedömning av störningspåverkan för omgivningen. Bullermätningar bör genomföras för att kontrollera ljudnivåer i omgivningen från byggplatsen.

Följande riktvärden, se Tabell 3, bör tillämpas vid bedömning av bullerbegränsning vid byggplatser. Värdena för ekvivalent ljudnivå (L_{Aeq}) är angivna som frifältsvärden under dag, kväll respektive natt. För permanentbostäder, fritidshus och vårdlokaler anges även ett värde för maximal ljudnivå (tidsvägning; Fast) (L_{AFmax}) nattetid under tiden 22-07.

Med arbetslokaler menas lokaler för ej bullrande verksamhet med krav på stadigvarande koncentration eller behov att kunna föra samtal obesvärat, exempelvis kontor.

Tabell 3 Naturvårdsverkets riktvärden för byggbuller.

Område	Helgfri måndag-fredag		Lördag, söndag och helgdag		Samtliga dagar	
	Dag 07-19 LAeq [dBA]	Kväll 19-22 LAeq [dBA]	Dag 07-19 LAeq [dBA]	Kväll 19-22 LAeq [dBA]	Natt 22-07 LAeq [dBA]	LAFmax [dBA]
Vårdlokaler utomhus vid fasad	60	50	50	45	45	-
Inomhus	45	35	35	30	30	45
Undervisningslokaler utomhus vid fasad	60	-	-	-	-	-
Inomhus	40	-	-	-	-	-
Arbetslokaler för tyst verksamhet – utomhus vid fasad	70	-	-	-	-	-
Inomhus	45	-	-	-	-	-

I de fall verksamhet pågår endast del av period bör den ekvivalenta ljudnivån beräknas för den tid under vilken verksamheten pågår - t.ex. under en sekvens/cykel för byggaktiviteter med intermittent buller (pålning, spontning, borring etc). För verksamhet med begränsad varaktighet, högst två månader, t ex spontning och pålning, bör 5 dBA högre värden kunna tillåtas. Vid enstaka kortvariga händelser, högst 5 minuter per timme, bör upp till 10 dBA högre nivåer kunna accepteras. Detta bör dock inte gälla kvälls- och nattetid. I de fall verksamheten är av begränsad art och även innehåller kortvariga händelser bör höjningen av riktvärdet få uppgå till sammanlagt högst 10 dBA.

Om riktvärdena för buller utomhus inte kan innehållas med tekniskt möjliga och/eller ekonomiska rimliga åtgärder bör målsättningen vara att åtminstone riktvärdena för buller inomhus kan innehållas. I det fall riktvärden för buller utomhus kan innehållas behöver man normalt inte kontrollera riktvärdena för buller inomhus då normal fasadisolering bör innebära att dessa bullerriktvärden kan innehållas. Buller från trafik till och från byggplatsen bör bedömas efter de riktvärden som gäller för trafikbuller. Trafik inom byggplatsen bör bedömas som byggbuller. Bindande bestämmelser för byggverksamhet kan finnas i lokala föreskrifter i kommunen med längre gående krav på bullernivåer eller tid då arbetet får bedrivas.

Skyddsåtgärder och försiktighetsmått

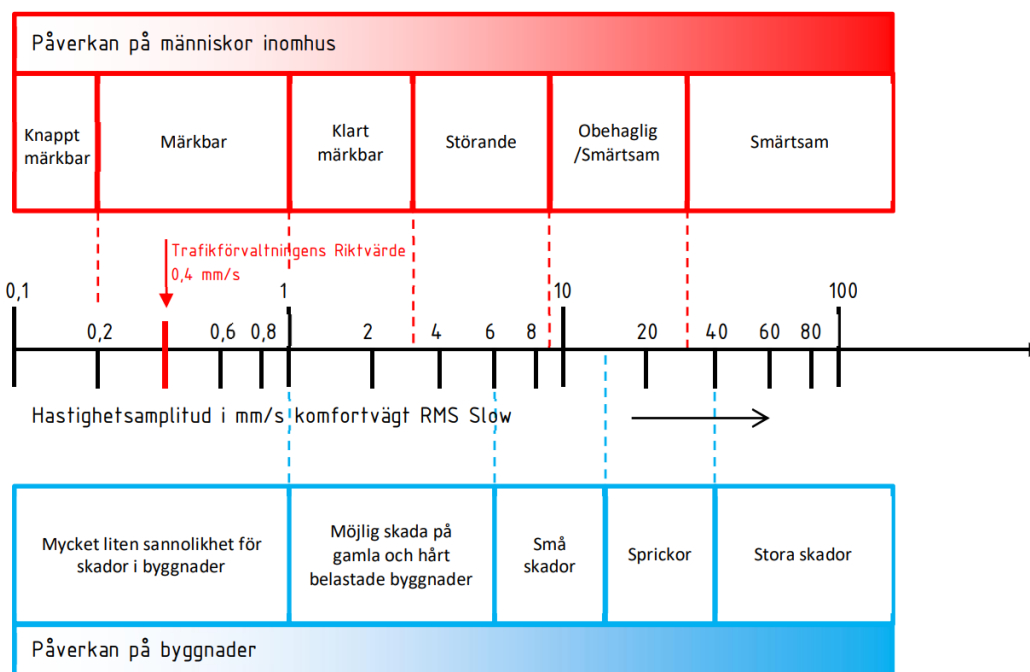
Risk för överskridande av angivna riktvärden för buller bör anses som ett skäl att anta att en verksamhet eller åtgärd kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön. Såväl åtgärder på arbetsmaskiner/redskap som vad avser arbetsutformning bör övervägas. Åtgärder vid byggplatsen bör kunna avse anläggande av ljuddämpande skärmar eller vallar. Riktvärden inomhus bör också innebära ett incitament att förbättra fasadisoleringen om detta är nödvändigt. Fasadisolerande åtgärder bör bli viktigare att utföra innan byggstart i samband med t ex trafikinfrastruktur då dessa kan komma att innebära ett permanent buller som ändå kräver fasadisolerande åtgärder. Information till de kringboende bör alltid ske om arbetet förväntas ge högre bullernivåer än vad som angetts i Tabell 3.

Tidsbegränsningar

Byggverksamhet bör planeras så att bullerstörning till omgivningen begränsas genom att verksamheten så långt möjligt förläggs till mindre störningskänslig tid. Då verksamhet under kvällstid, lördagar, söndagar och helgdagar medför större störning i områden med boende bör, förutom att ett lägre riktvärde tillämpas under dessa tider, även en lämplig begränsning av verksamhetstiden gälla.

3.4 Vibrationer

Med vibrationer avses vågor som fortplantar sig i fasta material, exempelvis mark och byggnader. Lågfrekventa vibrationer (<100 Hz) uppfattas som skakningar och benämns komfortvibrationer medan vibrationer med högre frekvenser (>100 Hz) inte känns men omvandlas till hörbart ljud (s.k. stomljud). Vibrationer upplevs ofta som väldigt störande och kan ge upplevelser av åksjuka och illamående. Föremål kan trilla ner från hyllor och röntgenapparaters bilder kan bli suddiga. Om riktvärdet för komfortvibrationer klaras kan risken för vibrationsskador på byggnader oftast uteslutas. Se Figur 1 för vibrationers påverkan på människor och byggnader. Som referens är Trafikförvaltningens riktvärde för stomljud i bostäder (från spårtrafik) 0,4 mm/s.



Figur 1 vibrationers påverkan på människor och byggnader. Gränserna ska tolkas som ungefärliga. Känsligheten för vibrationer varierar från person till person och människor i en vårdssituation måste antas vara mer känsliga än genomsnittet. Risken för skador på byggnader ligger generellt över gränsen för när de kan uppfattas av människor. Observera att vibrationskänslig teknisk utrustning generellt har mycket skarpare krav på vibrationer.

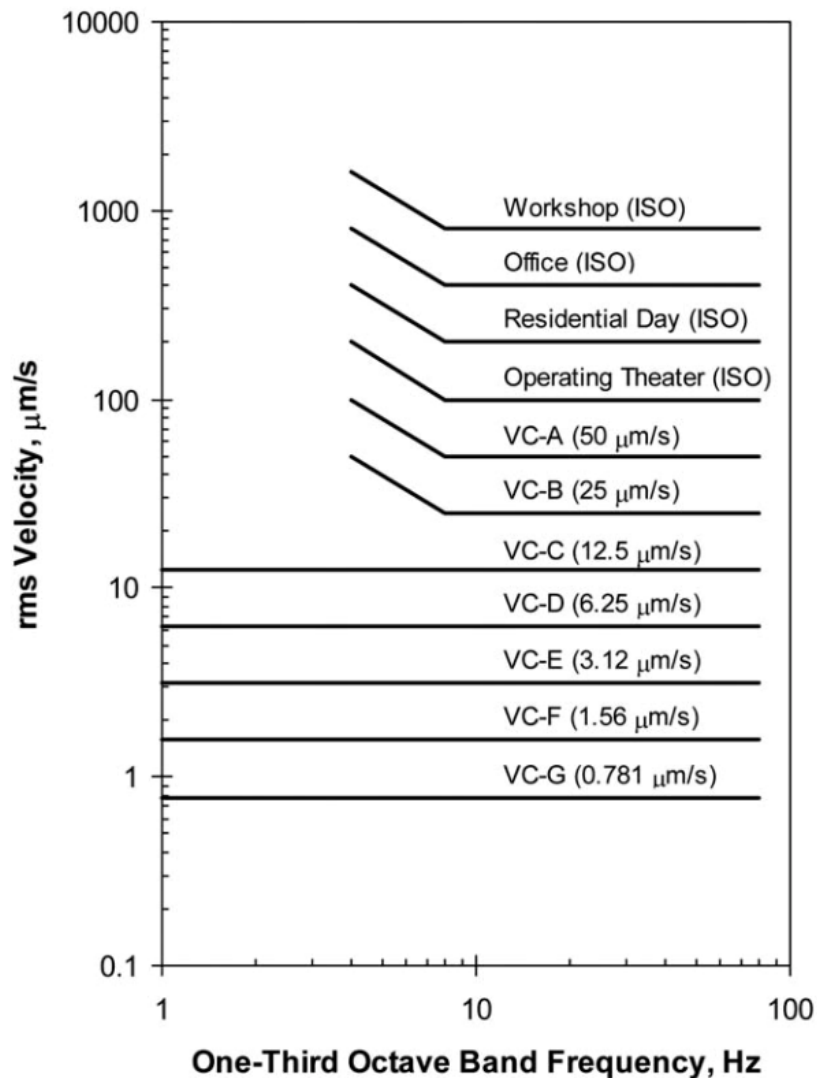
Vibrationskänslig utrustning behöver detaljstuderas i projekteringen avseende krav på högsta vibrationsnivåer. Bjälklagens och övriga stommens uppbyggnad, spännvidder mm är styrande för stommens motståndskraft mot vibrationer. Kravnivå skiljer mellan tillverkare och typ av utrustning.

I Figur 2 anges generiska kravnivåer för olika typer av verksamheter avseende högsta vibrationshastighet. Bland annat operationssalar och kontorsutrymmen för koncentrerat arbete.

Följande standarder är relevanta för fortsatt utredning av vibrationer:

SS 4604861 Vibration och stöt - Mätning och vägledning för bedömning av komfort i byggnader

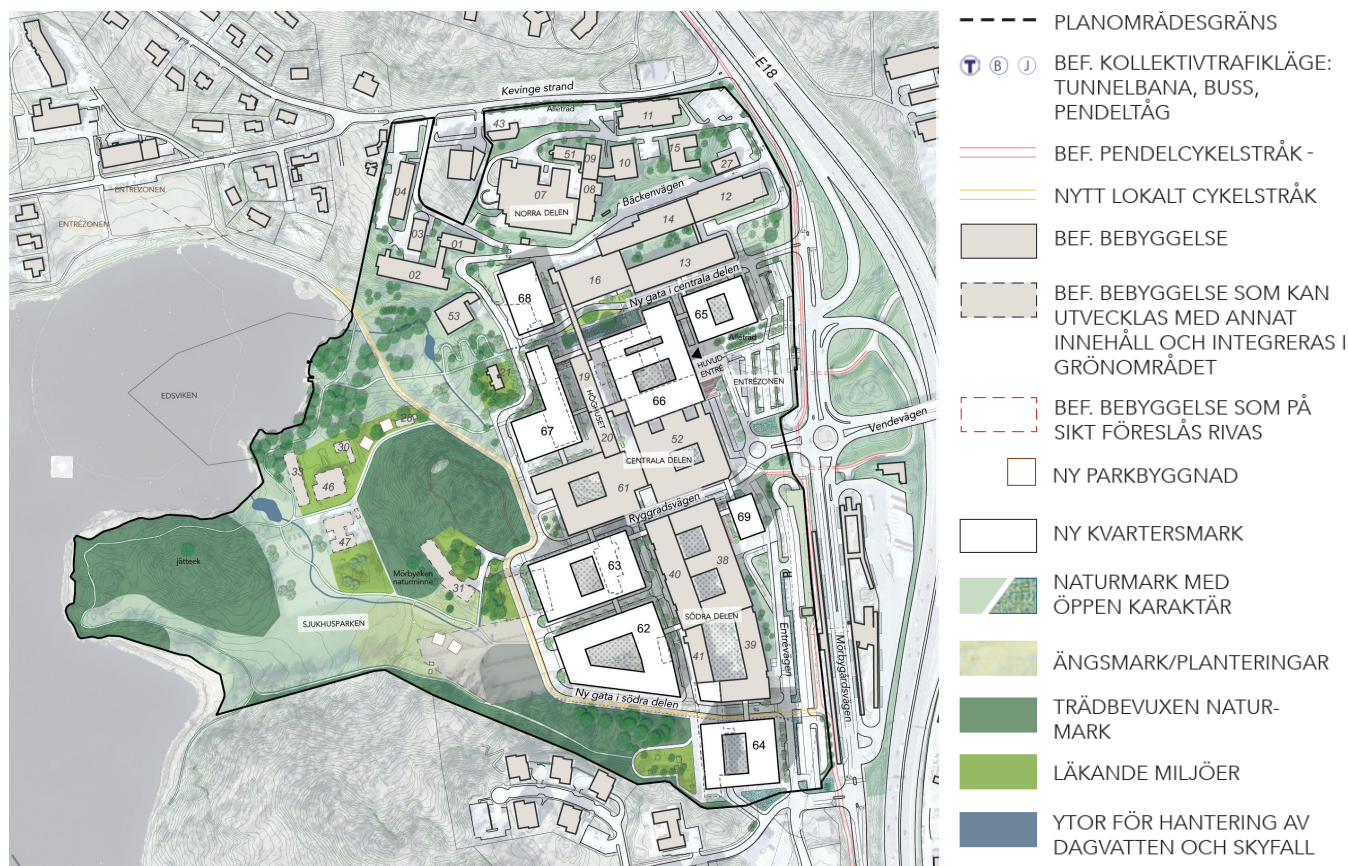
SS-ISO 10137 Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk - Byggnaders samt gång- och cykelbroars brukbarhet med hänsyn till svängningar och vibrationer



Figur 2 Generic vibration criteria, IEST (2005).

4 Planförslaget

I figuren nedan visas planförslaget.



Figur 3 Illustrationsplan

5 Vibrationskänslig vårdverksamhet och vårdrelaterad utrustning

Nedan listas exempel på utrustning som är känslig för vibrationer och därför bör placeras långt från störkällor vid utformning av planlösningar, samt kräver detaljstudier i senare skede:

- MR - magnetic resonance
- CT - computed tomography
- PET - positronemissionstomografi
- TEM - transmissionselektronmikroskop
- SEM - svepelektronmikroskop
- LSM - laserscanmikroskop

- Operationsmikroskåp

- MEG - Magnetoencephalography, neurodetektor
- Servrar (se vibrationskurva VC-A i Figur 2)

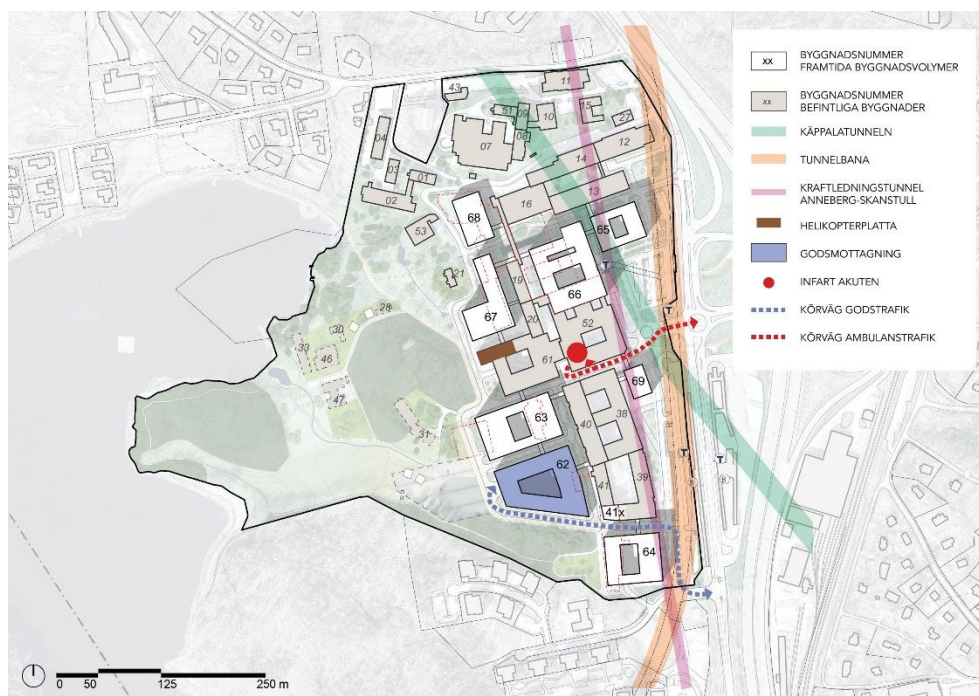
Viss utrustning är även känslig för höga ljudnivåer från exempelvis förbiflygande/landande helikopter samt magnetröntgenutrustning.

Exempel på vibrationskänslig vårdverksamhet:

- Operation
- Bild/funktion
- Koncentrerat arbete
- Utrymme för sömn/vila

6 Betydande störkällor inom eller i närheten av planområdet och dess konsekvenser för förslaget

Figuren nedan visar infrastruktur, som kan utgöra risker för stömljud/vibrationer inom planområdet. Respektive störkälla kommenteras i kommande avsnitt.



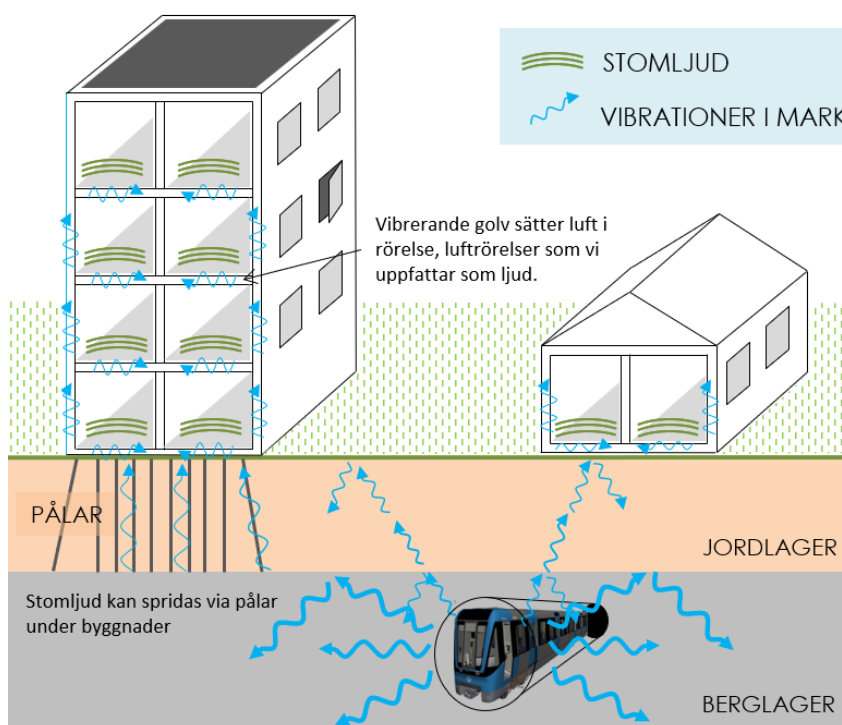
Figur 4 Orienteringsfigur potentiella källor till stömljud/vibrationer inom planförslaget.

6.1 Tunnelbana

Tunnelbanan och dess installationer kan ge upphov till stomljud i byggnader inom planområdet. Hur vibrationer från tågtrafik i tunnel sprids till omgivningen redovisas schematiskt i Figur 5 nedan.

Vibrationsnivåernas intensitet i en byggnad, från tågpassage, är beroende av en rad faktorer där de med störst påverkan är avståndet mellan byggnad och tunnel, geotekniska förutsättningar, vilka krav på vibrationer som ställs för verksamheten i den aktuella byggnaden, tågspårens grundläggning och skick, tågens hastighet samt byggnadernas grundläggning och konstruktion. Tunnelbanan går relativt ytligt i tunnel den aktuella sträckan under sjukhuset.

Mätning av vibrationer i mark eller fast struktur från tågpassage bör göras inför den fortsatta planeringen av sjukhuset. Mest utsatt är byggnader direkt ovan tunnelbanan d.v.s. byggnad 65 - 66. Riskområdet för vibrationer och stomljud från tågtrafiken bedöms kunna vara ca 200 meter. Byggnader med vibrationskänslig utrustning belägna inom 200 meter från tunnelbanan befinner sig i riskzonen för potentiell störning vilket motiverar vidare utredning i den fortsatta planeringen. Mätningar i mark/byggnad bör utföras i tidigt skede.



Figur 5 Schematisk beskrivning av hur vibrationer från tågpassage sprids till omgivningen.

6.2 Vägtrafik

Tung trafik exempelvis lastbilar och bussar kan ge upphov till vibrationer om vägbanan är ojämn exempelvis har farthinder. Garagedfart med skarvar eller avvattningsrännor kan alstra vibrationer, rännor bör placeras snett relativt körriktningen. Hastigheten inom sjukhusområdet är begränsad till 30 km/h utom för ambulanser som kör fortare.

Tung trafik går huvudsakligen till/från godsmottagning i byggnad 62.

6.3 Godsmottagning

Transporter med tunga fordon (se Figur 4) är potentiella källor till vibrationer beroende på vägbanans jämnhet och fordonets hastighet. Lastning/lossning av gods vid lastkaj kan också avge stomljud/vibrationer. Vibrationsdämpande åtgärder kan krävas vid utformningen av godsmottagningen.

Närmaste bostäder beräknas ligga 100 m bort det innebär att det inte föreligger risk att lastkajen ger upphov till störande stomljud eller vibrationer i bostäderna.

6.4 Vibrationer från bygg och anläggning

Stomljud och vibrationer kan vara relevant både från sjukhusets egna byggprojekt och eventuellt rivningsarbete, samt från anläggning av infrastrukturprojekt i närheten exempelvis tunnelbanans röda linje, kraftledningstunnel Anneberg-Skanstull samt Käppalatunneln (avlopp).

Det finns vissa osäkerheter kring Käppalatunnelns djup under marknivå, men den bedöms ligga ca 20 meter under mark. Beroende på tunnelns läge i förhållande till planerade nya sjukhusbyggnader samt hur långt byggprocessen kommit krävs en riskanalys avseende vibrationer inför projekteringen av sjukhusbyggnaderna.

Elkrafttunneln bedöms ligga 50-100 meter under mark. Även byggnationen av denna tunnel och eventuellt dess installationer bör utredas avseende stomljud/vibrationer till omgivningen.

Mest vibrationsalstrande byggmoment bedöms vara: pålning, spontning, sprängning, bilning, packning, vibrering samt tunga transporter som kör på ojämna vägar. Hur stor den slutliga risken för stomljud/vibrationer blir, bedöms utifrån bland annat avståndet från den plats där vibrationskritiska aktiviteter pågår till byggnader samt lokala geotekniska förhållanden.

Detaljerad utredning av markens sammansättning krävs i senare skede inför projektering av mest vibrationskänslig utrustning/verksamhet.

6.5 Sjukhusets utrustning och tekniska installationer

Exempel på installationer som kan avge stomljud/vibrationer:

- Fläktrum, UC, storkök, reservkraftverk, rörpost, sopsug, tvättstört
- AGV (automated guided vehicle)
- Hissar, rulltrappor
- Exempelvis MR-kameror avger vibrationer och höga ljudnivåer till omgivningen.

Tekniska installationer kan behöva vibrationsdämpande infästning/uppställning för att undvika spridning av vibrationer/stomljud till omgivningen. I mest kritiska fall kan utrustning behövas monteras på betongplatta på berg som är separerad från övriga stommen.

Utrymmen med vibrationskänslig utrustning/verksamhet kan behöva placeras avskilt från korridorer och stråk för AGV. Alstrade vibrationsnivåer är bland annat beroende av fordonets massa, avstånd till mottagaren, hastighet och bjälklagens konstruktion/spännvidd.

Även slag i dörrar och liknande avger stomljud beroende på infästning och byggnadens konstruktion.

6.6 Gångvibrationer

Gångtrafik kan inducera lågfrekventa vibrationer i stommen vid lätta bjälklag och långa spännvidder.

Byggnaders utformning kan behöva anpassas avseende planlösningar samt bjälklagens spännvidder/pelarindelningar/bjälklagstyper för att gångtrafik inte ska överskrida krav för vibrationskänslig utrustning. Detta gäller i exempelvis MR-rum, bild- och funktion, operationssalar mm.

6.7 Helikopter

Landande helikopter (se Figur 4) kan avge vibrationer till byggnadens stomme som sprids vidare. Även luftljudsinducerade vibrationer från landande/förbiflygande helikopter behöver utredas. Enligt beräkningar utförda av WSP beräknas de maximala bullernivåerna att överskrida 85 dBA på större delen av sjukhusområdet. Ytor på upp till cirka 100 meter från helikopterflygplatsen beräknas få ljudnivåer över 90 dBA.

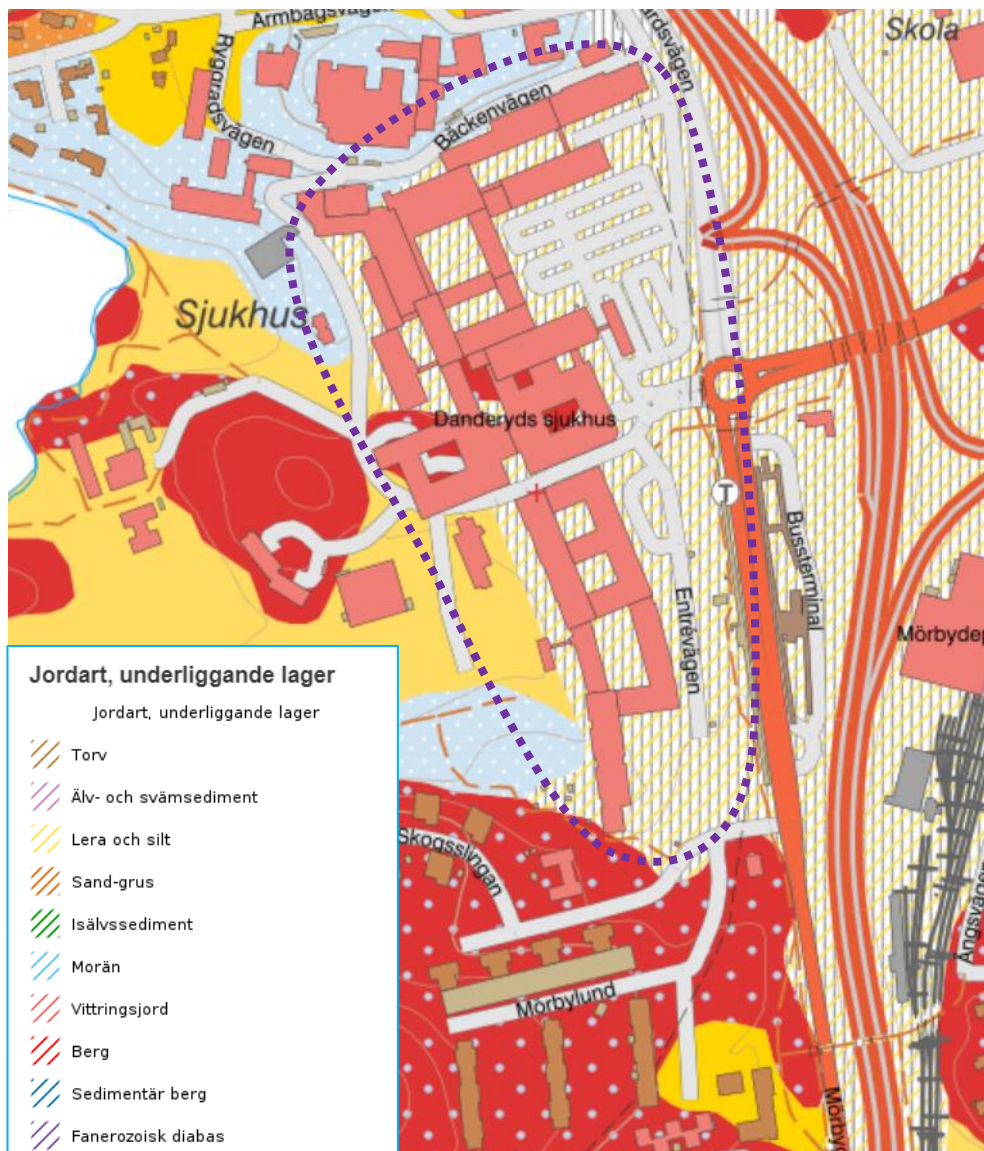
Vibrationer alstrade av höga ljudnivåer från helikoptern behöver utredas, beroende på verksamhetens krav. Luftljud från helikopter kan också få konsekvenser för krav på fasad/fönsters ljudisolerande förmåga.

Antalet flygrörelser beräknas uppgå till ca 1 250 per år.
Helikopterflygplatsen ska vara i bruk dygnet runt året runt.

7 Geotekniska markförhållanden

De geotekniska förhållandena är en viktig parameter för hur vibrationer i mark fortplantas. Marksammansättningen varierar mellan fast mark (berg) och icke fast mark med bergdjup 5-10 meter enligt den geotekniska nulägesanalysen. Lera har i stora delar ersatts med fyllnadsmassor inom sjukhusområdet. Se även jordartskarta från SGU nedan.

Lera och icke fast mark har större benägenhet att sprida vibrationer, men dämpar inom det hörbara frekvensområdet vilket påtagligt minskar risken för stomljud. Berg innebär gynnsammare förutsättningar för spridning av stomljud än vibrationer.



Figur 6 Lera och silt - postglacial lera dominerar inom utredningsområdet.

8 Generella riktlinjer i planeringen

Medicinsk utrustning kan ha krav på högsta vibrationsnivåer som blir dimensionerande för utrustningens placering inom planområdet samt för den byggtekniska utformningen. Krav på högsta vibrationsnivåer varierar kraftigt mellan olika typer av utrustning samt mellan olika tillverkare. Frågor kopplade till vibrationer behöver utredas i projekteringen när byggnadens placering och typ av utrustning är känt.

Generellt bedöms operationssalar samt *bild och funktion* vara mest känsligt. (*Bild- och funktionsmedicin innefattar användning av avancerad medicinteknisk utrustning för att undersöka människokroppen*)

Ovan godsmottagningen i byggnad 62 planeras för vårdlokaler. Godsmottagningen bör utformas så att buller och vibrationer till omgivningen minimeras. Ju skarpare krav i vårdlokalerna desto kostsammare byggtekniska åtgärder kan krävas.

Riskavstånd från tunnelbana till byggnader med vibrationskänslig utrustning är ca 200 meter. Det innebär att vibrationsnivåer i mark/byggnad behöver utredas i projekteringen om känslig utrustning planeras inom 200 meter från tunnelbanan. Mätning av vibrationer i mark/byggnad bör utföras.

Vibrationer från installationer (hissar, rulltrappor, fläktar), luftljudsinducerade vibrationer från helikopter eller vibrationer från landning, gångtrafik på bjälklag eller AGV (Automated Guided Vehicle) kan vara styrande för utformningen av byggnadsstomme och planlösningar för byggnader som hyser vibrationskänslig medicinsk utrustning.

Exempelvis MR-kameror kan dessutom störa annan känslig medicinsk utrustning och verksamhet p.g.a. att maskinerna väger flera ton och själva alstrar höga ljudnivåer och vibrationer.

Vid planering av vårdbyggnad med vibrationskänslig medicinsk utrustning bör följande riktlinjer följas:

- Identifiera gällande vibrationskrav
- Mät vibrationsnivåer i mark eller befintlig byggnad från aktuella storkällor som exempelvis tunnelbana
- Dimensionera stommen med hänsyn till vibrationer från gångtrafik, slag i dörrar mm. Placera huvudkorridorer för gångtrafik separat från korridorer närmast den vibrationskänsliga utrustningen. Korridorer bör placeras nära pelarrader eller annan bärande byggdel.
- Flexibilitet. Dimensionera stommen och planera utrymmen för framtida tillkommande vibrationskänslig utrustning så att man på ett

enkelt sätt kan möta nya behov, utan kostnadsdrivande ingrepp i byggnaden.

- Placera vibrationskänslig utrustning så långt bort från störkällor som möjligt. För avvibrering av vibrationskänslig tung utrustning är placering på bottenplatta fördelaktigt, jämfört med en placering på mellanbjälklag. De mest känsliga typerna av utrustning kan kräva placering på friliggande bottenplatta som pålas till berg.
- Alla installationer med rörliga eller roterande delar bör monteras vibrationsisolerat från byggnadsstommen
- Undvik diskontinuiteter i golv eller vägar som exempelvis fogar/skarvar mellan golvbeläggningar, avvattningsrännor eller potthål för att minimera vibrationsalstring från rullande fordon.
- Avloppsrör, rörpostsystem etcetera ska monteras vibrationsisolerat från stommen

9 Hantering av stomljud och vibrationer från bygg- och anläggningsarbeten

9.1 Bedömningsgrund/krav

Buller från byggen bedöms enligt Naturvårdsverkets allmänna råd för buller från byggplatser (NFS 2004:15). Dock innefattar inte denna vägledning stomljud/vibrationer och tar heller inte hänsyn till vibrationskänslig utrustning eller särskilt känslig verksamhet.

Inför genomförandet behöver en handlingsplan tas fram som identifierar arbetsmoment som innebär risk för stomljud/vibrationer samt hur det ska hanteras avseende störning av befintlig vårdverksamhet. Planen behöver innefatta tider såväl som gränsvärden för buller och vibrationer från byggverksamheten.

9.2 Åtgärder

Vibrationer från bygg- och anläggningsarbeten är mycket svårt att undvika helt men med åtgärder kan vibrationerna reduceras. Alternativa arbetsmetoder som genererar mindre vibrationer kan väljas och tiden för det utförda arbetet kan styras till tider då verksamheten inte är igång. För verksamheter som bedrivs dygnet runt kan avvägning behöva göras om verksamheten borde flyttas eller stängas ner under tiden för de kraftigt vibrerande arbetena.

9.3 Krav på entreprenörer

Krav bör ställas på entreprenörerna avseende byggverksamhetens drifttider samt nivåer av alstrat buller/vibrationer. Även buller från transporter ska beaktas. Alternativa arbetsmetoder eller särskild utrustning kan krävas. Uppföljning sker lämpligen via akustiska mätningar av buller och vibrationer under byggtiden.

9.4 Information

Information till de berörda är av stor vikt. Acceptansen kan öka genom kännedom om tiden för vibrationsarbetena och vilka åtgärder som vidtagits för att reducera vibrationerna.

Om vårdens verksamhet måste bedrivas parallellt med byggnationen är det viktigt att en plan tas fram i samråd med vårdverksamhetens representanter. Planen bör innefatta när och i vilken omfattning bullrande/vibrerande arbeten ska utföras så att vårdverksamheten kan anpassas. Krav behöver ställas på entreprenörerna att följa angiven tidplan.

Det är viktigt att vårdpersonal har en person att vända sig till med synpunkter samt att det finns en rutin för om bygget akut måste stoppas.

För vårdpersonalen kan det vara mycket värdefullt med en stunds paus från byggets störningar varje dag, exempelvis en timme mitt på dagen.

Det är av stor betydelse att projektledare och annan personal med inblick i byggets fortskridande kommunicerar med verksamheten innan bullrande/vibrerande arbeten påbörjas. Det är viktigt att kommunikationen sker via olika kanaler för att den ska nå ut så effektivt som möjligt till berörd personal.

Exempel på kommunikationskanaler:

- sjukhusets intranät
- intern tidning
- informationsmöten
- direktkontakt från entreprenör/projektledare
- mejl till nyckelpersoner
- planeringsmöten kan hållas inför bullrande arbetsmoment där vården har möjligheten att kravställa de byggarbeten som ska genomföras
- dagliga morgonmöten som går igenom dagens bullrande arbetsmoment.

9.5 Skador på byggnader

Byggnader som ligger i riskzonen bör besiktigas på förhand för att undvika skadeståndskrav för sprickor och liknande som uppkommit innan bygget startade. Risken för skador på byggnader ligger generellt långt över gränsen för när de kan uppfattas av människor, se Figur 1.

10 Slutsats

Konsekvenser för planförslaget avseende stomljud och vibrationer är starkt beroende av en rad faktorer som är okända i detta skede. Vibrationsnivåer från befintliga storkällor bör mätas i mark eller befintlig byggnad som ett första steg i den fortsatta planeringen. Åtgärder och eventuella begränsningar p.g.a. vibrationer beror på verksamhetens krav och krav från tillverkare av eventuell medicinsk utrustning.

Dessa förutsättningar bör klarläggas i tidigt skede inför planering av nya vårdlokaler inom planområdet.