

E4 Förbifart Stockholm

**FSK02
Bergtunnlar**

**PM
Buller från hamnverksamhet
Norra Lovö, Malmviken, Sättra varv
2015-02-17**

BYGGHANDLING

2015-02-17
ON140068

Granskare	Godkänd av	Ort	Datum
Martin Almgren	Henrik Öhrnell	Stockholm	2015-02-17

Objektnamn E4 Förbifart Stockholm
Entreprenadnummer FSK02
Entreprenadnamn Bergtunnlar
Beskrivning 1 PM
Beskrivning 2 Buller från hamnverksamhet
Beskrivning 3 Norra Lovö, Malmviken, Sättra varv
Beskrivning 4 2015-02-17
Status Under bearbetning
Diarienummer
Konstruktionsnummer
Objektnummer 8448590
Projekteringssteg BYGGHANDLING
Statusbenämning
Företag
Författare/Konstruktör Åsa Lindkvist
Externnummer 802301



Innehåll

1	Bakgrund, mål och syfte	3
2	Allmänt buller	3
3	Beräkningsmodell	4
3.1	Osäkerhet	5
3.2	Ljudutbredningsdämpning	5
3.3	Påverkan meteorologi.....	5
4	Ingångsdata för beräkning	7
4.1	Bullrande arbetsmoment	7
4.2	Ljudeffektdata.....	7
5	Norra Lovö	9
5.1	Dom i mål M3342-11	9
5.2	Beräkningsförutsättning	9
5.3	Resultat	9
5.4	Kommentarer	12
6	Malmviken.....	13
6.1	Dom i mål M3343-11	13
6.2	Beräkningsförutsättning	13
6.3	Resultat	13
6.4	Kommentarer	16
7	Sättra Varv	17
7.1	Dom i mål M3345-11	17
7.2	Beräkningsförutsättning	17
7.3	Resultat	17
7.4	Kommentarer	20
8	Bullerskyddsåtgärder	21
8.1	Akustiska nyckeltal	21
8.2	Bullerdämpande metoder som inte utvecklats eller provats tidigare.....	23
9	Kontroll.....	24

1 Bakgrund, mål och syfte

I och med mark och miljödomstolens dom i mål nr M3342-11, M3343-11 och M3345-11, 2014-12-17 har flera olika riskanalyser utförts. Eftersom bullret i domen hanteras såsom begränsningsvärden har en riskanalys med vad det innebär avseende på buller gjorts. I denna PM redovisas beräkningsmodell, beräkningsförutsättningar och indata samt en redovisning av kompletterande beräkningar av ljudnivåer från hamnverksamheten i Norra Lovö, Malmviken och Sättra varv under en lastningscykel. Slutligen kommenteras beräkningarna utifrån mark och miljödomstolens dom samt för Trafikverkets förslag till alternativt villkor med och utan provotid.

2 Allmänt buller

Buller är oönskat ljud. För beskrivning av ljud används ofta ljudnivå i decibel med beteckningen dBA. Indexet "A" anger att ljudets frekvenser har viktats på ett sätt som motsvarar hur det mänskliga örat uppfattar ljud. Detta störningsmått är enkelt att arbeta med och kan direkt mätas med ljudnivåmätare. Decibel är ett logaritmiskt måttetal.

Ekvivalent och maximal ljudnivå

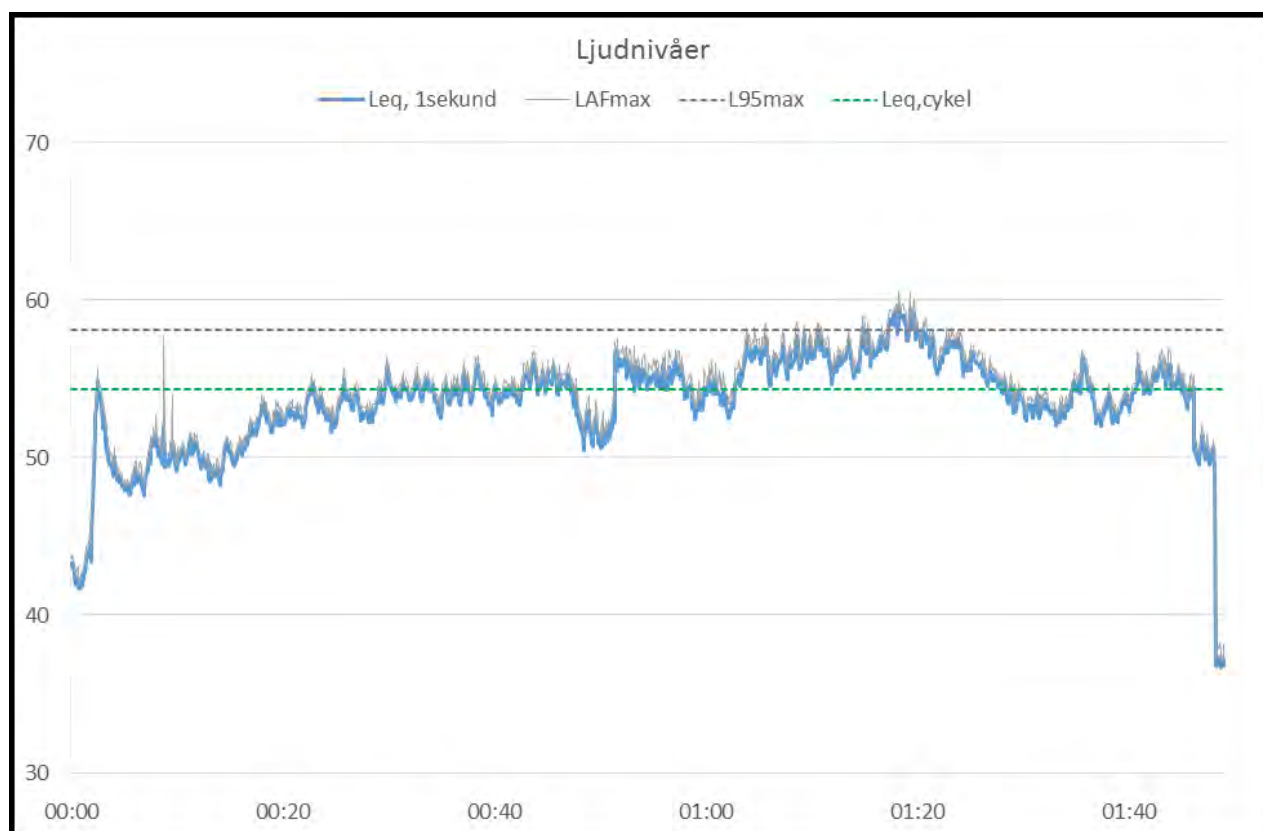
I Sverige används två störningsmått för buller; ekvivalent respektive maximal ljudnivå, se figur 1 nedan. Med ekvivalent ljudnivå avses en form av medelljudnivå under en given tidsperiod. För trafikbuller är tidsperioden i de flesta fall ett dygn. För byggbuller och externt industribuller är den uppdelad i dag, kväll och nattperioder. Aktuella tidsperioder i domen varierar per hamn. Den maximala ljudnivån är den högsta förekommande ljudnivån under exempelvis en fordonspassage.

I domarna i mål nr M3342-11, M3343-11 och M3345-11 anges L₉₅-nivå istället för maximal ljudnivå. Så här står det i en av domarna: **Villkoret bör dock bestämmas som L₉₅-nivå. Med L₉₅-nivå menas att 95 procent av bullerhändelserna ska hålla sig inom angivet värde, beräknat för hela nattperioden.**

Med bullerhändelse menar man en med hörseln tydligt urskiljbar händelse som har en maximal momentan ljudnivå. Olika bullerhändelser kan ha olika maximal ljudnivå. När man mäter och registrerar den momentana ljudnivån ska man vanligtvis använda inställning "Fast" på ljudnivåmätaren. Det är en form av kort medelvärdesbildning under 1/8 sekund, d.v.s. 125 ms.

Det högsta värdet under viss tid, t ex en natt, är den maximala momentana ljudnivån. Förmodligen avser domstolen den gängse definitionen av L₉₅. L₉₅ är den ljudnivå som inte överskrids under 95 % av mättiden under en sådan mätning. 5 % av mättiden överskrids L₉₅-nivån. Överskridandet kan vara stort, bara det totalt inte är längre än 5 % av mättiden. Om natten är kl 22 till 07, dvs 9 timmar, kan nivån överskrida L₉₅-nivån under 27 minuter totalt. Ofta används den omvända definitionen, t ex ISO 1996-2:2007. Den innebär att beteckningen L₅ används för den ljudnivå som överskrids 5% av mättiden. I texten nedan använder vi dock beteckningen L₉₅ definierat som den ljudnivå som inte överskrids under 95% av mättiden.

I figur 1 redovisas ett exempel på en nattmätning med en kortare lastningscykel på 1,5 timme. Den visar ekvivalent ljudnivå över mätperioden samt maximal ljudnivå som maximal momentan ljudnivå samt som L₉₅. L₉₅ är den ljudnivå som inte överskrids under 95 % av mättiden under denna mätning.



Figur 1. Ekvivalent ljudnivå samt maximal ljudnivå som momentan maximal ljudnivå och L95 för en lastningscykel.

Mätningen är ett exempel på lastning av bergmassor och utgör inte underlag för ljudeffektnivån i tabell 1.

I detta exempel är skillnaden mellan maximal momentan ljudnivå och L₉₅ nivå cirka 3 dB och skillnaden mellan L₉₅ och den ekvivalent ljudnivå L_{eq} är ca 5 dB. Skillnaderna kan variera beroende på typ av bullerkälla. För bullerkällor med stora variationer kan skillnaden bli större.

3 Beräkningsmodell

Det finns ingen beräkningsmodell anvisad specifikt för byggbuller. För att kontrollera ljudnivåer utomhus från byggbuller ska man enligt NFS 2004:15 utgå ifrån Naturvårdsverkets rapport 5417 "Metod för immissionsmätning av externt industribuller. I metoden hänvisas till beräkningsmetoden DAL32, som är en gemensam nordisk beräkningsmodell för beräkning av externt industribuller, ("Environmental noise from industrial plants. General prediction method" Lydtekniskt laboratorium, report nr 32, Lyngby, Danmark 1982). Beräkningarna är utförda i oktavband (63-8000 Hz) och avser ett så kallat "medvindfall", dvs. vindriktning från källa till mottagare ($\pm 45^\circ$).

Alla beräkningarna har utförts i beräkningsprogrammet SoundPLAN v7.3 där beräkningsmodellen finns implementerad. Beräkningsmodellen tar hänsyn till terräng, byggnader samt markens reflekterande egenskaper. För vatten- samt etableringsområdet har hård mark antagits, resterande mark är mjuk. Beräkningshöjd är 2m över mark.

3.1 Osäkerhet

Beräkningsmodellen för externt industribuller är väl beprövad och säkerställd. Osäkerheten inom 500 m från källan är 1-3 dB, med de meteorologiska förhållanden som modellen antar, för grupper av bredbandiga ljudkällor. Den högre siffran avser immissionspunkter på ungefär 2 m över marken och den lägre siffran avser mottagarpunkter mer än 5 m över marken. Den totala osäkerheten beror också på noggrannheten i bestämningen av de olika ljudkällornas ljudeffektnivå. I detta fall bedöms noggrannheten för ljudeffektnivån vara +/- 3 dB. Den totala sammanvägda osäkerheten blir +/- 4 dB.

3.2 Ljudutbredningsdämpning

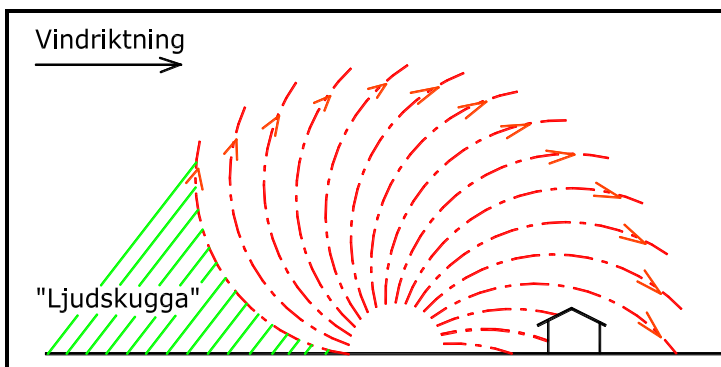
Ljudvågorna från en ljudkälla sprider sig utomhus under inverkan av olika fenomen. Det viktigaste för ljudets dämpning från en ljudkälla med begränsad utsträckning är att ljudet sprids på arean av en sfär. Det innebär att ljudnivån avtar med 6 dB per avståndsdubbling. Om ljudnivån exempelvis är 60 dB på 50 m avstånd, blir den 54 dB på 100 m och 48 dB på 200 m på grund av detta fenomen. Luftabsorption, markdämpning och eventuell skärmning gör att ljudnivån sjunker ännu mer.

Vid beräkningarna har markabsorption för vatten antagits till hård mark, det vill säga ingen markdämpning tillgodoräknas vid ljudutbredning över vatten.

3.3 Påverkan meteorologi

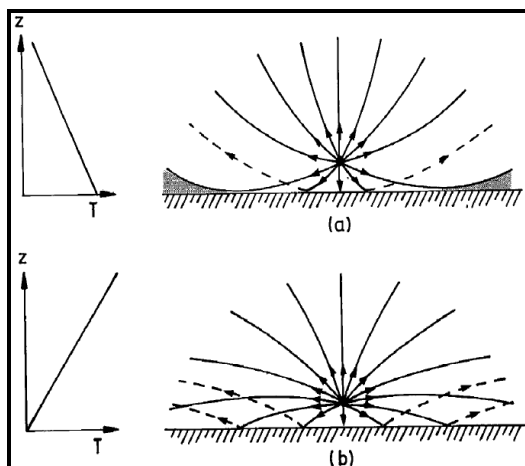
Meteorologins påverkan på ljudnivån varierar.

Beräkningarna utförs enligt beräkningsmodellen i ett medvindsfall på högst 5 m/s. I figur 2 visas en principskiss för ljudutbredningens inverkan av vinden. I beräkningen antas medvindsförhållanden, vilket motsvarar den högra delen av bilden. I ljudskuggan uppströms vinden varierar ljudnivån mycket och i medeltal kan man få upp till 20 dB dämpning jämfört med vindstilla. Nedströms minskar verkan av ljudskärmande hus och bullerskydd genom att ljudvågorna kan slinka över skärmen. Även markdämpningen minskar något på grund av ändrad infallsvinkel för ljudet mot markytan.



Figur 2. Principskiss för ljudutbredning vid inverkan av vind.

Inversion, är ett meteorologiskt fenomen då man har ett luftlager där temperaturen ökar med höjden över marken (vanligtvis sjunker temperaturen med ökad höjd över marken). Vid extrem inversion kan ljudutbredningen ändras från en halvsfärisk utbredning till en mer cylinderformad utbredning. Detta medför att istället för att ljudet avtar med 6 dB per avståndsfördubbling så avtar det bara med 3 dB. På 500 m avstånd från en bullrande verksamhet kan ljudnivån, på grund av detta fenomen, öka med så mycket som 15 dB mot normala förhållanden (SMHI, Väder och Vatten 3/2005, Conny Larsson).”



Figur 3. Principskiss för påverkan av inversion, varm sommardag (a) och kall vinterdag (b). Inversion motsvarar fall (b).

Ljudnivån en kall molnfri vintermorgon med extrem inversion kan vara upp till 15 dB högre på grund av påverkan av inversion. Ljudvågorna böjer då av mot marken och stängs inne under ett lock, vilket påverkar ljudnivån.

Beräkningarna utförs enligt beräkningsmodellen med svag inversion eller medvindsförhållanden. Ljudutbredningsberäkning har ej skett för extrem inversion. Det finns inte heller någon rekommendation från Naturvårdsverket att göra det.

4 Ingångsdata för beräkning

4.1 Bullrande arbetsmoment

För beräkningarna av ljudnivåer från hamnverksamhet har följande arbetsmoment ingått i beräkningarna.

- Lastning av bergmassor
- Transportband
- Vägfärja med 6 lastbilar som kör mellan tunnel och färja. Detta gäller vid Norra Lovö och Sättra varv
- Övrig hamnverksamhet, bakgrundsljud från hamnverksamhet
- Bergkross, gäller vid Norra Lovö och Malmviken.

4.2 Ljudeffektdata

För beräkningarna av ljudnivåer från hamnverksamheten, har indata, enligt tabell 1, från tidigare rapport ON140895, aktbilaga 1. Pärm 1, MKB tillfälliga hamnar, bilaga Bullerutredning, används (markerat i kursiv fetstil). Indata för bergkrossen har tagits från mätning av bergkross som antas likna den som kommer att användas i projektet. Följande spektrum har använts i beräkningarna, dock har ljudnivån i form av A-vägd ljudeffekt använts. Ljudeffekt för ekvivalent samt maximal ljudnivå för vägfärja och lastning av bergmassor har reviderats i de nya beräkningarna, se tabell 1.

Då syftet med denna PM är att studera risker med avseende på begränsningsvärden för buller enligt domarna i mål nr M3342-11, M3343-11 och M3345-11, 2014-12-17 har en genomgång av en rad nya ljudmätningar av lastning av bergmassor utförts. Dessa mätningar visar på en spridning av ljudnivåerna och vid beräkningar i denna PM har ett värde från den övre delen av spridningsintervallet använts. Det är samma indata som har använts för dimensionering av bullerskyddsåtgärder för berörda fastigheter på Malmviken och Kungshatt.

Tabell 1. Ljudeffekt i oktavband per arbetsmoment, samt A-vägd ljudeffekt per bullerkälla.

Ljudeffekt (dB) i oktavband									
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Lw, dBA
Bandtransportör (ljudeffekt / 10m)	90	90	87	87	84	80	78	79	89
Lastning av bergmassor	109	109	108	106	107	110	109	106	115¹⁾
Lastning av bergmassor, Leq	113	113	112	110	111	114	113	110	119 ²⁾
Lastning av bergmassor, L max	124	124	123	121	122	125	124	121	130 ²⁾
Bergkross	115	124	123	117	118	117	113	107	121 ³⁾
Övrigt buller från hamnverksamhet	72	77	78	75	76	74	68	62	80 ⁴⁾
Vägfärja, Leq under av- och påfart	105	102	102	93	90	95	93	78	101 ⁵⁾
Vägfärja, slagljud (Lmax)	122	117	110	107	105	98	92	85	123⁶⁾
Lastbil, Leq	107	105	98	97	94	95	91	85	101 ⁷⁾
Lastbil, Lmax	107	101	99	96	97	93	87	81	108 ⁷⁾

1) Tidigare använd indata för lastning av bergmassor, enligt aktbilaga 1, Pärm 1. MKB tillfälliga hamnar, bilaga Bullerutredning.

2) Ny indata av lastning av bergmassor efter ny information från nya mätningar.

3) Ny indata från mätningar av bergkross.

4) Indata för övrigt buller från hamnverksamhet.

5) För vägfärja Leq under av- och påfart har spektrum enligt ovan använts, ljudeffekten 101 dBA har reviderats i tabell sedan tidigare bullerutredning, ON140895.

6) För vägfärja slagljud (Lmax) har spektrum enligt ovan använts, dock har ljudeffekten 123 dBA använts i beräkningarna med en bullerdämpande åtgärd på 7 dB, dvs 116 dBA.

7) Indata från liknande projekt.

5 Norra Lovö

5.1 Dom i mål M3342-11

Följande begränsningsvärde gäller ljudnivåer från hamnverksamheten i Norra Lovö:

- 50 dBA ekvivalent ljudnivå utomhus vid fasad, kl 07-19
- 45 dBA ekvivalent ljudnivå utomhus vid fasad, kl 19-07
- 55 dBA L95 maximal ljudnivå utomhus vid fasad kl 22-07
- 45 dBA maximal ljudnivå inomhus i bostadsrum kl 22-07

5.2 Beräkningsförutsättning

I enlighet med NFS 2004:15 ska byggbuller beräknas och kontrolleras under den tid då bullrande arbetsmoment pågår. Beräkningarna av buller från hamnverksamheten i Norra Lovö är utförda för en lastningscykel på 5 timmar med arbetsmoment och tidsfördelning samt bullerdämpande åtgärder per arbetsmoment enligt tabell 2. Ljuddata enligt tabell 1.

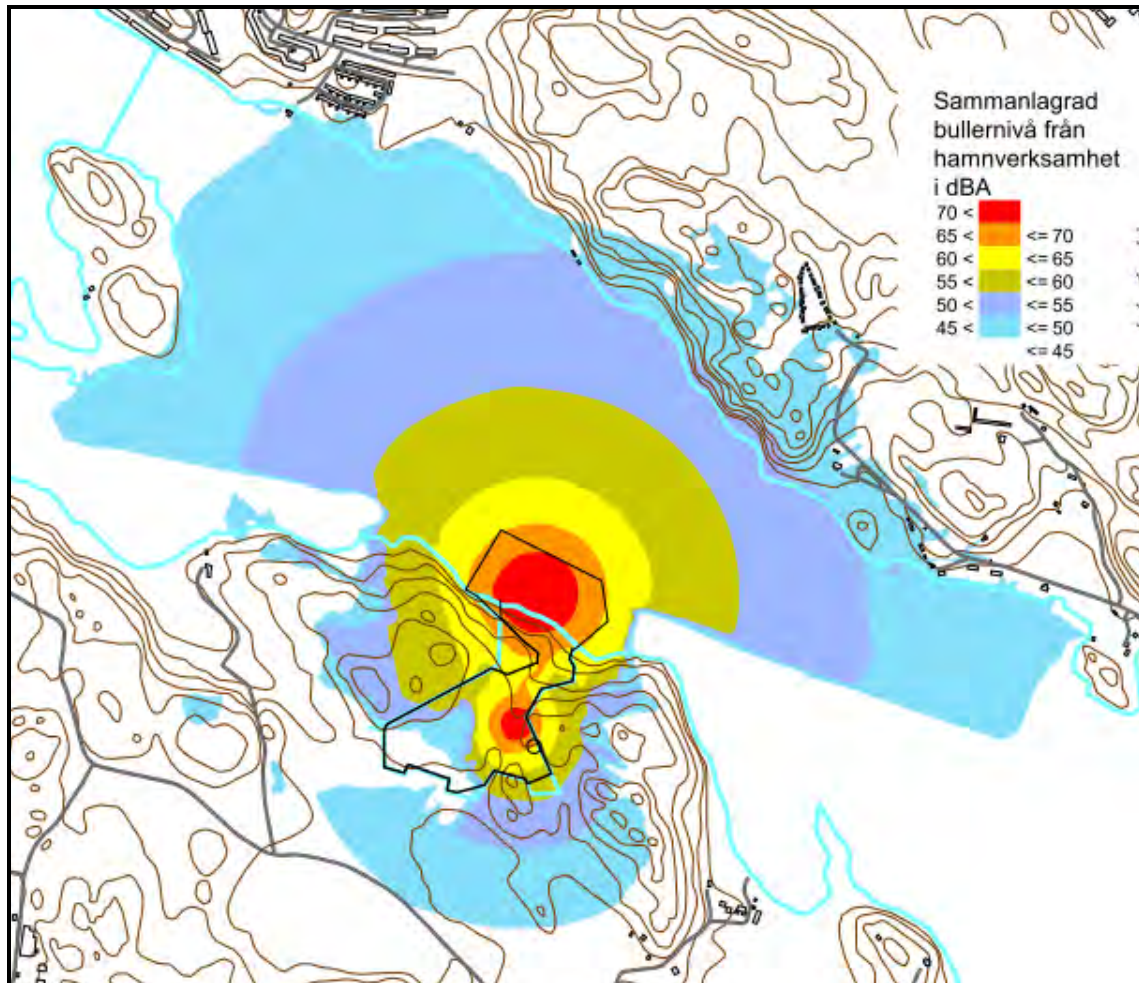
Tabell 2. Tidsfördelning av arbetsmoment per redovisad tidsperiod.

Lastningscykel, 5 tim	Tid	Bullerdämpande åtgärder
Lastning av bergmassor	5 tim	Bullerdämpning, ett lager sten i botten av fartyget, 1 dB
Transportband	5 tim	Inbyggt transportband, tak och sida, 8 dB
Bergkross	5 tim	Inbyggd, bullerdämpad 10 dB
Vägfärja 30 min, ett anlop med ankomst och avfart samt 6 lastbilspassager till och från tunnel	30 min	Bullerdämpad klaff påverkar maximal ljudnivå med 7 dB
Övrigt ljud från hamnverksamhet, 5 tim	5 tim	

5.3 Resultat

Det är lastning av bergmassor som är det mest bullrande arbetsmomentet. För bostäderna på Norra Lovön påverkar även ljudnivån från bergkrossen. Övriga bullerkällor påverkar resultatet minimalt.

Beräknad ljudnivå under en lastningscykel förväntas bli upp mot 45 dBA vid mest utsatta fasad, se figur 4 och 5 nedan.



Figur 4. Norra Lovö. Tidsperiod en lastningscykel 5 tim. Ljudutbredning av ekvivalent ljudnivå vid fasad från hamnverksamhet.



Figur 5. Norra Lovö. Tidsperiod en lastningscykel 5 timmar. Ekvivalent ljudnivå vid fasad för våningsplan 1 och 2 från hamnverksamhet.

Maximal ljudnivå

Maximal ljudnivå från vägfärja och lastbilstransporter till tunneln blir cirka 50 dBA vid mest utsatta bostadshus. Maximal ljudnivå från lastning av bergmassor blir upp mot 62 dBA vid mest utsatta bostadshus.

5.4 Kommentarer

Inga bostadshus förväntas att få högre ljudnivåer än domens begränsningsvärde för kl 19-07 på 45 dBA ekvivalent ljudnivå vid fasad enligt utförda beräkningar.

Maximal ljudnivå L95 55 dBA kommer att kunna innehållas för maximal ljudnivå från vägfärja och lastbilspassager till tunneln.

Lastning av bergmassor kan ge maximala ljudnivåer på upp mot 62 dBA. Det blir sannolikt svårt att klara maximal ljudnivå L95 55 dBA från lastning av bergmassor.

Osäkerheter i indata för lastning av bergmassor samt en beräkningssonoggrannhet som i Norra Lovö uppskattas till +/- 4 dB gör att begränsningsvärdet, ekvivalent ljudnivå 45 dBA, kan bli svårt att klara. Beräkningsmässigt får vi 44 dBA vid värst utsatta bostadshus och med en beräkningssonoggrannhet på +/- 4 dB blir det 40-48 dBA.

6 Malmviken

6.1 Dom i mål M3343-11

Följande begränsningsvärde gäller för hamnverksamheten i Malmviken:

- 50 dBA ekvivalent ljudnivå utomhus vid fasad, kl 07-19
- 45 dBA ekvivalent ljudnivå utomhus vid fasad, kl 19-07
- 55 dBA L95 maximal ljudnivå utomhus vid fasad kl 22-07
- 45 dBA maximal ljudnivå inomhus i bostadsrum kl 22-07

6.2 Beräkningsförutsättning

I enlighet med NFS 2004:15 ska byggbuller beräknas och kontrolleras under den tid då bullrande arbetsmoment pågår. Beräkningarna av buller från hamnverksamheten i Malmviken är utförda för en lastningscykel på 5 timmar med arbetsmoment och tidsfördelning samt bullerdämpande åtgärder per arbetsmoment enligt tabell 3. Ljuddata enligt tabell 1.

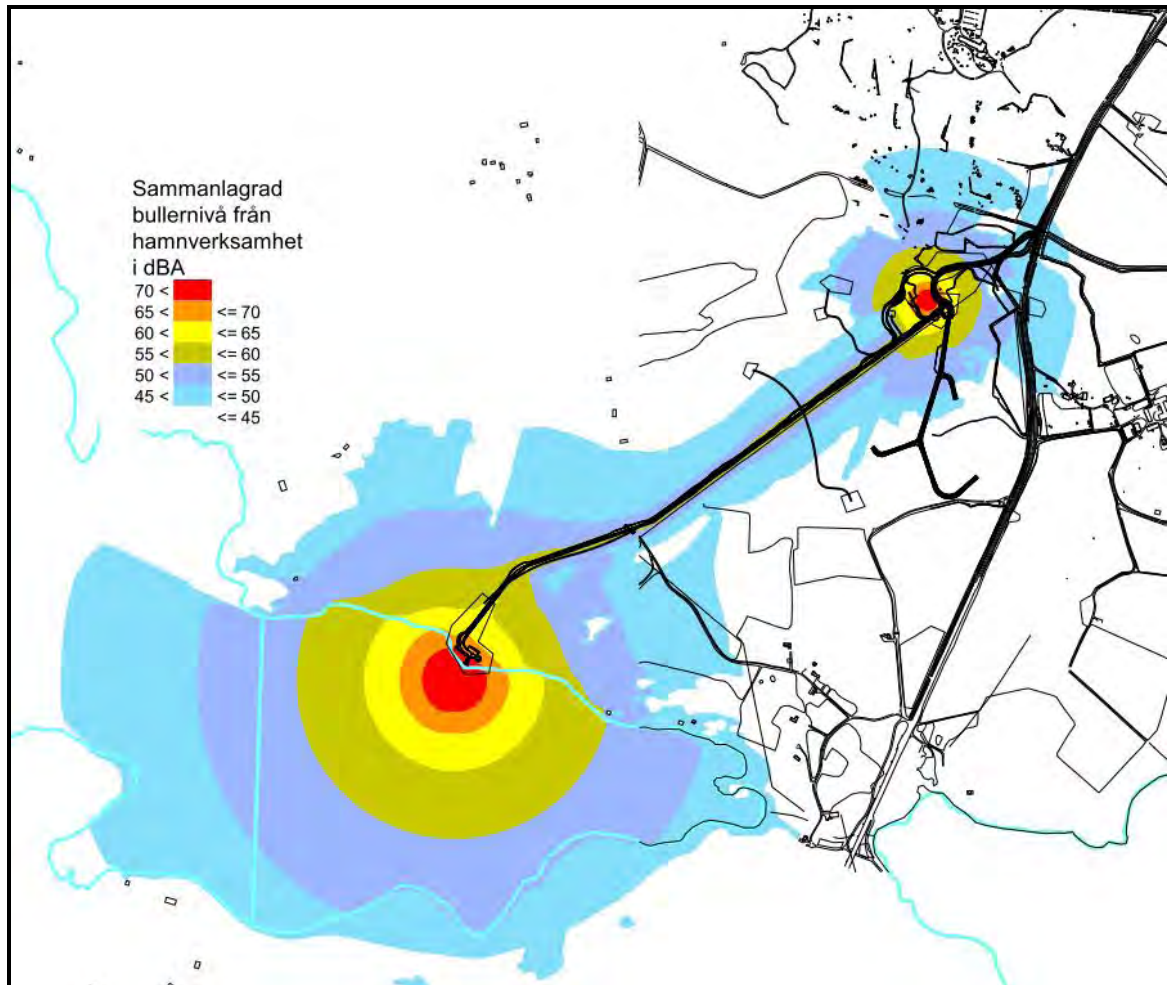
Tabell 3. Tidsfördelning av arbetsmoment per redovisad tidsperiod.

Lastningscykel, 5 tim	Tid	Bullerdämpande åtgärder
Lastning av bergmassor	5 tim	Bullerdämpning, ett lager sten i botten av fartyget, 1 dB
Transportband	5 tim	Inbyggt transportband, tak och sida, 8 dB.
Bergkross	5 tim	Inbyggd, bullerdämpad 10 dB
Övrigt ljud från hamnverksamhet, 5 tim	5 tim	

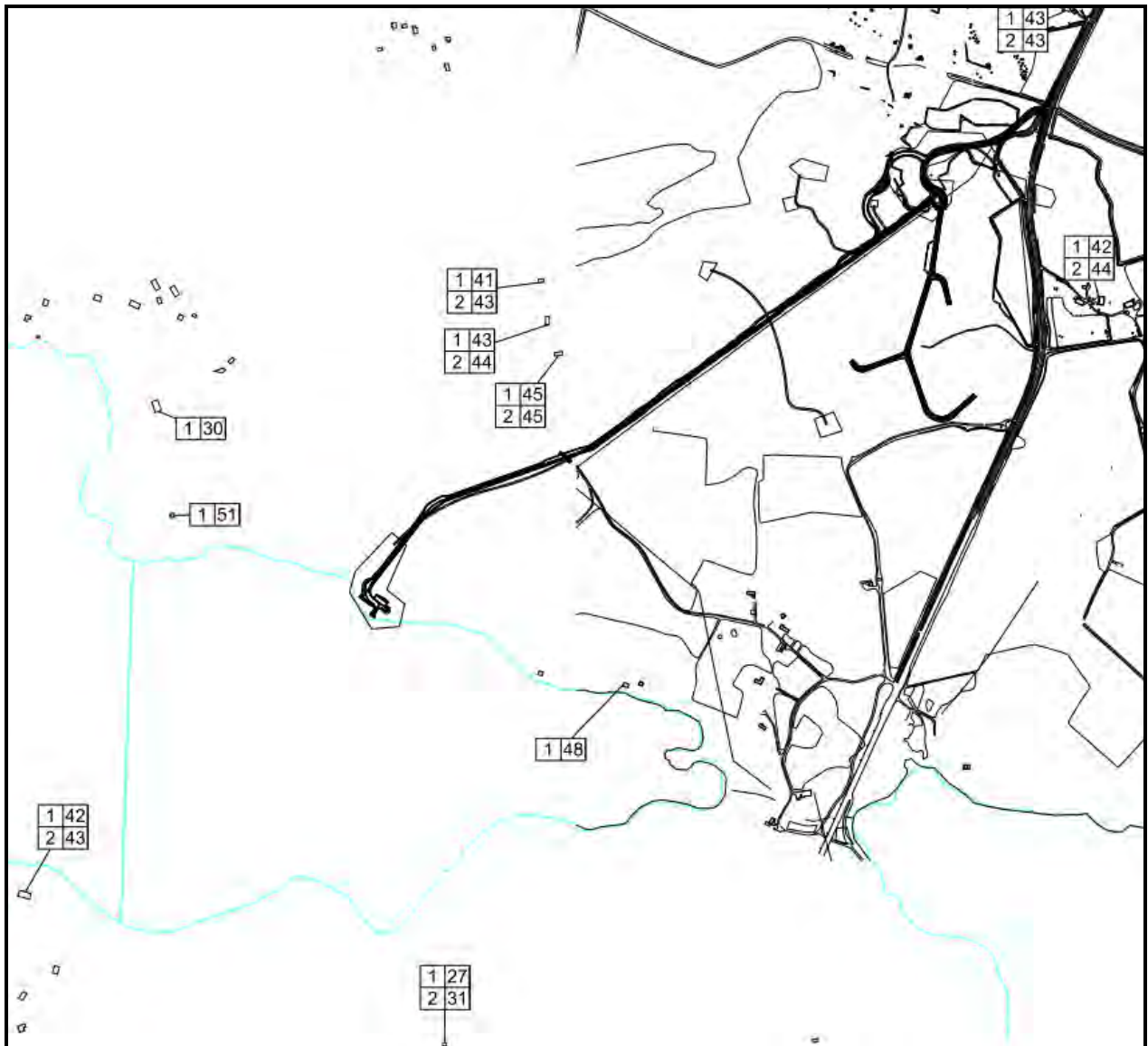
6.3 Resultat

Det är lastning av bergmassor som är det mest bullrande arbetsmomentet. Bidrag från övriga arbetsmoment är litet.

Beräknad ljudnivå under en lastningscykel blir 51 dBA vid fasad för mest utsatta bostad se figur 6 och 7 nedan.



Figur 6. Malmviken. Tidsperiod en lastningscykel, 5 timmar. Ljudutbredning av ekvivalent ljudnivå från hamnverksamhet.



Figur 7. Malmviken. Tidsperiod en lastningscykel, 5 timmar. Ekvivalent ljudnivå vid fasad på våningsplan 1 och 2 från hamnverksamhet.

Maximal ljudnivå

Maximal ljudnivå från lastning av bergmassor blir upp mot 65 dBA vid mest utsatta bostadshus.

6.4 Kommentarer

Det är två bostadshus på Malmviken som förväntas att få högre ljudnivåer än domens begränsningsvärde för kl 19-07 på 45 dBA ekvivalent ljudnivå vid fasad, varav ett bostadshus får över begränsningsvärdet för kl 07-19, 50 ekvivalent ljudnivå vid fasad, se tabell 4.

Tabell 4. Ljudnivå vid mest utsatta fasad samt planerade bullerdämpande åtgärder per fastighet.

Fastighet	Högsta ekvivalenta ljudnivån vid fasad, dBA	Maximal ljudnivå vid fasad, dBA	Planerade bullerdämpande åtgärder
Lunda 1:1	51	65	Inga. Fastighetsägaren är inte intresserad.
Lovö Edeby 4:21	48	65	Uteplats

Det kommer att bli svårt att klara begränsningsvärdet från hamnverksamhet i Malmviken 45 dBA för perioden kl 19-07. Mest utsatta bostadshus beräknas få upp mot 51 dBA vid fasad.

Lastning av bergmassor kan ge maximala ljudnivåer på upp mot 65 dBA. Det blir sannolikt svårt att klara maximal ljudnivå L95 55 dBA från lastning av bergmassor.

Osäkerheter i indata för lastning av bergmassor samt en beräkningsosnoggrannhet som i Malmviken uppskattas till +/- 3 dB gör att begränsningsvärdet ekvivalent ljudnivå 45/50 dBA kan bli ännu svårare att klara. Beräkningsmässigt får vi 51 dBA med en beräkningsosnoggrannhet på +/- 4 dB blir det 47-55 dBA.

7 Sättra Varv

7.1 Dom i mål M3345-11

Följande begränsningsvärde för hamnverksamheten i Sättra varvgaller enligt dom:

- 55 dBA ekvivalent ljudnivå utomhus vid fasad, hela dygnet
- 60 dBA L95 maximal ljudnivå utomhus vid fasad kl 22-07
- 45 dBA maximal ljudnivå inomhus i bostadsrum kl 22-07

7.2 Beräkningsförutsättning

I enlighet med NFS 2004:15 ska byggbuller beräknas och kontrolleras under den tid då bullrande arbetsmoment pågår. Beräkningarna av buller från hamnverksamheten i Sättra varv avser en lastningscykel på 5 timmar med arbetsmoment och tidsfördelning samt bullerdämpande åtgärder per arbetsmoment enligt tabell 5 nedan. Ljudeffekt enligt tabell 1.

Tabell 5. Tidsfördelning av arbetsmoment per redovisad tidsperiod.

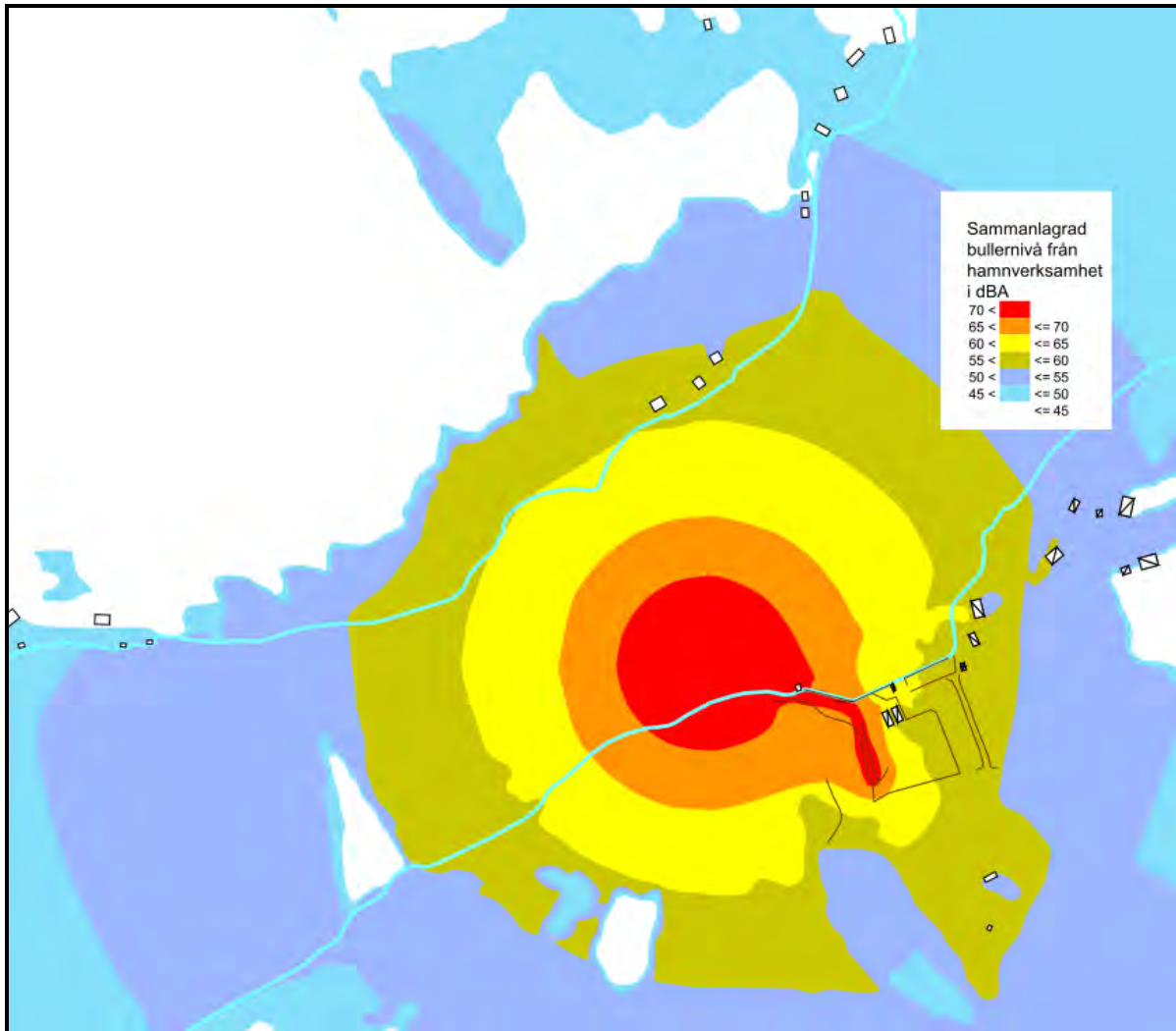
Lastningscykel, 5 tim	Tid	Bullerdämpande åtgärder
Lastning av bergmassor	5 tim	Bullerdämpning, ett lager sten i botten av fartyget, 1 dB
Transportband	5 tim	Inbyggt transportband, tak och sida, 8 dB
Vägfärja 30 min, ett anlop med ankomst och avfart samt 6 lastbilspassager till och från tunnel	30 min	Bullerdämpad klaff påverkar maximal ljudnivå med 7 dB
Övrigt ljud från hamnverksamhet, 5 tim	5 tim	

7.3 Resultat

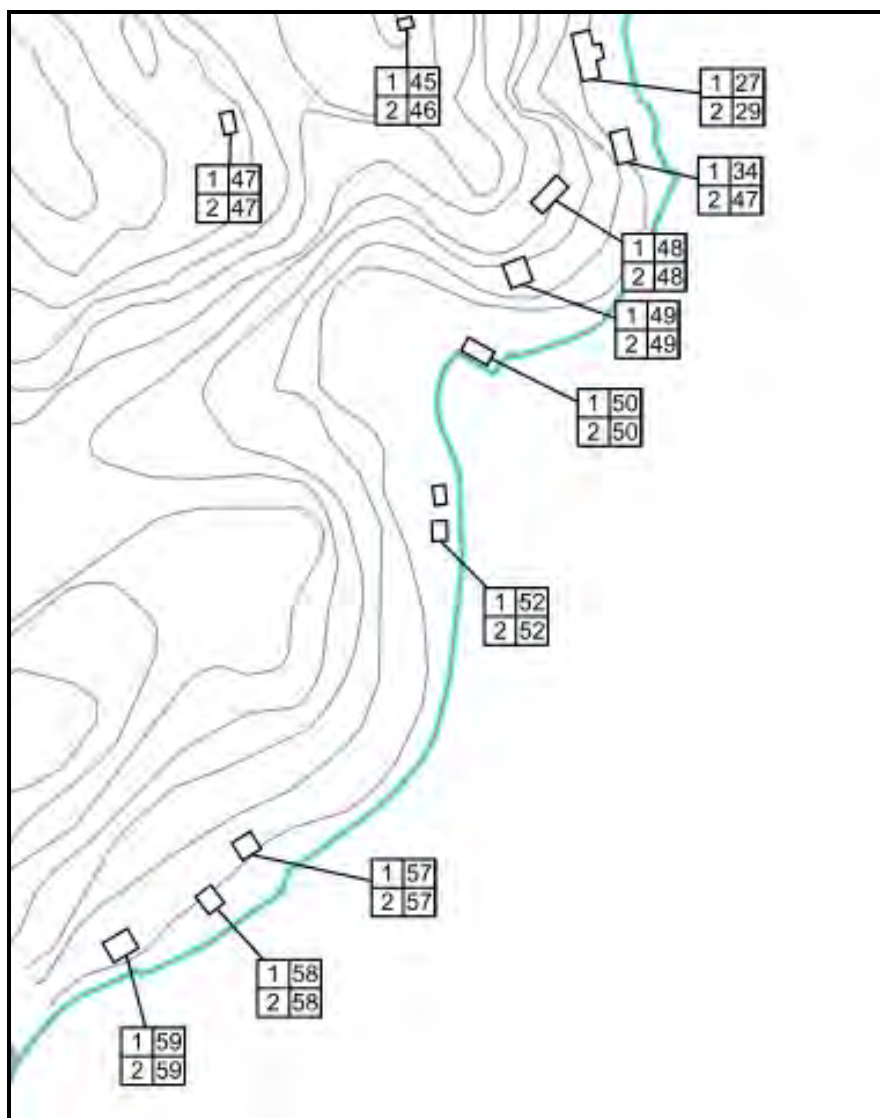
Det är lastning av bergmassor som är det mest bullrande arbetsmomentet. Lastning av bergmassor sker från transportband från tunneln ner på fartyg för lastning av bergmassor. Bidrag från övriga arbetsmoment är litet. Med inbyggt transportband blir bullerbidraget från transportbandet försumbart.

Nedan redovisas ljudutbredning av ekvivalent ljudnivå samt ljudnivå vid fasad för en lastningscykel på 5 timmar.

Beräknad ljudnivå under en lastningscykel blir 59 dBA vid fasad för mest utsatta bostad se figur 8 och 9. Det är tre bostadshus som beräknas få över 55 dBA vid fasad.



Figur 8. Sättra Varv. Tidsperiod en lastningscykel 5 timmar. Ljudutbredning av ekvivalent ljudnivå från hamnverksamhet.



Figur 9. Sättra Varv. Tidperiod en lastningscykel 5 timmar. Ekvivalent ljudnivå vid fasad för våningsplan 1 och 2 från hamnverksamhet.

Maximal ljudnivå

Med en bullerdämpad klaff beräknas maximal ljudnivå från vägfärja och lastbilstransporter till tunneln bli högst 60 dBA.

Maximal ljudnivå från lastning av bergmassor blir upp mot 70 dBA vid mest utsatta bostadshus.

7.4 Kommentarer

Det är tre bostadshus på Kungshatt som förväntas att få högre ljudnivåer än domens begränsningsvärde på 55 dBA ekvivalent ljudnivå vid fasad, se tabell 6 och figur 9. Dessa fastigheter har erbjudits fasadåtgärder och skyddad uteplats.

Tabell 6. Ljudnivå vid mest utsatta fasad samt planerade bullerdämpande åtgärder per fastighet.

Fastighet	Högsta ekvivalenta ljudnivån vid fasad, dBA	Maximal ljudnivå vid fasad, dBA kl 22-07	Planerade bullerdämpande åtgärder
Kungshatt 1:91	59	70	Fönsteråtgärd och skärm på uteplats
Kungshatt 1:19	58	69	Fönsteråtgärd och skärm på uteplats
Kungshatt 1:90	57	68	Fönsteråtgärd och skärm på uteplats

Det kommer att bli svårt att klara begränsningsvärdet 55 dBA från hamnverksamhet i Sättra Varv. Mest utsatta bostadshus beräknas få upp mot 59 dBA vid fasad.

Maximal ljudnivå L95 60 dBA kommer att kunna innehållas för maximal ljudnivå från vägfärja och lastbilspassager till tunneln.

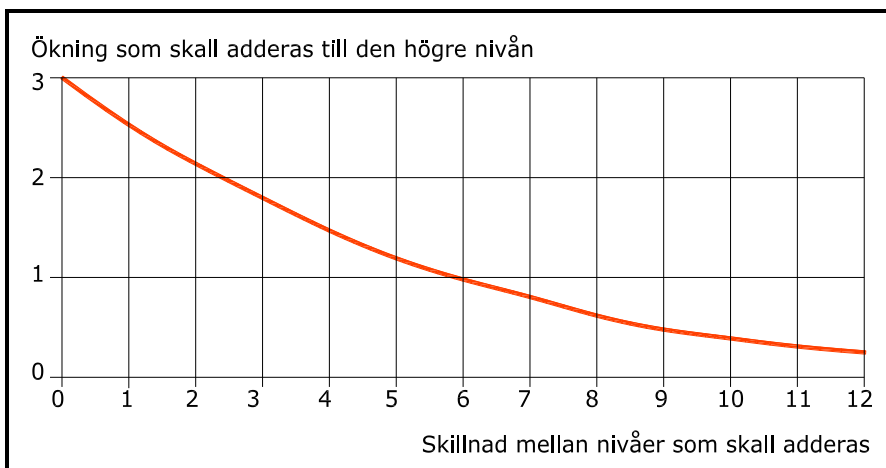
Lastning av bergmassor kan ge maximala ljudnivåer på upp mot 70 dBA. Det blir sannolikt svårt att klara maximal ljudnivå L95 60 dBA från lastning av bergmassor.

Osäkerheter i indata för lastning av bergmassor samt beräkningsosnoggrannhet som i Sättra varv uppskattas till +/- 3 dB gör att begränsningsvärdet ekvivalent ljudnivå 55 dBA kan bli ännu svårare att klara. Beräkningsmässigt får vi 59 dBA och med en beräkningsosnoggrannhet på +/- 4 dB blir det 55-63 dBA.

8 Bullerskyddsåtgärder

8.1 Akustiska nyckeltal

Decibel är ett logaritmiskt måttetal. Detta innebär bland annat att vid addition av buller från två lika starka bullerkällor ökar ljudnivån med 3 dBA. På samma sätt ger en fördubbling/halvering av trafikmängden 3 dBA högre/lägre ekvivalent ljudnivå. Se tabell nedan för addition av olika ljudnivåer.



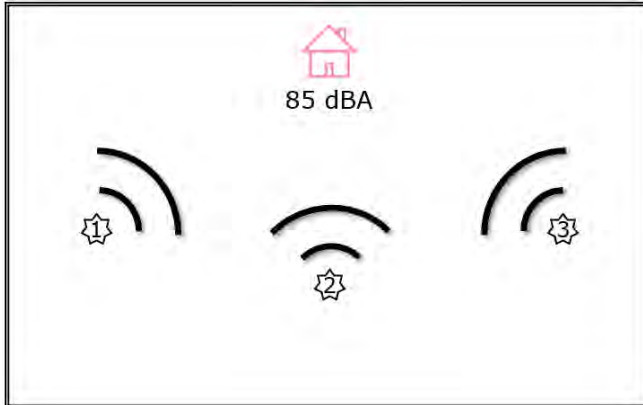
Figur 10. Addition av ljudnivåer.

När det gäller upplevelsen av skillnader i bullernivå kan 3 dBA upplevas som en hörbar förändring medan en skillnad på 8 - 10 dBA upplevs som en fördubbling/halvering av ljudet. Även om små skillnader i ljudnivå inte är direkt uppfattbara påverkar varje dB störningsupplevelsen och antal boende som exponeras för ljudnivå överstigande ett visst värde.

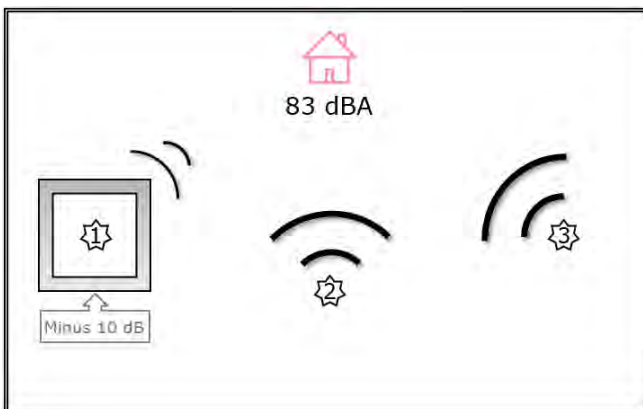
När det gäller åtgärder på olika bullerkällor innebär det också att en bullerdämpning på 10 dB på en bullerkälla av tre lika stora bullerkällor inte bidrar till att den totala ekvivalenta ljudnivån dämpas om inte samtliga bullerkällor bullerdämpas, se tabell 7 och figur 11-14 nedan som utgår ifrån tre bullerkällor på 80 dBA och sedan att dessa dämpas med 10 dB successivt. Med enbart en bullerdämpad bullerkälla blir dämpningen bara 2 dB, med två dämpade bullerkällor 4 dB och med alla tre blir bullerdämpningen 10 dB.

Tabell 7. Exempel successiv bullerdämpning av tre lika stora bullerkällor samt påverkan på den sammanlagrade ekvivalenta ljudnivån, dBA.

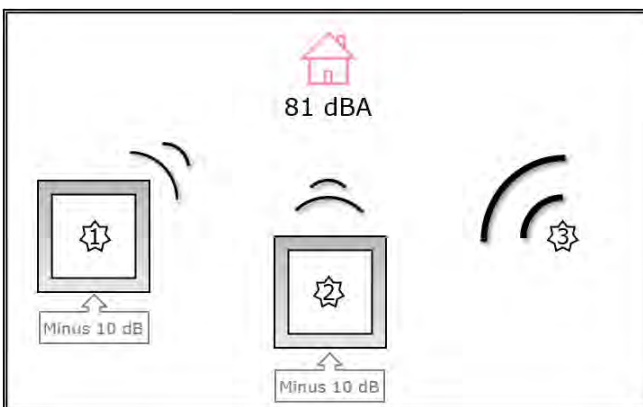
	Exempel 1	Exempel 2	Exempel 3	Exempel 4
Ljudnivå bullerkälla 1	80	80	80	70
Ljudnivå bullerkälla 2	80	80	70	70
Ljudnivå bullerkälla 3	80	70	70	70
Sammanlagrad ekvivalent ljudnivå	85	83	81	75



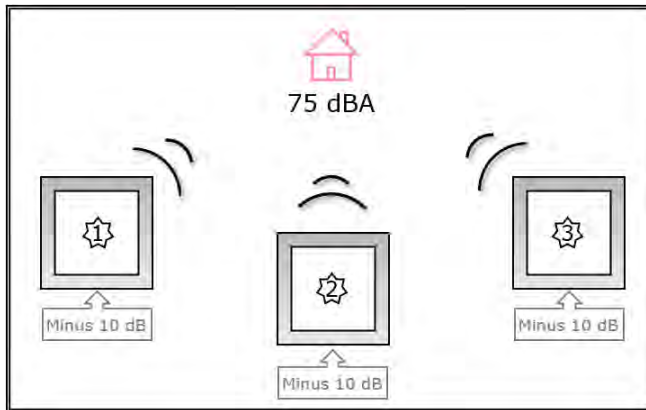
Figur 11. Utan bullerdämpning. Exempel 1.



Figur 12. Bullerdämpning av en bullerkälla. Exempel 2.



Figur 13. Bullerdämpning av två bullerkällor. Exempel 3.



Figur 14. Bullerdämpning av samtliga tre bullerkällor. Exempel 4.

8.2 Bullerdämpande metoder som inte utvecklats eller provats tidigare.

I den ansökan för hamnverksamhet som Trafikverket inlämnade till mark- och miljödomstolen ingick ett antal åtgärder för att dämpa bullret vid lastningen av bergmassorna och för att dämpa bullret i samband med färjetrafiken till och från hamnarna. Dessa åtgärder är vedertagna och har använts tidigare och uppnår en dämpning som finns dokumenterad. Bullerskyddsåtgärden damask har inte tagits med i beräkningarna då osäkerhet med avseende på hållbarhet av struktur, material och ljuddämpning finns. Detta bör först testas under en provotid.

Trafikverket har även internt fört diskussioner om andra bullerdämpande åtgärder där det idag inte finns några kända referenser. Trafikverket avser att arbeta vidare med dessa tänkbara åtgärder. Den bullerdämpande effekten av de tänkbara åtgärderna är inte prövade i nuläget och kan komma att kräva en viss inkörningsperiod innan tekniken är fullt utvecklad. Varför även av detta skäl en provotid bör tillåtas då åtgärderna bör testas och trimmas in för att erhålla den bästa möjliga bullerdämpningen.

Exempel på bullerskydd som utreds är fällbara bullerskydd på fartygsdäck, bullerskydd på uppankrad präm, förfinad lastningsteknik med kontinuerlig justering av skeppslastarens höjd för att minimera fallhöjden, speciell bullerdämpning av skepps-lastarens ände, hängande dämpmatta från lastaren som avskärmar mot Kungshatt. Alla dessa åtgärder är inte möjliga att genomföra i alla hamnar. Exempelvis får inte präm med bullerskydd plats vid Sättra varv då det är för trångt där. Allt detta kommer att detaljstuderas under en eventuell provotid.

9 Kontroll

Kontroll av ljudnivåer kommer att utföras i enlighet med mätrutin i kontrollprogrammet.

Mätrutinen avser kontrollmätningar utomhus av buller från hamnverksamhet och byggarbetsplatser och bygger på Naturvårdsverkets rapport 5417 ”Metod för immissionsmätning av externt industribuller”. Exempel på ljudkällor kan vara: pålning, spontning, bergborrning, vattenbilning, kompaktorer, geoteknisk borrning, muddring med mera.

Mätningen omfattar registrering av A-vägd ekvivalent kontinuerlig ljudtrycksnivå, $L_{Aeq,T}$, och L_{95} under ett antal tidsperioder T av verksamhet vid arbetsplatsen. Mätningen utförs utomhus vid fastställda kontrollpunkter.

Mätning av L_{95} är inte beskriven i Naturvårdsverkets rapport 5417 och det finns inte mycket erfarenhetsvärden av kontroll av villkor med L_{95} -percentil. Det vore önskvärt med en prövotid som kan ge erfarenhet av mätning av L_{95} och skillnader mellan den konventionella maximala momentana ljudnivån och L_{95} samt mellan L_{95} och den ekvivalenta ljudnivån för den typ av ljudkällor som kommer att användas i hamnverksamheten.

Eftersom bakgrundsljudnivån vid bostäder kan vara av samma storleksordning eller högre än ljudet från den tillfälliga hamnverksamheten, kan det innebära problem att kontrollera ljudet enligt villkoren i miljötillståndet. En prövotid skulle underlätta att komma fram till en metod i samråd med tillsynsmyndigheten.

Stockholm 2015-02-17

Åsa Lindkvist
Akustikexpert ÅF
Civilingenjör Väg och vatten

Martin Almgren
Senior expert ÅF
Teknisk doktor (akustik, ljudutbredning utomhus)
Civilingenjör i teknisk fysik