

TYST KROSSNING

Bullerminskning i krossanläggningar



Maria Johansson, Ecoloop
Susann Boij, KTH
Maria Mustonen, Ecoloop
Anton Hjalmarsson, Chalmers
Tobias Robinson, Ecoloop
Kristina Lundberg, LTU
Peter Malm, Tyréns

2018-04-02

FÖRORD

Projektet ”Bullerminskning i krossanläggningar” eller som deltagarna har kallat det ”Tyst krossning” har varit ett samarbete mellan ett antal högskolor, konsulter och företag. Projektets ägare är Thomas Berggren på NCC. Projektet har finansierats av SBUF. Projektledare var Maria Johansson på Ecoloop. Medverkande i arbetsgruppen har varit Susann Boij, KTH, Maria Mustonen och Tobias Robinson, Ecoloop, Anton Hjalmarsson och Magnus Evertsson, Chalmers, Kristina Lundberg, LTU, samt Peter Malm, Tyréns. Denna rapport har författats gemensamt av deltagarna i arbetsgruppen, och har sammanställts av Maria Johansson som huvudförfattare.

Vi i arbetsgruppen vill rikta ett varmt tack till vår referensgrupp, som har bestått av ett stort antal deltagare från olika företag och kommuner som har bidragit med sin tid och kloka inspel i intervjuer och möten. Deltagare i referensgruppen har varit Jonas Johansson, Nybrogrus AB, Stefan Östlund, Råsjö kross AB, Magnus Reuterwall, Skanska, Niklas Skoog och Sofia Nord, Jehander, Monica Soldinger Almefelt, Swerock, Tony Stigmanslid, Destroy RC, Bengt Niklasson, Trafikverket, Magnus Lindqvist och Sofie Pandis Iveroth, Stockholm Stad, Juhamatti Heikkilä, Metso, Daniel Smedenmann, Maskin Mekano, samt Lars Hansson, Johan Renmarker och Rupert Crabtree, Sandvik.

Ett varmt tack även till Carina Lindberg, Ronald Gustafsson och Veronica Mofalk från Tyresö kommun samt Frida Hellblom från Vallentuna kommun för ert deltagande i vår sista projektworkshop. Vi vill också tacka Per Murén för många glada tillrop och tips som har hjälpt projektet framåt.

”Tyst krossning” har varit ett ämne som engagerat och intresserat många personer i såväl entreprenörsföretag, bland beställare och i kommunal tillsyn, även utanför projektgränserna. I detta inledande projekt har vi kunnat konstatera att det inte finns några universallösningar som en gång för alla löser konflikter mellan bullrande verksamheter och närboende. Däremot finns det mycket bra lösningar och idéer på marknaden. Projektets deltagare vill fortsätta verka för ett förhållningssätt bland beställare, entreprenörer och tillsynsmyndigheter som låter de lösningar som ger störst bullerdämpning för pengarna få så stor användning som möjligt.

Stockholm, April 2018

Maria Johansson

SAMMANFATTNING

För att kunna minska transporter av berg- och schaktmaterial vid grundläggningsarbeten krävs möjlighet att kunna sortera och uppgradera sådant material på materialterminaler nära byggarbetsplatserna. Detta leder till att kraven på bullerdämpning från sådana terminaler ökar då de ofta kommer ligga nära redan existerande bebyggelse.

Syftet med projektet ”Bullerminskning i krossanläggningar” är att ge entreprenörer möjlighet att använda de bästa teknikerna och metoderna för att minska buller vid krossning på tätortsnära materialterminaler, samt att ge beställare möjlighet att ställa krav på användning av de bästa teknikerna/metoderna för bullerdämpning.

Projektet genomfördes som ett litteratur- och intervjuprojekt där företrädare för entreprenörer, tillsyn, beställare och tillståndsmyndigheter har intervjuats, samt en workshop med deltagare från olika typer av organisationer genomfördes.

Arbetet resulterade i en sammanställning av tekniker och metoder för bullerdämpning. Dessas bullerdämpningspotential och kostnad har bedömts utifrån intervjumaterialet, och från de underlag kring juridik och krav samt hur ljud och buller uppfattas av människor som togs fram i projektets första skede.

Upphandlings- och tillståndsprocesserna har också behandlats i projektet, genom diskussioner och intervjuer kring förbättringspotential för bullerutredningar samt kravställan i upphandling, kopplat till affärserbjudanden från entreprenörer.

Huvudslutsatser är:

- Beställare och tillsynsmyndigheter måste ha kunskap om vilken bullerdämpning som är möjlig och vad den kostar och ställa krav därefter.
- Bullerutredningar kan utvecklas både i sina modeller och fördjupat kring processer på materialterminaler för att vara ett ännu bättre underlag för kravställan.
- Det finns möjlighet för entreprenörer att arbeta mer proaktivt med bullerfrågan, det behöver inte vara en fråga om kostnader, mycket ligger i arbetssätt.
- Aktivt bullerdämpningsarbete måste löna sig för entreprenören. Detta är nära sammankopplat med kravställan.
- Dialog och information är viktigt i alla led – i beställarprocessen, i tillståndsprocessen, i driftsfasen med närboende. Informationen måste anpassas till mottagaren och löpa genom hela processen.

INNEHÅLL

1. INLEDNING	4
1.1. BAKGRUND: TÄTORTSNÄRA MATERIALTERMINALER OCH MASSOPTIMERING	4
1.2. UTMANINGAR.....	4
1.3. SYFTE, MÅL OCH MÅLGRUPP	4
1.4. METODIK	5
2. LJUD OCH BULLER PÅ MATERIALTERMINALER	7
2.1. VAD UPPFATTAS SOM BULLER?	7
2.2. LJUDBILD TERMINAL	8
3. JURIDIK OCH TILLSYN	11
3.1. BULLER FRÅN KROSSNING: RELEVANT REGELVERK.....	11
3.2. TILLÄMPNING AV REGELVERKET	12
4. BULLERDÄMPNINGSTEKNIKER OCH ARBETSSÄTT	15
4.1. OM LISTAN	15
4.2. REFLEKTIONER KRING BULLERDÄMPNINGSUBUDET.....	15
5. BULLERUTREDNINGAR OCH DERAS ANVÄNDNING OCH UTVECKLINGSMÖJLIGHETER	17
5.1. HUR ARBETAR MAN MED BULLERUTREDNINGAR IDAG?	17
5.2. HUR SKULLE MAN KUNNA ARBETA MED BULLERUTREDNINGAR I FRAMTIDEN?	18
6. KRAV I UPPHANDLING OCH AFFÄRSERBJUDANDEN	19
6.1. BESTÄLLARES KRAV	19
6.2. ENTREPRENÖRERS ERBJUDANDEN	23
7. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	25
SKRIFTLIGA KÄLLOR.....	26
INTERVJUER	27
BILAGA 1: LISTA PÅ BULLERDÄMPNINGSTEKNIKER OCH METODER	B:1

1. INLEDNING

1.1. Bakgrund: Tätortsnära materialterminaler och massoptimering

I en bostads eller en vägs livscykel står hantering av sprängberg och schaktmassor vid grundläggning för en betydande andel av energiåtgången. I snabbväxande regioner där många bygg- och infrastrukturprojekt pågår samtidigt finns stora vinster att göra på att samordna masshanteringen så att ett projekts massor uppgraderas och återanvänds i närområdet. På detta sätt kan transportavstånd minskas vilket i sin tur leder till mindre trafikträngsel, minskade klimatutsläpp, minskad energiförbrukning för transporter och lägre transportkostnader. Dessutom kan uttag av jungfruliga material till viss del undvikas.

Inom plattformen Optimass (se www.optimass.se) har flera forsknings- och utvecklingsprojekt genomförts för att beskriva hur sådan samordnad masshantering mellan flera olika entreprenörer i en region skulle kunna organiseras, vad det ger för vinster, och hur den skulle kunna implementeras. En förutsättning för denna typ av samordning är tillgång till tillfälliga ytor där material kan lagras och uppgraderas. Dessa kallas inom plattformen för NÖT-ytor, eftersom de bör ligga Nära de projekt de servar, de bör vara Öppna för alla entreprenörer i regionen och de kan vara Tillfälliga under några år vilket ger möjlighet att utnyttja till exempel ytor som ska bebyggas i ett senare skede.

Att lägga materialterminaler med uppgradering av material, såsom krossning av berg, nära byggprojekt innebär ofta att de kommer ligga nära redan existerande bebyggelse. Krossning av berg på NÖT-ytor innebär alltså störningar för närboende i form av buller och damning, vilket kan påverka möjligheten att få tillstånd och acceptans för sådana verksamheter. En nyckel för att kunna etablera tätortsnära NÖT-ytor är därför att arbeta med bullerdämpning, och detta har varit motivationen för arbetet i kunskapsprojektet ”Bullerminskning i krossanläggningar”, även kallat ”Tyst krossning” av projektdeltagarna.

1.2. Utmaningar

Det finns många olika bullerminskningsmetoder på marknaden, vissa som produkter som går att köpa, andra som arbetsmetoder eller konstruktioner som utförs på materialterminalen. Akustikkonsulter kan bistå med bullerutredningar till tillståndsansökningar och ge förslag på lösningar för en specifik plats, men bullerfrågan fortsätter vara en viktig faktor i möjligheten att etablera och driva tätortsnära materialterminaler.

Utmaningarna ser olika ut för olika aktörer. Beställaren av NÖT-ytan behöver kunskap om bullerbekämpningsmetoder, deras potential och kostnad, för att kunna göra upphandlingar som driver bullerbekämpningsarbetet framåt. Tillstånds- och tillsynsmyndigheter behöver samma kunskap för att kunna göra rimliga bedömningar av bullerminskningspotentialer inför kravställan. Entreprenören som driver NÖT-ytan behöver uppdaterad kunskap om bullerbekämpning för att kunna inkludera den i sitt affärserbjudande, och behöver dessutom få betalt för den merkostnad det eventuellt innebär.

Den gemensamma utmaningen för de olika aktörerna är att driva utvecklingen av bullerbekämpningsmetoder framåt på ett ekonomiskt sätt, så att etablering av tätortsnära NÖT-ytor kan ske utan att närboendes hälsa och välbefinnande hotas.

1.3. Syfte, mål och målgrupp

Syftet med projektet ”Bullerminskning i krossanläggningar” är att ge entreprenörer möjlighet att använda de bästa teknikerna och metoderna för att minska buller vid krossning på tätortsnära materialterminaler, samt att ge beställare möjlighet att ställa krav på användning av de bästa teknikerna/metoderna för bullerdämpning.

Målen är att identifiera lovande bullerdämpande tekniker och metoder för demonstration och vidareutveckling, att sprida information och kunskap om dessa samt att diskutera hur dessa metoder kan upphandlas. Projektet avhandlar främst tekniker som redan finns på marknaden eller är nära marknadsinförande i Sverige eller i andra länder.

Buller på en materialterminal kommer från många olika källor. Projektet har haft fokus på bullerdämpning av bergkrossning samt aktiviteter kopplade till den, såsom skutknackning. Buller som är en direkt följd av täktverksamhet, såsom sprängning, ligger utanför projektets avgränsning, likaså transporter till och från ytan där krossen står. Se Figur 1 för en överblick över aktiviteter som studerats i projektet.

Projektet riktar sig till entreprenörer, beställare, akustikkonsulter och tillsynsmyndigheter som hanterar bullerdämpningsfrågor i sina verksamheter.

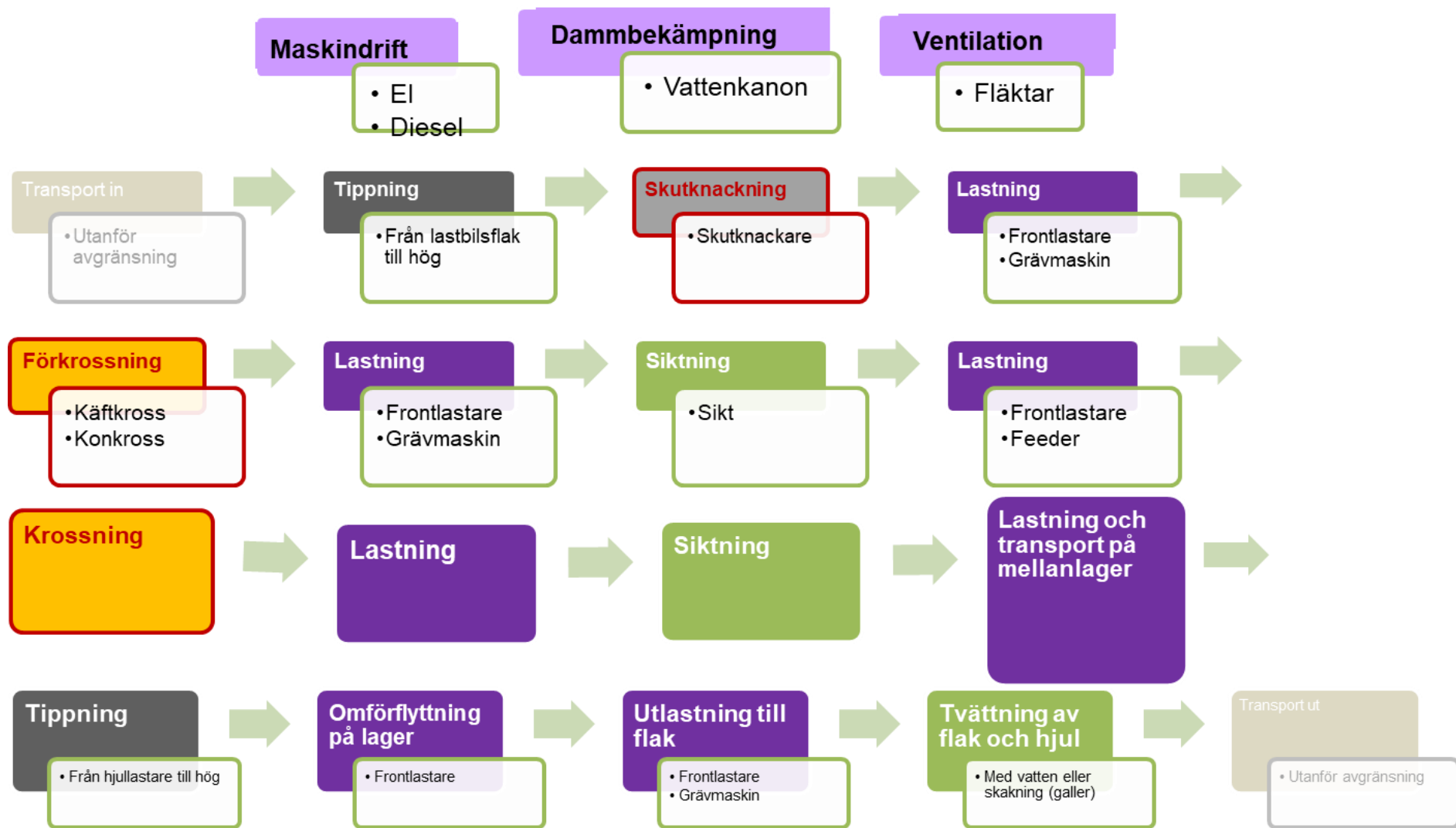
1.4. Metodik

Arbetet delades upp i tre delar. I den första togs bedömningsunderlag för bullerminskningslösningar fram. I denna del samlades information in om ljudbilden på krossanläggningar, om juridik kring tillstånd och tillsyn av materialterminaler samt om nuläge och utvecklingsmöjligheter för bullerutredningar in genom litteraturstudier samt genom intervjuer med materialterminaloperatörer, kravställande myndigheter och akustikkonsulter.

I den andra delen sammanställdes en översikt över tekniklösningar och arbetsmetoder för bullerdämpning genom litteraturstudier och intervjuer med teknikleverantörer, materialterminaloperatörer och beställare. Översiktliga bedömningar av deras bullerminskningspotential samt kostnad gjordes utifrån de underlag som togs fram i den första delen.

I den tredje delen diskuterades tillstånds- och upphandlingsprocesserna utifrån vilka möjligheter de ger att använda bästa möjliga bullerdämpningsteknik.

Under en workshop med deltagare från referensgruppen och inbjudna beställare diskuterades de sammanställda teknikerna och metoderna samt hur dessa skulle kunna implementeras på materialterminaler i högre grad, utifrån både beställar- och entreprenörsperspektiv.



Figur 1: Potentiella bullerkällor - aktiviteter på en materialterminal samt maskiner som används för dem. De tre aktiviteterna med rödmarkerade ramar har pekats ut som extra störande av intervjudeltagare i projekt

2. LJUD OCH BULLER PÅ MATERIALTERMINALER

I detta avsnitt beskrivs vilken typ av ljud som uppfattas som buller och hur buller mäts. Detta följs av en kort genomgång av ljudalstrande aktiviteter på en materialterminal, med en diskussion om vilka aktiviteter som genererar mest buller. Informationen i detta avsnitt utgör underlag för bedömning av bullerdämpningsmetoders effektivitet.

2.1. Vad uppfattas som buller?

Ljud i en takt alstras av vibrerande ytor på maskiner och berg. **Impulsljud** är kortvariga ljud, som typiskt orsakas av islag eller spräckning vid krossningen. **Kontinuerliga ljud** orsakas av motorer och maskiner som är i drift under längre tider.

Det finns tre grundläggande principer för bullerbekämpning:

1. att minska ljudalstringen
2. att hindra ljudutbredningen
3. att skydda mottagaren

Bullernivåer mäts huvudsakligen i dB(A), ljudnivå, ett mått som tar hänsyn till att det mänskliga örat uppfattar ljud med samma ljudtryck men vid olika frekvenser som olika starkt. Generellt kan man säga att lågfrekvent ljud uppfattas svagare än ljud med högre frekvens men med samma energiinnehåll. Ekvivalentnivåer är nivåer som motsvarar medelvärdet av ljudenergin under en viss tid, vanligtvis 8 timmar.

Vid mätningar bestäms ljudnivån vid ett visst avstånd. Ljudnivån kommer att påverkas av källan, utbredningsvägen och mottagarens position. Det är alltså inte bara bullerkällan som avgör den uppmätta ljudnivån.

För maskiner anges ofta ljudeffektnivån, alltså en nivå som beskriver hur stor ljudeffekt som alstras. Ljudeffektnivån är en egenskap hos bullerkällan som kan antas vara oberoende av var källan placeras. För att sedan avgöra de orsakade ljudnivåerna behövs information om egenskaperna längs utbredningsvägen och hos mottagaren.

Ljudnivåerna påverkas alltså av

- Bullerbekämpning vid källan, tex tysta maskiner och tystare processer/arbetsmetoder
- Bullerbekämpning längs vägen, tex bullerskärning och planering av plats
- Bullerbekämpning vid mottagaren, tex ljudisolerade fönster för inomhusnivåer

Störningsnivån påverkas inte enbart av ljudnivån i dB(A) utan kommer också att påverkas av ljudets karaktär t ex

- Ljud som är kontinuerligt eller under kortare perioder
- Driftstider och aktiviteter under olika tider på dygnet
- Impulsljud och toner (ger +5dBA i tillståndsprövning)

Det är också känt att störningen påverkas av andra faktorer, och minskar med god information och samråd med omkringboende, tydlighet i när bullernivåerna av någon anledning är högre (exempelvis tider för sprängning), och om området kring platsen är rent och i god ordning.

Det kan noteras att även om bullerkraven är uppfyllda kan det (givetvis) vara så att ljud från verksamheten kan urskiljas, speciellt om bakgrundsnivån är låg. Som en intervjudeltagare uttryckte

det: ”Under natt kan man inte se någon höjning av totala ljudnivån på grund av krossningsverksamhet, men om man lyssnar kan man urskilja ljudet från verksamheten.”

Beroende på hur omgivningen är planerad kan det vara mer kritiskt att undvika **ljudutbredning** i vissa riktningar. Om bullerskärkning placeras nära en bulleralstrande aktivitet blir bullerskärmar mycket effektiva. Bullerskärkning är mest effektiv för ljud med högre frekvens. Ljud med lägre frekvens är svårt att dämpa, men bidrar heller inte lika mycket till bullernivåerna som de är definierade i tillståndsgivningen.



Figur 2: Gummimattor som avskärkning åt ett specifikt väderstreck kan monteras likt denna applikation för att minska buller mot exempelvis bebyggelse.

2.2. Ljudbild terminal

Generellt är möjligheter till reduktion av bullernivåerna:

- Tekniska lösningar
- Att utnyttja platsens topografi
- Arbetsmetoder, planering av processer

För att effektivt minska bullernivåer och störande ljud krävs kunskap om vilka processer och vilken utrustning som alstrar buller. Systembilderna i Figur 1 visar de moment och tillhörande utrustning som förekommer vid krossning. Den togs fram gemensamt av arbetsgruppen i projektets uppstartsskede för att definiera projektets fokus och avgränsningar.

Sammanfattningsvis är de bullrigaste momenten borrhning, inklusive skutknackning under tider detta pågår, samt krossning som pågår större delen av tiden (se ”BAT Buller från bergtäkter”, samt intervjuer Stefan Östlund och Magnus Reuterwall). Borrhning och sprängning ingår inte i projektets avgränsning, men alstrar höga ljudnivåer när det pågår. Som synes ingår många olika moment med lastning och transporter på terminalen, frekvensen av sådana moment kan minskas genom planering av arbetsflödet, därför är en god terminalplanering också ett sätt att minska buller.

2.2.1. Dominerande bullerkällor

Skutknackning (skutknackare)

Skutknackning är en dominerande bullerkälla under den tid som det pågår. Det pågår dock under begränsad tid, typiskt under några veckor och sedan kommer ett uppehåll på några månader. Momentet innebär att man slår eller knackar sönder större stenblock så att de går att bearbeta med kross. Denna typ av verksamhet är svår att beräkna och dämpa då stor variation fås vid mätning.

Vid beräkningar utgör skutknackningen ofta ett mindre bidrag till den ekvivalenta ljudnivån. Maximalnivåerna påverkas självklart men då riktvärden för maximal ljudnivå främst gäller nattetid görs ibland inte beräkningar av detta arbetsmoment. Ljudet kan uppfattas som mycket störande då det är av impulskaraktär.

Det finns idag vissa möjligheter att dämpa ljudet från skutknackning. Ljudet som genereras beror på storleken på hammaren och om den går att innesluta i en ljuddämpare. Det bästa sättet att dämpa detta bidrag är att försöka undvika det helt. Genom att effektivisera metoderna för brytning skulle mängden skut kunna minskas och således även tiden som arbetsmomentet behöver utövas.

Förkrossning och krossning (hjullastare, feeder, käftkross, konkross)

Buller alstras vid förflyttning och matning av material, samt av själva krossningen. Krossningen alstrar typiskt relativt låga frekvenser, och är därför ibland det dominerande ljud som hörs på långt håll. Krossen i sig är en av de största bidragande ljudkällorna för hela processen. Att placera krossverket på en väl vald plats är viktigt för att kunna minimera spridningen av buller.

2.2.2. Andra viktiga bullerkällor

Övriga moment som visas i systembilden, Figur 1, kommer också att bidra till den totala ljudnivån:

Siktning (sorteringsverk, dieselaggregat)

För att dela upp det krossade materialet i fraktioner används sorteringsverk som siktar det krossade materialet. Ljudet genereras främst vid skakning av bergmaterial eller grus genom de galler som avskiljer de olika fraktionerna.

Genom att beklä gallren med gummi eller liknande skulle ljudet från detta arbetsmoment kunna minskas. Det vanligaste sättet att minska spridningen av buller från denna del av verksamheten är att skärma det. Placering av sorteringsverket kan i stor grad påverka ljudutbredningen och risken för störning.

Tippning och lastning (frontlastare, grävmaskin)

Vid lastning på flak och vid tippning dominerar ljud från det över bullret som alstras av själva fordonets drift. Flak och skopor som har stora ytor som vibrerar strålar ut ljud.

Tippning sker i flera delar av verksamhetsprocessen. Tippningen som sådan beskrivs sällan i bullerutredningar. Den största anledningen är att ljudet då sten faller på sten är relativt tyst. Tippning på såll eller ner i kross, tillika tippning till lastbilsflak kan ge starkare ljud. Dessa ska dock inte betecknas som impulsljud vilket finns utrett i Nordiska ministerrådets ”BAT buller från bergtäkter”.

Ljud från tippning ner i kross etcetera går att åtgärda på olika sätt genom bland annat sänkt tipphöjd och materialval eller ytbehandling i flak med mera.

Lastning med hjullastare/frontlastare bidrar till verksamhetens ljudalstring. Lastarens färdvägar varierar och är ofta svåra att förutbestämma vilket också gör dem svåra att skärma. Vilken typ av lastare som används är av stor vikt för ljudemissionen från verksamheten.

Transportband

För att minska mängden lastning och tippning av material inom en krossanläggning används transportband. Dessa bör placeras och dämpas på ett sådant sätt att de, genom den bergmassa de transporterar, skärmas. Transportband genererar olika mängd buller beroende på vilken typ av material som transporteras. Tippning från transportband ner i container, båt eller annat kärl som kan avge höga ljudnivåer bör undvikas och göras från så låg höjd som möjligt.

Dammbekämpning (vattenkanon)

Vattnet som sprutas mot ytor alstrar vibrationer som strålar ut ljud.

Maskindrift (dieselaggregat, el-aggregat)

Drivning av bland annat sikt med dieselaggregat alstrar relativt lågfrekvent buller. Eldrift alstrar lägre ljudnivåer.

Fordon

Ventilation, kylning och motorer alstrar ljud även vid tomgång.

Transporter (lastbil)

I det ögonblick transporterna lämnar den allmänna vägen och kör in genom grindarna till verksamhetsområdet utgör de verksamhetsbuller och hanteras enligt de riktvärden som gäller för verksamheten. Maximala ljudnivåer från denna del i processen är svåra att påverka mer än genom att underlätta för ett bra körsätt, undvika stopp och onödig väntetid samt genom att placera genomfartsvägar på ett sådant sätt att de ligger så långt från bostäder eller annan känslig verksamhet som möjligt och/eller är skärmade.



Figur 3: Gummiklädda fordonsflak minskar bullret avsevärt. Inte bara vid lastning utan även vid avtippning uppstår mycket buller. Minskning ca 10-15db, kostnad 100'-200' sek.

3. JURIDIK OCH TILLSYN

I detta avsnitt ges en kort beskrivning av relevanta regelverk kring krossning och tillämpningar av dem, som underlag till bedömning av olika metoders bullerdämpningspotential. En utförligare diskussion av regelverken finns i PM:et ”Bullerminskning i krossanläggningar – juridik och krav” (Mustonen 2017) som togs fram i projektet.

3.1. Buller från krossning: relevant regelverk

Regelverket för hanteringen av buller baseras i lagstiftningen i första hand på Miljöbalken (1998) som reglerar miljöfarlig verksamhet och Plan- och bygglagen (2010) som reglerar samhällsplanering, markanvändning och byggande. Naturvårdsverkets (2004 & 2015), Boverkets (2008 & 2015) och Folkhälsomyndighetens (2014) allmänna råd och vägledningar anger konkreta riktlinjer för olika typer av buller, hur ljudnivåerna ska mätas, riktlinjer för decibelgränser som ska sättas i miljöprövningen av olika verksamheter och hur dessa ska tillämpas i praktiken.

Krossning av berg förekommer i flera olika sammanhang och verksamhetens huvudsyfte avgör i vilken tillståndskategori krossningsverksamheten ingår. Om krossning sker vid täktverksamhet eller som en del av ett stort infrastrukturprojekt ingår den som en del av respektive tillståndsprövning, men krossningsverksamhet vid en byggarbetsplats eller på en materialterminal är inte i regel tillståndspliktig verksamhet. I de allra flesta fallen prövas krossning av kommunen som en del av byggets eller terminalens anmälan enligt Miljöbalken.

Verksamhetsutövaren ansvarar alltid för en bullerutredning som görs på förhand och lämnas till tillsyns- eller tillståndsmyndigheten vid anmälan enligt Miljöbalken, respektive vid miljötillståndsansökan. Tillsyns- eller tillståndsmyndigheten bedömer vilket regelverk som gäller och hur det ska tillämpas i det enskilda fallet. När verksamheten pågår är verksamhetsutövaren ansvarig att göra mätningar för att säkerställa att de krävda ljudnivåerna uppnås.

3.1.1. Naturvårdsverkets vägledning för industri- och annat verksamhetsbuller

Naturvårdsverket (2015) ger i sin vägledning riktvärden som ljudnivån från en industri eller en annan verksamhet. Dessa är frifältsvärden vid bostäder, skolor, förskolor och vårdlokaler, och mätningen ska ske vid fasad eller vid uteplats. Riktvärdena presenteras i tabell 1.

Tabell 1. Naturvårdsverkets (2015, 8) riktvärden för ljudnivå från industrier och andra verksamheter vid bostäder m.fl.

	L_{eq} dag (06-18)	L_{eq} kväll (18-22) samt lör-, sön- och helgdag (06- 18)	L_{eq} natt (22-06)
Utgångspunkt för olägenhetsbedömning vid bostäder, skolor, förskolor och vårdlokaler	50 dBA	45 dBA	40 dBA

Utöver ljudnivåerna i tabellen anger vägledningen en maximal ljudnivå på $L_{Fmax} > 55$ dBA som inte bör överstigas nattetid. Vidare anger vägledningen att man bör sänka tabellvärden med 5 dBA för särskilt störande ljudelement såsom momentana (t.ex. lossning av berg) eller tonala ljud (till exempel varningssignaler eller fläktar). Ljudnivåerna bör bestämmas för de timmar av dygnet då den bullrande verksamheten pågår.

3.1.2. Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggarbetsplatser

Byggarbetsplatser har en tillfällig karaktär trots att stora projekt kan pågå i flera års tid. Vissa arbetsmoment alstrar höga ljud som är svåra att undvika eller dämpa, särskilt när de sker utomhus, vilket ofta är fallet vid byggarbeten. Naturvårdsverkets (2004) allmänna råd om buller från byggarbetsplatser tillåter därför betydligt högre ljudnivåer än myndighetens vägledning om industri- och verksamhetsbuller som har en mer permanent karaktär. Till skillnad från vägledningen för industri- och verksamhetsbuller anger de allmänna råden om buller från byggarbetsplatser riktvärden för ljudnivåer både utomhus och inomhus. Riktvärden sammanfattas i tabell 2.

De allmänna råden för byggbuller tillåter även undantag för buller som är av tillfällig karaktär. För verksamhet som pågår i högst två månader kan 5 dBA högre värden tillåtas, och för enstaka kortvariga ljudhändelser som varar mest fem minuter per timme kan tabellvärdena höjas med 10 dBA, dock endast dagtid.

Tabell 2. Naturvårdsverkets (2004) riktvärden för ljudnivå från byggarbetsplatser

Område	Helgfri måndag – fredag Dag (07-19) L _{Aeq}	Kväll (19-22) L _{Aeq}	Lördag, söndag, helgdag Dag (07-19) L _{Aeq}	Kväll (19-22) L _{Aeq}	Alla dagar Natt (22-07) L _{Aeq}	L _{AFmax}
Bostäder och fritidshus						
<i>Utomhus</i>	60 dBA	50 dBA	50 dBA	45 dBA	45 dBA	70 BA
<i>Inomhus</i>	45 dBA	35 dBA	35 dBA	30 dBA	30 dBA	45 dBA
Vårdlokaler						
<i>Utomhus</i>	60 dBA	50 dBA	50 dBA	45 dBA	45 dBA	-
<i>Inomhus</i>	45 dBA	35 dBA	35 dBA	30 dBA	30 dBA	45 dBA
Undervisningslokaler						
<i>Utomhus</i>	60 dBA	-	-	-	-	-
<i>Inomhus</i>	40 dBA	-	-	-	-	-
Arbetslokaler för tyst verksamhet						
<i>Utomhus</i>	70 dBA	-	-	-	-	-
<i>Inomhus</i>	45 dBA	-	-	-	-	-

3.2. Tillämpning av regelverket

Detta avsnitt baseras på fem intervjuer som genomfördes med myndigheter med insyn till vägledning, praxis och tillsyn av krossningsverksamhet våren 2017 (se litteraturförteckningen). I de allra flesta fallen är kommunen tillsynsmyndigheten för krossningsverksamhet, och tillsynen hanteras genom anmälan enligt Miljöbalken som verksamhetsutövaren lämnar till miljöförvaltningen i den kommun där krossningen sker. Miljöanmälan är grunden för tillsynsmyndighetens bedömning av krossningsverksamhetens bullerpåverkan. Tillämpningen av regelverket baseras alltid på en analys av den platsspecifika situationen och kommunerna gör en

rimlighetsbedömning när de ställer krav på bullerskyddsåtgärder. Då är utgångspunkten att åtgärdernas omfattning och kostnader ska vara i en rimlig relation till nyttan som åtgärderna kan väntas resultera i.

3.2.1. Tillsynsprocessen

Tillsynsprocessen börjar med en anmälan som verksamhetsutövaren lämnar till kommunens miljötillsynsenhet. Bedömning av bullersituationen och förslag på skyddsåtgärder ska ingå i anmälan. Tillsynsmyndigheten begär vid behov kompletteringar och då krävs ofta en bullerutredning med bullermodell som är framtagen av en akustiker. Tillsynsmyndigheten kommer med ett svar på anmälan där gränsvärden för buller, tillåtna tider för krossning, och krav på bullerskyddsåtgärder och andra villkor anges. Handläggningstiden ligger på ca sex veckor. När detta är klart ska verksamhetsutövaren lämna ett egenkontrollprogram inkluderande planerade bullermätningar till tillsynsmyndigheten.

Vid mer komplexa projekt där krossning är en del av en tillståndspliktig verksamhet kan tillståndsmyndigheten besluta om en prövotid. Verksamhetsutövaren kan under prövtiden testa olika bullerskyddsåtgärder och föreslå åtgärder innan de slutliga villkoren fastställs.

Verksamhetsutövaren har en skyldighet att informera närboende om krossning och vilka tider den är planerad att ske samt ha beredskap för bullermätning. Tillsynsmyndigheten har möjlighet att förbjuda verksamheten att påbörjas om alla villkor inte är uppfyllda och även en pågående verksamhet kan stoppas om verksamheten inte klarar ljudnivåerna som har godkänts i tillsynsmyndighetens beslut. Verksamheten får påbörjas igen när verksamhetsutövaren har vidtagit de åtgärder som tillsynsmyndigheten kräver.

3.2.2. Val av riktvärden

Utgångspunkten för tillämpning av vägledningarna är verksamhetens karaktär. När krossning är en del av byggverksamhet på en byggarbetsplats eller dess omedelbara närhet är det i första hand Allmänna råd om buller från byggarbetsplatser som tillämpas. Dessa råd utgår ifrån att verksamheten har en tillfällig karaktär, och därför tillåts högre decibelvärden. Det finns dock ingen fastslagen tidsgräns för verksamhet med tillfällig karaktär, utan tillsynsmyndigheten gör en helhetsbedömning av verksamheten, dess karaktär och varaktighet. Tillsynsmyndigheten har även möjlighet att tillämpa riktvärden för industri- och verksamhetsbuller på byggarbetsplatser om verksamheten kan uppnå dem genom relativt lätta och mindre kostsamma åtgärder. När krossning sker på en materialterminal tillämpas i huvudsak riktvärdena industri- och verksamhetsbuller. Riktvärdena för byggbuller kan endast tillämpas undantagsvis även om materialterminalen anses vara tillfällig. Verksamhetens syfte är därmed avgörande för val av riktvärden som tillämpas. Av vikt är också att riktvärden inte är bindande utan vägledande. Tillsynsmyndigheten kan efter bedömning göra avsteg från ljudnivåvärden som anges i vägledningarna utifrån den analys som görs om den platsspecifika situationen.

3.2.3. Åtgärder för att begränsa buller

Vanliga åtgärder i tillstånden för att begränsa buller från krossning är tidsvillkor, krav på begränsningar av verksamheten, placering av krossen och arbetsplatsens fysiska upplägg. Även krav på olika sätt att skärma av bullret används ofta.

Tidsvillkor

När krossning sker i tätbebyggda områden får verksamheten drivas i huvudsak endast dagtid på veckodagar. Detta baseras i Naturvårdsverkets riktlinjer. Även andra tidsbegränsningar kan såsom sommaruppehåll på krossverksamheten kan användas av tillsynsmyndigheten.

Begränsningar av verksamheten

När berg som schaktas ut ska återanvändas vid samma bygge är krossning på plats ett sätt att undvika onödiga transporter. Vid en sådan verksamhet kan krossning av externt material förbjudas. Skutknackning som sker innan krossning för att minska stenstorleken till en krossbar fraktion är ett bullermässigt problematiskt arbetsmoment. Man kan vid behov tillåta krossning men förbjuda skutknackning.

Krossens placering och arbetsplatsens fysiska upplägg

Bullerspridningen kan minskas med planering av arbetsplatsen. Utifrån arbetsplatsens topografi, placering av bostäder och potentiellt störda verksamheter, arbetsplatsens material etc. kan man placera krossanläggningen på den plats där bullerspridningen är minst. Även upplaget av krossat berg, andra materialförråd eller personal- och kontorsutrymmen (byggbaracker) kan placeras på ett sätt som minskar bullerspridningen.

Avskärmningar och tekniska lösningar

Avskärmningar och tekniska lösningar planeras alltid utifrån den platsspecifika situationen. Containerar eller flyttbara väggar används ofta som bullerskärmar vid krossning. Även speciellt framtagna bullerdämpande skärmar, väggar eller gardiner eller mattor kan användas. När inga andra lösningar finns kan man bygga in hela krossanläggningen i ett skjul eller ett tält. Avskärmningar fungerar inte dock i trånga lägen, och inbyggda krossar kan förorsaka andra problem såsom dammig arbetsmiljö.

Krossverken har en lång livslängd upp till 30 år, och teknikutveckling på maskinparken påverkar inte krav som tillsynsmyndigheterna ställer på kort sikt. Krossverk med eldrift eller kåpor som hindrar bullerspridningen är inte så vanliga i den dagliga verksamheten och tillsynsmyndigheterna kan endast ställa krav på sådana lösningar utifrån verksamhetsutövarens förslag.



Figur 4: I stupet eller i mataren vid inlastningen faller gumminklädnad att oljud och buller inte fortplantar sig i metallstativen. Minskning ca 10-15db, kostnad ca 40' sek.

4. BULLERDÄMPNINGSTEKNIKER OCH ARBETSSÄTT

I detta avsnitt redovisas de tekniker och metoder för bullerdämpning som samlats in av projektet via intervjuer och litteraturstudier. När så har varit möjligt har kostnader och bullerdämpningseffekt för bullerdämpningen också uppskattats.

Det finns många olika tekniker på marknaden för bullerdämpning. Till det tillkommer olika arbetssätt och planeringsåtgärder man kan vidta på en materialterminal för att ytterligare minska buller. Projektet har sammanställt en lista som ger en överblick över de tekniker och metoder som finns. Listan återfinns i Bilaga 1: Lista på bullerdämpningstekniker och metoder. Dessa har samlats in genom intervjuer, samt genom litteraturstudier, se litteraturförteckningen.

4.1. Om listan

Listan redovisas i Bilaga 1: Lista på bullerdämpningstekniker och metoder. Den är uppställd i sektioner baserat dels på de mest bullrande arbetsmomenten i en krossanläggning (skutknackning och krossning) samt mest fördelaktiga strategier för att minska buller (vid källa, hindra utbredning, vid mottagare). Se avsnitt 2.1 för bakgrunden till denna indelning. Följande sektioner finns i listan:

- Minskar ljud vid källa skutknackning
- Minskar ljud vid källa krossning
- Minskar ljud vid källa övriga arbetsmoment
- Minskar bullerutbredning
- Minskar buller- eller störnivå hos mottagaren
- Övergripande åtgärder
- Bullerdämpning på forskningsstadiet

Några metoder har markerats rött i listan, för att de lyfts av projektdeltagare och/eller intervjuade som lovande tekniker.

De flesta metoderna saknar dokumentation vad gäller bullerdämpning och även vad gäller kostnad. Detta beror i flera fall på att dämpningen kommer att vara platsspecifik och ska ses som principer snarare än ”butiksfärdiga” lösningar. Det går också att dra slutsatsen att det finns mycket i form av mätningar och tester som behöver göras för att utvärdera metoderna. Därför är kostnad och bullerdämpningspotential inte alltid ifyllt.

4.2. Reflektioner kring bullerdämpningsutbudet

Många av de lösningar som lyfts av intervjudeltagare handlar snarare om underhåll och arbetssätt, till exempel gott underhåll av vägar eller acceleration med litet gaspådrag, än särskilda tekniker. Bullerdämpning är alltså inte bara något man gör i etableringsfasen av en materialterminal genom att köpa in eller bygga bulleravskärmningar, utan det är ett ständigt arbete under driften av terminalen. Inte desto mindre kan olika tekniker samt en god terminalplanering ge stor effekt på bullernivåer.

Något som genomgående lyfts av olika projektdeltagare och intervjuer under hela projektet är vikten av dialog med kringboende. En god dialog och aktivt informationsarbete kan ge betydlig färre klagomål och ger större frihet i form av arbetstider med mera.

Vad gäller den ena av de mest störande arbetsmomenten, skutknackning, finns få förslag på bullerdämpning av själva aktiviteten. Som påpekats av intervjudeltagare kan skutknackningens störningseffekt minskas genom att den aktiviteten planeras till tider då minsta möjliga antal personer störs. Här är god dialog med närboende särskilt viktigt.

För den andra av de mest störande arbetsmomenten, krossning, finns desto fler förslag, dessa handlar om inbyggnader av krossen och om gummibeklädnad av matningstratten.

Bland bullerdämpning av övriga arbetsmoment märks "elfordon". Arbetsfordon som drivs med el är avsevärt tystare än dieseldrivna fordon, och avger dessutom inte avgaser vilket är en stor fördel i stängda utrymmen, såsom bullerdämpande tält. De har utvecklats och finns i drift i gruvnäringen, men än så länge finns få kostnadseffektiva alternativ för entreprenadbranschen. Flera tillverkare har dock eldrivna arbetsmaskiner under utveckling, så redan om några år kan det finnas flera alternativ på marknaden.

I listan finns också några möjligheter som fortfarande kräver en del utvecklingsarbete innan de är marknadsmässiga. Här märks "aktiv bullerdämpning" som fungerar genom att ett motljud sänds ut som släcker ut bullret. Denna teknik finns i bullersläckande hörlurar, men är svårare att tillämpa på ett så stort område som en materialterminal, eller ens på en enskild maskin, här krävs mer forskning.



Figur 5: Byte av siktmedia från trådsäll i stål till ett polymert siktmedia minskar bullernivån kraftigt. Bl.a Sandvik kan erbjuda polymert siktmedia med samma öppenarea som trådsäll. Minskning 10-15db. Kostnad 25'-75' sek. Polymer siktduk håller upp 10x en trådduk vilket gör att kostnaden per ton krossat material ofta kan räknas hem.

5. BULLERUTREDNINGAR OCH DERAS ANVÄNDNING OCH UTVECKLINGSMÖJLIGHETER

Det är bullerutredningen som leder till de ljudnivå-krav som ställs i tillstånden. För att effektiva bullerdämpningsmetoder eller arbetssätt ska få genomslag i tillstånden är det därför viktigt att akustikkonsulten kan ta hänsyn till dessa i sin bullerutredning. I detta avsnitt följer en diskussion kring bullerutredningarnas utvecklingsmöjligheter.

5.1. Hur arbetar man med bullerutredningar idag?

Då krossverksamhet tidigare oftast var lokaliserad till platser långt från boende och andra störningskänsliga verksamheter har även modellerna för att beräkna bullret från krossanläggningarna anpassats till detta förhållande. Det vanliga sättet att räkna ljudutbredning från en kross har varit att identifiera det eller de dimensionerande ljudkällorna inom verksamheten, vilket oftast är själva krossen. Denna har simulerats genom att placera en punktkälla på lämplig höjd över mark i ett beräkningsprogram. Källan har sedan ansatts en ljudeffekt och en spektrumform som motsvarar en kross varefter ljudutbredning och spridning beräknats till närliggande bebyggelse med hänsyn till topografi och markförhållanden.

Beräkningarna har varit enkla och relativt snabba att utföra. Kunskapen kring hur verksamheten bedrivs har ibland varit begränsad hos den som utfört beräkningen. Värdena har redovisats som underlag till bland annat tillståndsärenden.

Dessa beräkningar har dock inte varit otillräckliga eller dåliga. På långa avstånd kan dessa beräkningar fungera tillfredsställande och ge en bra bild över vilka ljudnivåer som verksamheten kommer att generera. I beräkningarna finns en inbyggd säkerhetsmarginal genom att denna typ av beräkning ofta ger en överskattning av ljudnivåer, då källan placeras högt och ofta motsvarar hela krossens emitterande ljud.

Beräkningar av ljudutbredningen från krossar görs ibland endast för ett enda fall. Ofta är källdata baserat på mätningar som täcker in krossens mest intensiva arbetsmoment vilket resulterar i något som kan sägas motsvarar en något modifierad maximalnivå. Information och kunskap om hur krossen används och hur verksamheten i stort bedrivs finns oftast inte tillgänglig vilket gör att det blir svårt att uppskatta en arbetscykel. En annan anledning till att det ofta blir maximala ljudnivåer som beräknas beror på hur riktvärdena är skrivna. Om verksamheten kommer att pågå nattetid (kl 22 – 06) blir oftast dessa nivåer dimensionerande. Om inte, blir det de ekvivalenta ljudnivåerna under en arbetscykel (minst en timme) som oftast är dimensionerande.

5.1.1. Åtgärder med befintlig beräkningsmetod

Då beräkningarna sker med en källa blir åtgärderna baserade enbart på denna. Skärmande objekt, källans placering i relation till bostäder eller styrning av vilken tid källan är aktiv blir de åtgärder som finns tillgängliga för entreprenören eller projektören om beräkningen görs i ett tidigare skede.

En sällan använd åtgärd kopplad till byggbuller och denna typ av industribuller är lokala åtgärder vid mottagaren/mottagarna såsom fönsteråtgärder eller lokala skärmar. Dessa åtgärder bör ses som en sista utväg om ingen annan åtgärd är möjlig då åtgärden är lokal och inte ger bullerdämpning till fler än de boende i just den åtgärdade fastigheten.

Att påverka processens övriga steg eller andra delar av verksamheten ger ingen effekt i beräkningarna vilket gör att sådana åtgärder sällan föreslås. Här är kommunikation mellan beräknande akustiker och entreprenör av största vikt. Tror entreprenören att ingenjören har bra förståelse för verksamheten blir oftast frågan om åtgärder helt liggande hos ingenjören. Denne åtgärdar det den kan, det vill säga den punktkälla som beskriver krossen, i beräkningsmodellen.

Med bättre dialog och mer utförliga/detaljerade frågor hade fler åtgärder kunnat användas. Detta kräver dock att verksamheten beskrivs akustiskt på ett bättre och mer verklighetstroget sätt.

5.2. Hur skulle man kunna arbeta med bullerutredningar i framtiden?

För att bättre kunna åskådliggöra de möjligheter som finns för att motverka spridning av buller från krossverksamhet behöver beräkningarna mer likna den verksamhet som faktiskt bedrivs. För att kunna göra denna modell av verksamheten behöver kunskap om processen inhämtas.

1. Kunskap om verksamheten
 - Vilka moment ingår i verksamheten? Genom att betrakta rätt källor blir beräkningen mer lik verkligheten. På detta sätt kan åtgärder värderas för vad de verkligen ger och extra bullrande moment skulle kunna tydliggöras.
 - Under vilka tidsperioder pågår olika arbetsmoment? Vilka pågår kontinuerligt och är det vissa arbetsmoment som följer på varandra i cykler?
 - Hur går processens delar att placera inom området? Vad finns det för begränsningar? Genom att placera mer bullrande delar av verksamheten på större avstånd eller skärmat från omgivningen kan spridningen minska. Man kan också reducera transporter inom området genom att på förhand tänka igenom placering av de olika verksamhetsdelarna och transportvägarna.
 - Ljuddata på processens olika delar. För att kunna utföra beräkningar som mer liknar verkligheten behöver källdata för processens olika steg mätas upp så att de kan modelleras som källor för att användas i beräkningsprogramvaror.
2. Beräkna arbetscykel
 - En väl dokumenterad arbetscykel berättar ofta mycket om en verksamhet ur bullersynpunkt. Arbetscykel kan mätas på plats eller så kan branschen enas om en cykel som kan fungera som "best practice". Troligtvis behövs båda varianterna då krossning och kassahantering i tätortsnära lägen förmodligen skiljer sig från samma verksamhet där mindre hänsyn till omkringliggande bostäder behöver tas.
3. Sätt krav
 - Genom god kunskap om verksamheten och dess arbetscykel kan beräkningar som närmare återspeglar verkligheten göras. Beräkningarna kan ligga till grund för bättre och med relevant kravsättning.
 - Kraven ska återspegla de verkliga förhållandena och vara satta utifrån den kunskap som finns i det aktuella utredningsskedet. Om utredningen görs i tidigt skede till exempel inför en upphandling, bör utredningen innehålla syfte och noggrannhetsgrad. Krav bör därefter sättas utifrån den noggrannhet som utredningen medger.

Vid krossning i urbana miljöer eller nära bostäder och annan känslig verksamhet kommer kvaliteten på bullerberäkningarna bli avgörande för vilka krav som kommer kunna ställas på verksamheten. Noggrannheten kommer behöva ökas ju närmare bostäder, skolor eller andra skyddsvärda platser krossningen kommer.

Genom att utföra mer noggranna beräkningar kommer också förståelsen för hur bullret sprider sig att öka både hos beställare som entreprenör. Detta kommer i förlängningen att leda till bättre planerade krossterminaler men också ge bättre underlag för att kunna fatta tidiga beslut om var eller hur verksamheten kan planeras in i samhällsbyggandet.

6. KRAV I UPPHANDLING OCH AFFÄRSERBJUDANDEN

För att uppnå bästa möjliga bullerdämpning på en materialterminal måste det finnas ett erbjudande från en entreprenör som vill arbeta aktivt med frågan, och det måste finnas beställare som vill och kan handla upp bullerdämpningslösningar. I detta avsnitt diskuteras detta, affärsmodellerna och upphandlingen.

6.1. Beställares krav

Det huvudsakliga syftet med offentlig upphandling är att göra den offentliga sektorns anskaffningar tillgängliga för fler konkurrenter och att säkerställa att myndigheter behandlar alla som vill få affärskontrakt med offentlig sektor lika (Konkurrensverket, 2014). Regelverket för offentlig upphandling är likadant i hela EU och bygger på EU-direktiv som säger att valet av leverantör skall ske på affärsmässig grund och göras på ett förutbestämt sätt. I Sverige regleras offentlig upphandling främst genom lagen om offentlig upphandling (LOU) samt lagen om upphandling inom områdena vatten, energi, transporter och posttjänster (LUF). Båda dessa lagar bygger i huvudsak på EU-direktivet.

LOU och LUF bygger både på fem grundläggande principer som anges i 1:a kap. i såväl LOU (9 §) som LUF (24 §). Dessa är följande:

- *Principen om icke-diskriminering.* Förbjudet att direkt eller indirekt diskriminera någon leverantör på grund av nationalitet.
- *Principen om likabehandling.* Alla leverantörer ska behandlas lika och exempelvis få samma information vid samma tillfälle.
- *Principen om transparens.* Skyldighet för den upphandlande myndigheten att skapa öppenhet och förutsägbarhet genom att lämna information om upphandlingen och hur den kommer att genomföras.
- *Proportionalitetsprincipen.* Kraven på leverantören ska ha naturligt samband med och stå i rimlig proportion till det som upphandlas.
- *Principen om ömsesidigt erkännande.* Intyg och certifikat som har utfärdats av en medlemsstats myndighet ska gälla också i övriga EU/EES-länder.

Miljöanpassad offentlig upphandling har lyfts fram som ett betydelsefullt styrmedel i arbetet mot hållbarare konsumtions- och produktionsmönster av såväl FN som EU och Sveriges regering. I de europeiska direktiven om offentlig upphandling (Directive 2004/17/EC and Directive 2004/18/EC) beskrivs möjligheterna att på frivillig basis ställa miljökrav vid offentlig upphandling. Direktiven medger att miljökrav får ställas i olika faser av upphandlingsprocessen. Därutöver föreslogs år 2007 ett EU gemensamt politiskt mål att 50 procent av den offentliga upphandlingen ska kunna betecknas som miljöanpassad.

EU flyttar nu fram positionerna ytterligare när det gäller miljökrav i offentlig upphandling. Den 15 januari 2014 antog Europaparlamentet nya EU-direktiv. Syftet med de nya direktiven är att se till att man kan ta det mest fördelaktiga anbudet genom att införa nya tilldelningskriterier som i högre grad värderar miljöaspekter, sociala skäl och innovation (European Parliament, 2014).

I den svenska upphandlingslagstiftningen finns redan flera möjligheter att ställa miljökrav och ta sociala hänsyn under upphandlingsprocessens alla steg. I juli 2010 infördes t ex en målformulering i lagstiftningen som lyder ”Upphandlande myndigheter bör beakta miljöhänsyn och sociala hänsyn vid offentlig upphandling om upphandlingens art motiverar detta” LOU 1 kap.9 a§ Denna lagändring i LOU säger att myndigheter, om det är motiverat, *bör* ta miljö- och social hänsyn vid offentlig upphandling, i motsats till *får* som det tidigare stod i lagen.

6.1.1. Miljö- och energikrav i upphandlingsprocessen

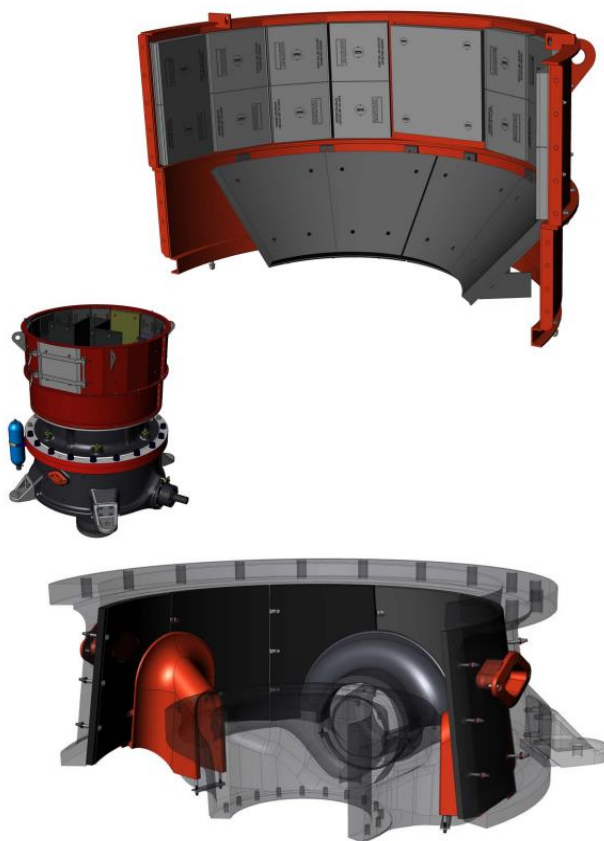
En upphandlingsprocess kan delas in i tre faser: förberedelsen, upphandlingen, uppföljningen och bör ses som en cyklisk process där erfarenheter från tidigare upphandlingar och avtalsperioder tillvaratas (Krall & Sandberg, 2010). På så sätt kan upphandlingsprocessen, utöver en metod att anskaffa varor och tjänster, leda till en lärande process.

De olika moment som vanligtvis ingår i de olika faserna är

- Förberedelse – behovsanalys och marknadsanalys
- Upphandling - upprättande av förfrågningsunderlag, annonsering, uteslutning och kvalificering av leverantörer, anbudsutvärdering, kontraktstilldelning
- Uppföljning - avrop, uppföljning och utvärdering

Förberedelse

Enligt upphandlingsreglerna får upphandlande myndigheter och enheter beakta miljöhänsyn i alla dessa steg i upphandlingsprocessen. Regler och förutsättningarna för hur det ska gå till varierar dock. Förberedelsefasen regleras eller definieras inte i upphandlingslagstiftningen. Behovs- och marknadsanalysen, utgör dock grunden för innehållet i förfrågningsunderlaget och har därmed stor inverkan på vilken teknik som upphandlas och vilka miljöhänsyn eller miljöaspekter som kan och bör beaktas i den enskilda upphandlingen.



Figur 6: I krossen kan både stupet in i krossen och underdelen av krossen gummiklädas för minskat buller. Uppskattad minskning är ca 6db.

Upphandling

För upphandlingsmomentet finns flera regler och rekommendationer och miljöhänsyn kan inkluderas på flera olika sätt. Se Tabell 3.

Tabell 3: Regler och rekommendationer på hur miljöhänsyn kan inkluderas i upphandling (baserat på Miljöstyrningsrådet, 2012)

A. Kvalificeringskrav (obligatoriska krav på leverantören)	Dessa krav ställs på leverantörens tekniska och yrkesmässiga förmåga och kapacitet. Kraven är obligatoriska och anbudsgivare som inte uppfyller kraven ska uteslutas från upphandlingen. (Källa: LOU/LUF 11 kap.)
B. Teknisk specifikation (obligatoriska krav på produkten som upphandlas)	Dessa krav beskriver olika produktområden och kan utformas som hänvisningar till standarder eller som funktions- eller prestandakrav. Kraven är obligatoriska och anbudsgivare som offererar varor eller tjänster som inte uppfyller kraven ska uteslutas från upphandlingen. (Källa: LOU/LUF 6 kap.)
C. Tilldelningskriterier (utvärderingskriterier)	Dessa kriterier kan användas för att fastställa vilket anbud som ska få kontraktet eftersom det är det ekonomisk mest fördelaktiga anbudet. (Källa: LOU/LUF 12 kap. 1-2 § §, 15 kap. 16 §.)
D. Särskilda kontraktsvillkor (villkor för att kontraktet ska uppfyllas)	Dessa krav ställs på leverantören eller produkten/tjänsten och är villkor som ska uppfyllas under kontraktets utförande. Dessa krav ställs på leverantören om hur kontraktet ska uppfyllas under avtalsperioden. (Källa: LOU 6 kap. 13 §)

Kvalificeringskrav innebär att krav ställs på leverantören och syftar till att bedöma potentiella leverantörers ekonomiska kapacitet och tekniska förmåga att leverera eller utföra de tjänster som upphandlingen avser. Detta kan även innebära att krav på anbudsgivarens miljöarbete. Ett bevis på att en anbudsgivare uppfyllt kraven kan vara till exempel certifikat enligt miljöledningssystemen ISO 14001 eller EMAS. Det är dock viktigt att även likvärdiga bevis tillåts.

Miljökrav i *teknisk specifikation* innebär obligatoriska krav på produkten som upphandlas. Kraven är då kontraktsvillkor som är civilrättsligt bindande för leverantören. I en entreprenadupphandling kan graden av uppfyllande inte bedömas i upphandlingen utan först vid slutbesiktningen. Krav på teknisk specifikation kan utformas som hänvisningar till standarder eller som funktions- eller prestandakrav. Det kan till exempel innebära krav på att fordon får ha en angiven högsta bränsleförbrukning (Konkurrensverket, 2011). Under vissa förutsättningar kan den upphandlande myndigheten hänvisa till en miljömärkning för produkten eller tjänsten. De tekniska specifikationerna får dock inte hänvisa till ett specifikt märke eller ursprung. I det nya EU direktivet som antogs i januari 2014 har dock detta ändrats och det ska därmed bli enklare att ställa krav som direkt hänvisar till märkningar (både miljö- och sociala märkningar).

Krav som ställs i *tilldelningen* av kontrakt kan bara användas om tilldelningsgrunden ”det ekonomiskt mest fördelaktiga anbudet” (se 12 kap. 1 § LOU respektive LUF) tillämpas. Vid

tilldelningsgrunden ”ekonomiskt mest fördelaktiga” används tilldelningskriterier för att avgöra vilket anbud som är det bästa med hänsyn till flera olika faktorer, t ex pris, kvalitet, miljöegenskaper, tekniska egenskaper m m. Myndigheten anger då vilka kriterier som den tar hänsyn till i utvärderingen av anbuden. EU-domstolen konstaterade att det är tillåtet att tillämpa icke-ekonomiska tilldelningskriterier under förutsättning att de

- är kopplade till kontraktets föremål,
- är specifika och objektivt kvantifierbara
- har offentliggjorts i förväg, samt
- är förenliga med EU-rättens grundläggande principer.

Vid val av det ekonomiskt mest fördelaktiga anbudet är det upp till den upphandlande myndigheten att avgöra i vilken grad de önskar att miljöhänsyn ska vara avgörande vid valet av anbudsgivare. I det nya EU direktivet har fokus flyttats från lägsta pris till ”det ekonomiskt mest fördelaktiga budet” i upphandlingar.

Särskilda kontraktsvillkor kan användas på olika sätt för att förvissa sig om att en leverantör tar tillfredsställande miljöhänsyn vid kontraktets utförande. Kraven är alltså villkor som ska uppfyllas under kontraktets utförande. Kontraktsvillkoren behöver inte vara uppfyllda vid anbudsgivningen men väl under kontraktstiden och ger leverantören möjlighet till omställning.

Uppföljning

En uppföljning säkerställer att leverantören följer sina åtaganden och håller utlovad kvalitet bland annat beträffande ställda miljökrav. Utvärderingen av miljökrav kan leda fram till att de får en annan utformning i framtida upphandlingar, t ex att miljömålen skulle kunna uppnås på ett mer effektivt sätt om kraven i förfrågningsunderlaget justerades.

6.1.2. Bullerrelaterade miljökrav i offentlig upphandling

Det finns inget lagrum som förbjuder offentlig sektor att efterfråga de varor på marknaden som har bäst miljöprestanda oavsett om det gäller emissioner och buller, energiförbrukning eller andra aspekter som t.ex. kemiska ämnen som ingår i en vara (EU:s förordning nr 834/2007). Trots detta förekommer det ibland påpekanden från vissa instanser inom näringslivet om att sådana krav strider mot den fria rörligheten av varor inom EU. Miljöanpassad upphandling måste få möjlighet att ställa krav som går längre än vad lagstiftningen kräver, annars är en upphandling inte att betrakta som miljöanpassad eller socialt ansvarsfull enligt EU:s egna definitioner.

I mars 2007 fattade Sveriges riksdag ett beslut att påbörja en handlingsplan i Sverige för miljöanpassad offentlig upphandling. I förarbetena till handlingsplanen framgår klart att ett av syftena med handlingsplanen är att utarbeta ”drivande miljökrav” – krav som per automatik går längre än gällande lagstiftning. Förslaget till handlingsplan genomgick en mycket bred remisshantering med stor acceptans från alla remissinstanser innan ärendet blev föremål för riksdagsbehandling.

Miljöstyrningsrådet anser att antalet överprövningar som beror på ställda miljö- och sociala krav är förhållandevis få (Miljöstyrningsrådets Rapport 2012:1). I de överprövningar som skett hänvisas ofta till att ställda krav inte är förenliga med proportionalitetsprincipen. I ett uppmärksammat mål kan användas prejudicerande. Det handlar om Concordia Bus (mål C-513/99) om möjligheten att tillämpa icke-ekonomiska argument som tilldelningskriterier. Målet rörde upphandling av transporttjänster av bussar i Helsingborg där låga nivåer på kväveutsläpp och buller gav en tilläggspoäng vid utvärderingen av inkomna anbud. EU-domstolen gav den upphandlande myndigheten rätt då ett miljökrav inte behöver ha en direkt positiv effekt för den upphandlande

myndigheten då kostnaden för utsläppen och bullret skulle bäras av invånarna i staden och inte direkt av den upphandlande myndigheten. EU-domstolen pekade även på artikel 6 i dåvarande EG fördraget (nuvarande artikel 11 EUF-fördraget) enligt vilket miljöskyddsåtgärder ska integreras i gemenskapens politik och verksamhet. EU-domstolen fann att likabehandlingsprincipen inte utgjorde något hinder för att beakta sådana miljöskyddsåtgärder i målet.

Kopplat till de av projektet sammanställda teknikerna finns stora möjligheter att ställa krav i upphandling.

Olika typer av körsätt som kan påverka ljudbilden kan t ex ställas som kvalificeringskrav. Ett sådant krav riktar sig till leverantörens yrkesmässiga förmåga och kapacitet, tex genom att behöva uppvisa krav på att alla förare har genomgått en kurs i eco-driving. Kvalificeringskrav är obligatoriska och anbudsgivare som inte uppfyller kraven utesluts från upphandlingen.

Tekniska specifikationer kan användas för att ställa krav på olika på olika funktion eller prestandakrav som tex användning av specifika fordon såsom elfordon eller hybridfordon eller för att använda krav på annan form av backljud som upplevs mindre störande eller olika former av gummibeklädnader på krossar eller matare.

Särskilda kontraktsvillkor kan användas för att ställa krav som ska uppfyllas under kontraktets utförande. Det skulle till exempel kunna vara frekvensomvandlare i siktar, terminalplanering, aktiv bullerdämpning.

Om man som beställare inte vet vilka bulleråtgärder som är mest lämpliga för det tänkta objektet kan det vara en fördel att ställa kraven som tilldelningskriterier eller utvärderingskriterier. Detta är framförallt lämpligt ifall områden är speciellt känsligt för buller. Anbudet utvärderas utifrån tilldelningskriterier mest ekonomiskt fördelaktigt anbud vilket möjliggör beställaren att ta hänsyn till **olika** kriterier, utöver pris som är kopplade till föremålet för kontraktet, till exempel såsom bullernivåer uttryckta i dB.

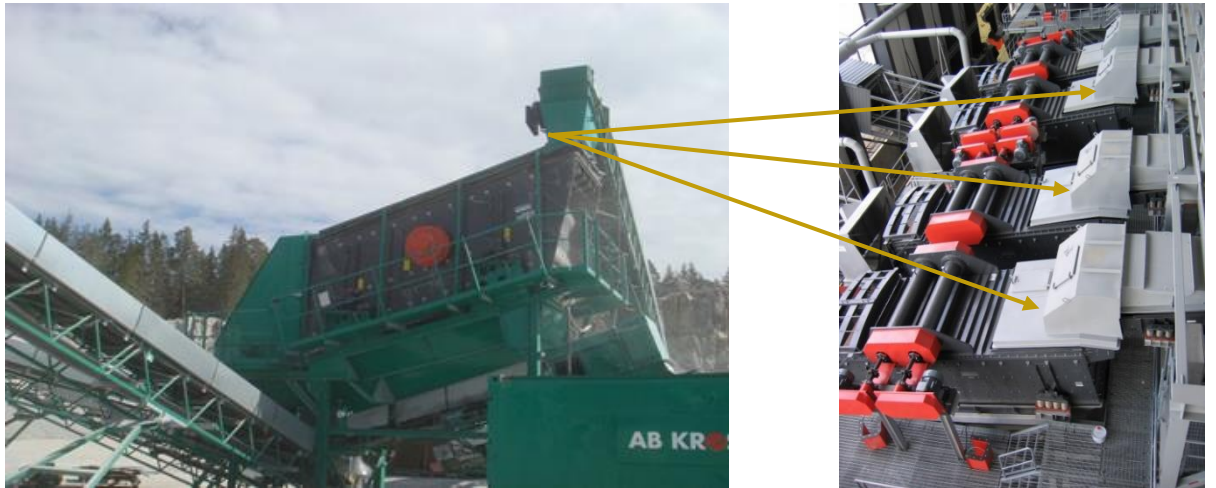
6.2. Entreprenörers erbjudanden

Krav i upphandling går hand i hand med entreprenörers affärserbjudanden. I detta avsnitt sammanfattas synpunkter från entreprenörer och konsulter angående beställarkrav.

Entreprenörerna föredrar att vara de som kommer med förslag på åtgärder som ska användas utifrån ett krav på ljudnivå som beställaren sätter. Det innebär att de kan konkurrera med nya innovationer på bullerdämpningsområdet. Ett kontrakt som dessutom ger en bonus om entreprenören uppfyller strängare bullerkrav är också attraktivt.

När nya krav ställs ger det upphov till vissa motsättningar. Innan en entreprenör kan bli intresserad måste nya rutiner sättas. Det är viktigt att kraven är konkreta och enkla att relatera till nytta och ekonomi. Det är också viktigt att återkoppling och uppföljning sker i en beställning men även mellan beställningar.

I fall med bullerdämpningskrav, där flera tekniker redan finns på marknaden, och nya innovationer finns på horisonten, är det viktigt att de entreprenörer som erbjuder bra lösningar premieras för det i upphandlingarna.



Figur 7: För bl.a sikten kan även inkapsling med bullerdämpande kåpor som bilden upp till höger visar vara effektivt. Minskning ca 10db.

7. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Ökad acceptans för tätortsnära materialterminaler, bullerdämpning och kravställan på bullerdämpning från beställare och tillståndsmyndigheter hör ihop. I detta projekt har vi tittat på bullerdämpningsfrågan från flera olika synvinklar och kunnat konstatera att det finns många lösningar och tekniker för bullerdämpning på marknaden, men att beställar- och tillståndsprocessen inte alltid premierar det mycket aktiva bullerdämpningsarbete som skulle behöva utföras av entreprenörer för att kunna nå de ljudnivåer som vore lämpliga för tätortsnära terminaler.

Vad gäller tillståndsprocessen så hänger den ihop med bullerutredningar. En slutsats från projektet är att dagens bullerutredningar kan behöva utvecklas, så att mer hänsyn tas till de specifika aktiviteter som pågår på en materialterminal. Det kräver förbättrade akustikmodeller, men även att utredning och krav matchas utefter det utredningsskede man befinner sig i. Detta kräver en fördjupad dialog mellan akustikkonsult, beställare och tillståndsmyndighet.

Entreprenörer efterfrågar att krav ställs, utifrån ljud-nivåer, inte på specifika tekniker, och att ett gott bullerdämpningsarbete premieras i upphandling. För att beställare ska kunna ställa krav är det viktigt att dessa har en kunskap om hur stor bullerdämpningseffekt man kan uppnå med olika metoder och vad det kan tänkas kosta. Detsamma gäller tillsynsmyndigheter i deras kravställan. Den lista som projektet tagit fram (Bilaga 1: Lista på bullerdämpningstekniker och metoder) är ett första steg mot ett sådant beställar- och tillsynsstöd.

Under den workshop som hölls under projektets slutmöte diskuterades listan. Då nämndes bland annat att tekniker finns, men att det är dyrt och att sättet att mäta produktivitet på materialterminalen och hur beställare premierar ett aktivt arbete med bullerdämpning spelar stor roll. Gruppen lyfte också flera arbetsmetoder som inte behöver kosta mer, till exempel låga tipphöjder, ett bra underhåll av maskiner, ett mjukt körsätt och så vidare.

Slutligen ställdes i workshopen även frågan om vad en ökad digitalisering av en materialterminal skulle kunna ge för vinster; vad skulle hända om terminalen var översållad med sensorer som kunde mäta bullernivåer i realtid? Gruppen kom fram till att bara mätningar i sig inte räcker, det stora arbetet är analysen av mätdatan. Men sådana analyser ger stora möjligheter att utveckla akustikmodeller, samt att ta fram åtgärdsförslag på specifika terminaler. Det kan också användas i dialog med tillsynsmyndigheter för att visa på åtgärders effekt, och även i dialog med närboende.

Projektets huvudslutsatser är i korthet:

- Beställare och tillsynsmyndigheter måste ha kunskap om vilken bullerdämpning som är möjlig och vad den kostar och ställa krav därefter.
- Bullerutredningar kan utvecklas både i sina modeller och fördjupat kring processer på materialterminaler för att vara ett ännu bättre underlag för kravställan.
- Det finns möjlighet för entreprenörer att arbeta mer proaktivt med bullerfrågan, det behöver inte vara en fråga om kostnader, mycket ligger i arbetssätt.
- Aktivt bullerdämpningsarbete måste löna sig för entreprenören. Detta är nära sammankopplat med kravställan.
- Dialog och information är viktigt i alla led – i beställarprocessen, i tillståndsprocessen, i driftsfasen med närboende. Informationen måste anpassas till mottagaren och löpa genom hela processen.

LITTERATURFÖRTECKNING

Skriftliga källor

Boverket (2015): Industri- och annat verksamhetsbuller vid planläggning och Bygglovsprövning av bostäder – en vägledning. Rapport 2015:21. Boverket, Karlskrona.

Boverket (2008): Buller i planeringen – Planera för bostäder i områden utsatta för buller från väg- och spårtrafik. Boverkets allmänna råd 2008:1. Boverket, Karlskrona.

Enviplan AB (2015) Bullerutredning – Beräkning av buller från Ekegrus AB:s bergtäkt i Sigtuna kommun, 2015-09-27

Folkhälsomyndigheten (2014): Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus. Folkhälsomyndighetens författningssamling, FoHMFS 2014:13.

Länsstyrelsen Dalarnas län (2012): Tillstånd enligt Miljöbalken till miljöfarlig verksamhet, Miljöprövningsdelegationen, 2012-10-16 Dnr: 551-5110-2012

Miljöbalk (1998:808). Svensk författningssamling 1998:808. http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-80. Upphämtad 2017-18-17.

Miljöprövningsförordningen (2013). Svensk författningssamling 2013:251. http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljoprovningforordning-2013251_sfs-2013-251. Upphämtad 2017-08-17.

Miljösamverkan Västra Götaland (2011): Handledning för täktillsyn

Miljöstyrningsrådet Rapport 2012:1 MILJÖ-, EKONOMISKA OCH SOCIALA HÄNSYN I OFFENTLIG UPPHANDLING Uppdrag åt Upphandlingsutredningen 2010

Mustonen, M. (2017) ”Bullerminskning i krossanläggningar- Juridik och krav” 2017-09-07, Ecooop

Naturvårdsverket (2015): Vägledning om industri- och annat verksamhetsbuller. Naturvårdsverkets Rapport 6538, Stockholm.

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

NCC (2014) Svar på miljöenhetens förslag på beslut att förbjuda återvinningsverksamhet vid Ersta 6:1, Lindalen i Nacka kommun, 2014-09-17

Nordiska Ministerrådet, ”BAT Buller från bergtäkter” TemaNord 2013:558, 2013

Plan- och bygglag (2010:900). Svensk författningssamling 2010:900. http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/plan--och-bygglag-2010900_sfs-2010-900. Upphämtad 2017-05-29.

Soundcon AB (2014) 11272 Hestra 5 och 6, Borås, rapport 11272-14050800, 2014-05-21

Svea Hovrätt DOM 2015-03-26, M 110-13

Tyréns AB (2012) Bullerutredning av bergkross – Akalla-Barkarby, FUT, 2016-09-28

ÅF konsult (2011) Detaljplan för Halvorsäng, Hisingen. Bullerutredning i samband med MKB, uppdrag 541304, 2011-03-01

Intervjuer

För avsnitt "Juridik och tillsyn"

Bengt Niklasson, konsult för Trafikverket. Intervju 2017-04-27.

Sven Brodin, Stockholms stad, Exploateringskontoret. Intervju 2017-04-27.

Per Andersson, Naturvårdsverket. Telefonintervju 2017-05-08.

Anders Lundin, Stockholms stad, Miljöförvaltningen. Telefonintervju 2017-05-08.

Anneli Castan, Nacka kommun, Miljöenheten. Telefonintervju 2017-05-10.

För avsnitt "Ljud och buller på materialterminaler"

Magnus Reuterwall, Skanska

Stefan Östlund, Råsjö kross

Daniel Smedenman, Maskin Mekano

Niklas Skoog, Jehaner (mailkontakt)

Juhamatti Heikkilä, Metso (mailkontakt)

Jonas Johansson, Nybrogrus (mailkontakt)

För avsnitt "Bullerdämpningstekniker och arbetssätt"

Fredrik Lindblad, Wirtgen-group, Kleemann

Gunnar Jonzon, PJ Jonsson o Söner

Mats Malmberg, Sandvik

Daniel Smedenmann, Maskin Mekano

Juhamatti Heikkilä, Metso

Henrik Westin, Krossekonomi

Victor Gustavsson, Skanska Årsta

Micael Larsson, Metso

Joel Hast, Frentab Sthlm

Peter Malm, Tyréns

Thomas Berggren, NCC

Yngve Albertsson, NCC

Tony Stigmanslid, Destroy RC

Tomas Jakobsson, Destroy RC

För avsnitt "Bullerutredningar"

Mats Söderlind, akustiker ÅF konsult 2017-12-11

Crispin Dickson, akustiker Tyréns 2017-11-12

BILAGA 1: LISTA PÅ BULLERDÄMPNINGSTEKNIKER OCH METODER

Metod	Förklaring	Potential ljuddämpning	Kostnad	Mjuka vinster (damning, arbetsmiljö, etc)	Nackdel/svårigheter
Minskar ljud vid källa skutknackning					
Splitterskydd skuthammare	Gummiduk eller kättingar kring hammaren. Absorbent avgörande.	Stor.	Hydraulisk gummiduk 50-100 kkr.		Svårt se vad man gör. Kättingar kan ge eget ljud.
Minskar ljud vid källa krossning					
Trattmatad kross	Trattmatade bullrar mindre än mekaniskt matade. Lättare att isolera. Mindre apparat.	Oklart	Lägre i inköp, mindre effektiv 10-15 ton/dag		Högre krav vid hantering.
Nya ljuddämpande mobilkrossar	Helt nya krosstyper där man kapslat in många delar för en tystare krossning.	Upp till 60% minskning i avstånd av 85 db ljud. Ljudnivån sänks med ca 5-6 db.		Minskar även damm	
Gummiklädd matare in i krossen	Gummimattor i mataren in till krossen	10db-15db	ca 6000-9000 euro		Riskerar slitas fort, vilket leder till stopp.
Bullerisolerat tält	Tjock tältduk med ljudisolerande mattor invändigt som byggs omkring krossen.	10 db, gick från 82 db till 72 db			

Gummi-bullerskärm vid krossen	Ställning fastmonterad på mobilkrossen med gummidukar som avskärmar ljudet åt en riktning				
Minskar ljud vid källa övriga arbetsmoment					
Frekvensomvandlare sikt/sortering	Frekvensomvandlare i siktar och sorteringsverk så att man kan ställa in lägre frekvens.	Stor	Låg	Gör bättre jobb.	
Inklädnad/isolering av motorutrymme	På mobilkross eller annan maskin	10-15 db	ca 15 000 euro		Maskinen blir betydligt större och klumpigare om man isolerar dieselgeneratoren mer.
Dieselektrisk drift	Ändrar varvtal från 2200 rpm (dieselhydraulisk) till 1500 rpm (diesel-elektrisk).	10db. Om möjligheten med framtida el-drift skulle minskningen bli ännu mer.			
Spjäll vid motorn som riktar ljud från motorn uppåt istället för rakt ut	Vid motorn monterar man spjäll som vinklas uppåt som leder ljudet uppåt.				
Elfordon/hybridfordon	Mindre fordonsljud. Särskilt i start.	Hybrid mest intressant. Viktigast i starten sedan drar bränslemotorn igång. Hjullastare etc har stor potential. Mest intressant i extra känsliga områden.	Stor		Tekniken är ny och det finns litet utbud på entreprenadsidan. Lastbilar får för hög totalvikt p g a tunga batterier.

Tippa från låg höjd.	Moderna maskiner kan ha skopan på samma höjd hela tiden vid tippning. Från sorteringsverk finns trattar som kan leda ner material; teleskopstup.	Stor	Minskad effektivitet vid tippning från sorteringsverk om de måste justeras ofta.	Sparar slitage på dumperflak eller i containrar.	Kan bli mycket passning. Ett band måste gå så högt upp att den svarar mot den högsta lagerhöjden. Ganska låga höjder på mobilkross men kräver mycket passning och tömning.
Ett skikt material kvar på flaket	Genom att ha kvar ett skikt med material i t ex dumper eller containrar minskas buller. Ger även ett skydd för materialet.	Medel.		Ger mindre slitage på plåtytor.	
Gummiklädda flak	Gummiklädda flak används i framför allt gruvindustrin eller där man hanterar grova fraktioner, t ex råberg.				Gummiflak ger vidhäftning av finmaterial; kräver rengöring ofta för att inte material ska blandas. Ger sämre lasteffektivitet.
Gummibeklänad av fickor och matare där sten/krossat berg faller mot metall	Inklädnad av fickor och andra positioner där sten faller rakt mot plåt	10-15db	~100 000 sek		
Gummiduk eller polymer siktduk i stället för dukar av metall	Användning av gummidukar i sikten istället för siktdukar av metall. Polymert siktmedia.	10-15db	25000-75000		
Underhåll av maskiner	Kan gälla trasiga skyddsplåtar och liknande. På lastbilar tas ofta ljudhuvar bort vid service. Entreprenadmaskiner ganska väl utvecklade ljudmässigt.		Ingen extra, måste ändå göras.	Arbetsmiljö, allmänt intryck, mindre slitage, bättre funktion.	

Backsignal - ersätt tut-ljud med brus	Hörs bättre i tåkt men stör mindre utåt. Lättare att rikta.	Stor, ofta viktig störningskälla.	Låg, standard på nya fordon. 5000 kr på gammal maskin för att byta.	Arbetsmiljö	Kan eventuellt försvinna i bullret från andra maskiner.
Mjukt körsätt	Gäller såväl transporter som arbetsmaskiner. Mjukt körsätt fås bl a genom Ecodrivning.	Ger mindre motorljud, kanske 6 dB.	Utbildning 10 000 kr/förare för ecodrivning.	Mindre bränsleförbrukning.	Svårt att tillämpa för arbetsmaskiner som startar och stoppar hela tiden. Om maskinen ska köra mjukt/sakta kan man behöva ha en maskin till. Störningen kan bli längre i omfattning med långsammare körning.
Acceleration	El-acceleration eller acceleration med litet gaspådrag.	Stor > 6 dB.	Ingen (finns på standardmaskinerna)		
Tyst asfalt på transportväg	Porösa typer av asfalt som delvis fungerar som absorber.	4-5 dB vid 70 km/h, nylagd. I ett tåktområde är hastigheterna dock för låga för ett stort problem med däckbuller.			Porerna i en sådan väg sätter snabbt igen och förlorar därmed sin ljuddämpande effekt. Se i övrigt asfaltväg.
Bra underhållna vägar	I tåkt och till tåkt. Gäller både grusväg och asfaltväg. Särskilt tomma lastbilar skramlar. Ger ett jämnare körsätt och minskar dunsar från fordon.	Se asfaltväg ovan.	Hyvling grusvägar en dags arbete ett par gånger per år, 2-4 kr/kvm för en normaltåkt kan detta innebära 10 - 50 kkr/år.	Ger arbetsmiljövinster.	Grusväg hyvlas 1-2 ggr per år, kräver dammbekämpning med salt eller lignin.

Minskar bullerutbredning					
Flyttbara skärmar, dBarriär		Oklart	Oklart		
Vallar	Vallar med krossmaterial	10dBA	Oklart		Upplagen växer och krymper, inte så effektivt.
Avskärmning Gabioner	Gabioner (stenfyllda ståltrådsburar).	4-11 dB	Oklart		Kan skapa problem med åtkomlighet. Skärmslag som går ner till mark blir svårtstädade.
Spara väggar vid rivning i tätbebyggt område	Vid rivning/bygge i tätort.	Oklart	Ingen.		
Containrar	Lastcontainrar	God	Låg		
Topografiskt skydd	Planera placering av kross så att platsens naturliga topografi agerar bullerskärm.				
Minskar buller eller störnivå hos mottagaren					
Dialog/information	Dialog och information till kringboende. Kan vara utskick, besök eller inbjudan till studiebesök. Upparbetat förtroende viktigt att behålla. Kan även vara insatser i lokalsamhället; stödja föreningsliv eller liknande.	10dB	Låg	Ger goda relationer, färre klagomål.	Innan man börjar, hålla kontakt, mottaglig för synpunkter, i England finns det företag som sätter av pengar till lokala insatser för kommunen (grus till kyrkogårdsgången, stötta lokal skola) minskar klagomålen.
Bullerskydd hos boende	Bullerdämpning mycket lokalt.	Lokalt stor, men bättre dämpa vid källan.	Fönsteråtgärder 4 000 kr/kvm.		

Övergripande åtgärder					
Terminalplanering	In och utflöden av transporter påverkar mycket. Nästan alla krossar har en tystare sida, oftast där drivningen sitter, vända den sidan till mot grannar. Planera bullrande arbeten då folk är på jobbet.				Inga uppenbara.
Bullerdämpning på forskningsstadiet					
Aktiv bullerdämpning	Anlägga ett motljud som släcker ut bullret. Kan vara aktuellt för kringboende.	Kan ge lokal bullerdämpning, oklart hur stor	Oklart, erfarenheter från musikindustrin kanske kan användas.		Bullret kan uppstå på annan plats. Kräver även mycket jämn gång på maskiner och att de är stationära.
Luftbafflar	Metod från musikevenamang	God	Låg		