

Ett **SBUF** -projekt
i samarbete med



MILJÖANPASSAD TVÄTTNING AV GRUS- OCH RESTPRODUKTER

Per Tyllgren
SVC

Datum
2012-05-16

Projektnummer
SBUF 12205



Förord

Tvättning av grus är ett välutvecklat hantverk och kunskapen finns hos utövarna. Otaliga frågor besvarades tålmodigt. Stort tack till Ragn-Sells, som genomförde och bekostade tvättförsöken på Högbytorp, projektets pièce de resistance. Ett särskilt tack går till Erik Svedberg, tvättverkets upphovsman, ständigt behjälplig under projektets gång. Sista touchen kom från referensgruppen. Varmt tack till er alla och till SBUF, som finansierat och fördragsamt väntat på ett senfärdigt projekt.

Malmö i april 2012

Per Tyllgren
/projektledare/

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

ILLUSTRATIONER.....	iii
SAMMANFATTNING.....	1
1. BAKGRUND.....	2
1.1 Tvättning som separationsteknik	2
1.2 Problembeskrivning	2
1.3 Målsättning	2
1.4 Organisation.....	2
2. EXEMPEL PÅ TVÄTTEKNIKER	3
2.1 Kvartsit i Hardeberga.....	3
2.2 Naturesand i Sjöbo.....	4
2.3 Naturgrus i Kvidinge.....	5
2.4 Krossad sand i Dalby	7
2.5 Sopsand i Karlstad	8
2.6 Sopsand i Norrland	9
2.7 Slaggrus i Belgien.....	10
2.8 Övriga exempel.....	10
2.9 Kommentarer	11
3. EN MILJÖANPASSAD TVÄTTANLÄGGNING	12
3.1 Presentation.....	12
3.2 Processdata.....	15
3.2.1 Kapacitet	15
3.2.2 Slamhantering	15
3.2.3 Vattenhantering.....	15
4. TVÄTTFÖRSÖK MED NÅGRA RESTPRODUKTER.....	16
4.1 Material.....	16
4.2 Undersökningar och benämningar	16
4.3 Kornfördelning.....	17
4.3.1 Provtvättning på Linneberga återvinningsstation 2009	17
4.3.2 Provtvättning på Högbytorps deponi 2010	18
4.4 Referensvärden för innehåll av metaller	24
4.5 Totalhalter	25
4.6 Lakning	26
4.7 Processvatten.....	27
4.8 Övriga mätningar	27
4.9 Jämförelse med tvättning av förorenad jord i Olskroken.....	28
5. DISKUSSION.....	29
5.1 Material.....	29
5.1.1 Tekniska egenskaper.....	29
5.1.2 Ämneskriterier för återvinning	29
5.1.3 Analyser av kemiska ämnen	30
5.2 Processen.....	30
6. SLUTSATSER OCH RÅD	31
LITTERATUR.....	32
BILAGOR.....	1
RESULTAT AV TVÄTTAD SOPSAND I UMEÅ	1
TVÄTTNING AV FÖRORENAD JORD I OLSKROKEN 2002.....	2

ILLUSTRATIONER

Figur 2-1 Skiss över cyklonens funktion.	7
Figur 2-2 Produktionsskiss över Indavers efterbehandling av bottenaska efter eldning med hushålls- och industriavfall. Källa: Indaver	10
Figur 3-1 Produktionsskiss över mobil tvättanläggning för restprodukter med efterbehandling av slam. Uppgifter: Erik Svedberg och Ragn-Sells	12
Diagram 4-1 Kornfördelningar före och efter tvättning av bottenaska (SLAGGgrus 0-11) från Högdalens kraftvärmeverk, nedtransporterad från Högbytorp.	18
Diagram 4-2 Kornfördelningar före och efter tvättning av sopsand från Arlanda flygplats.....	19
Diagram 4-3 Kornfördelningar före och efter tvättning av utbytt SL-makadam från Storstockholms Lokaltrafik.	21
Diagram 4-4 Kornfördelningar före och efter tvättning av bottenaska från Högdalens kraftvärmeverk förvarad på Högbytorp.	23
Diagram 4-5 Totalhalter i tvättade material jämfört med riktvärden för förorenad jord enligt KM och MKM.....	25
Diagram 4-6 Halter i lakvatten jämfört med gränsvärden för dricksvatten enligt Livsmedelsverket.	26
Diagram 4-7 Innehåll av metaller i processvattnet från tvättning av slaggrus jämfört med Livsmedelsverkets dricksvattengränser. Undersökningar gjordes både 2009 och 2010 i Högbytorp.....	27
Tabell 4-1 Riktvärden för totalhalter av metaller i förorenad jord och gränsvärden för dricksvatten.	24
Tabell 4-2 Kompletterande mätningar på lakvatten från tvättat slaggrus i Högbytorp 2009. Sambandet mellan salthalt och konduktivitet är starkt.	27
Bild 2-1 Förtvätten i Hardeberga avskiljer material mindre än 2 mm från inmatat 0-16-material. Sandslamman går sedan vidare till eftertvätten.	3
Bild 2-2 I eftertvätten avskiljs material mindre än 0,1 mm i form av slam.	4
Bild 2-3 Den fina sikten 0,1-0,5 mm efter cyklonen fungerar som kompletterande slutsikt och avvattningsfilter för sanden.	4
Bild 2-4 Tvättning av sand till lekplatser och platsättning hos Skåne Grus i Ilstorp.	4
Bild 2-5 Powerscreen de-watering box vaskar fram den rena sanden.	5
Bild 2-6 Slammet hamnar i en första sedimentationsdamm. Vattnet går via utskov genom ytterligare två dammar innan det används på nytt.	5
Bild 2-7 Skånska Makadams tvättanläggning i Kvidinge är inrymd i en hög fabriksbyggnad.....	5
Bild 2-8 I Kvidinge tillverkas tvättade grus-produkter för alla behov.....	5
Bild 2-9 Skissen illustrerar anläggningens omfattning och komplexitet. Alla separationstekniker med vatten finns representerade.	6
Bild 2-10 Högtryckstvätt över plastsikt är bara en av teknikerna. Uppdelning på flera linjer ger anläggningen hög kapacitet.....	6
Bild 2-11 Tvättvattnet tas från ett vattenfyllt schakt intill anläggningen.	6
Bild 2-12 Deponeringen av slam bildar ett delta ut över Kvidingefältet.....	6
Bild 2-13 Cyklontvättning av sand hos Sydsten i Dalby. Tekniken är enkel och vanligt förekommande för att skilja silt i form av slam från sand.	7

Bild 2-14 SoilTechs tvättsiktanläggning på Djupdalens deponi i Karlstad med sedimentationsdamm. Tvättvattnet återförs från dammens nederdel.	8
Bild 2-15 Råmaterialet som mest liknar matjord (t.v.) och slutresultatet i form av ny sandningssand.	8
Bild 2-16 NCCs tvättanläggning i Stöningsberget utanför Umeå i färd med tvättning av sopsand. Bild: NCC Roads	9
Bild 2-17 Förtvätt av inmatad sopsand.	9
Bild 2-18 Slammet skiljs från sanden i en tvättcyklon. Bild: NCC Roads	9
Bild 3-1 Ragn-Sells tvättanläggning från utmatningssidan med färdigtvättat material.	13
Bild 3-2 Slamavskiljning i en lamellförtjockare från inmatningssidan.	13
Bild 3-3 Utmatning av grova föroreningar och järn.	13
Bild 3-4 Ett övre band matar grus >8/16 mm till trumtvätten medan ett undre matar <8/16 direkt till underliggande siktdäck med högtrycksspolande dysor.	13
Bild 3-5 Efter 2 mm-sikten hamnar sandslamman i botten av skruvklasseraren. Finslammet pumpas vidare.	14
Bild 3-6 Skruvklasseraren vaskar fram 0,2-2 mm, som matas ut ur containern. ...	14
Bild 3-7 0,2-2 mm hamnar på marken utanför containern.....	14
Bild 3-8 Finslamman 0-0,2 mm passerar avskiljaren för lätt, organiskt material innan den går vidare.....	14
Bild 3-9 Slamman tillförs flockningsmedel för att finmaterialet ska sedimentera snabbare.	14
Bild 3-10 I lamellförtjockaren sjunker slammet till botten och pumpas bort till en container. Ytvattnet återförs genom ett överlopp till tvättanläggningen.	14
Bild 3-11 Geotube är ett annat sätt att avvattna en slamma. Vattnet sipprar igenom plastväven medan det siltiga finmaterialet stannar kvar.	15
Bild 3-12 Om Geotuben placeras i en tät container kan vattnet återföras till tvättprocessen.....	15
Bild 4-1 Mätning av konduktivitet och pH i tvättvatten.	17
Bild 4-2 Provtagning av tvättat SLgrus 11,2-31,5.	17
Bild 4-3 På Linneberga återvinningsstation i Småland provtvättades slaggrus som körts dit från Högbytorp.....	17
Bild 4-4 Mycket lite material var större än 8 mm.....	17
Bild 4-5 Överst sopsand före tvättning, närmast två tvättade fraktioner: SOPsand 0,25-2 och SOPgrus 2-8.....	19
Bild 4-6 SL-makadam före tvättning.	20
Bild 4-7 SLgrus 22,4-45 efter tvättning.	20
Bild 4-8 Förbehandling av slaggrus från Högdalen på Ragn-Sells deponi i Högbytorp.	22
Bild 4-9 Slaggrus före tvättning.....	22
Bild 4-10 SLAGGsand 0,25-2.	22
Bild 4-11 SLAGGgrus 2-8.....	22

SAMMANFATTNING

Grusmaterial tvättas för att skilja ut innehåll som antingen utvinns eller tas bort för att ge gruset önskade egenskaper. Tekniken har praktiserats länge och finns i en rad varianter. Uppfinningsrikedomen har varit stor. Två förhållanden med miljöpåverkan är gemensamma för alla: försörjningen med vatten och kvittblivningen av slam. Den senare frågan får en extra dimension om grus och slam innehåller ämnen som kan påverka miljön.

Sötvatten är en förutsebar bristvara i framtiden. Även om det inte kommer att märkas i vår del av världen under överskådlig tid måste man förbereda hushållning redan nu. Det vore fel ur många perspektiv att fortsätta som förut bara för att vi kan. Alla verksamheter som använder vatten kan bidra, även tvättning av grus.

Rapporten inleds med exempel på väl fungerande grustvättar av olika storlek för nytillverkning och för miljötvätt och anger nyckeldata för åtgång av vatten och kapaciteter. Befintliga verksamheter kan fortsätta många år ännu med väl fungerande system för recirkulerat vatten och slamdeponering.

En del tvättanläggningar tar stora markområden i anspråk och nyttjar vattenreservoarer som uppkommit under verksamhetens gång. Sådana lösningar kan användas så länge brytningen pågår men vid ombyggnad eller omlokalisering ska tillstånden prövas på nytt. Det är inte säkert att myndigheterna i framtiden kommer att acceptera den typen av storskaliga lösningar, som tar avsevärda vattenvolymer i anspråk.

Tvättning av miljöskäl kan inte utföras på samma sätt som vid nyproduktion. Recirkulerat vatten och slam måste avskärmas från omgivande vattenflöden, som en allmän säkerhetsåtgärd.

Redovisningen avslutas med provtvättning i ett kompakt och välutrustat mobilt tvättverk framtaget åt Ragn-Sells i Högbytorp norr om Stockholm. Verket är avsett för tvättning av specialprodukter för återvinning, till exempel filtersand, sopsand och banvallsmakadam. Tvättning av slaggrus provades för att förbättra de tekniska egenskaperna och minska risken för utsläpp av miljöbelastande ämnen. För storskaliga verksamheter ska tvättverket ses som ett inspirerande koncept. Minimal cirkulerande vattenvolym, högtrycksspolning och flockulerad slamavskiljning i en lamellförtjockare är intressanta inslag i processen.

Innehållet av olika ämnen i tvättade restprodukter jämförs med förekommande gränsvärden. Det handlar inte om någon fullständig prövning av materialens miljöstatus. En sådan utredning är mycket omfattande. Effekten är emellertid tydlig.

Kornfördelningarna i tvättade produkter redovisas och deras möjliga användning i sammansatta slutprodukter diskuteras.

Duktiga tekniker som tidigare visat prov på stor uppfinningsrikedom kommer att hitta uppslag till nya lösningar. Anläggningsverksamheten erbjuder högvärdiga alternativ, när avfall blir användbara material med hjälp av miljöanpassad tvättning.

1. BAKGRUND

1.1 Tvättning som separationsteknik

Vindsiktning och tvättning är alternativen för att skilja finmaterial från sand eller grus. Vill man dessutom ta bort vattenlösliga eller partikelburna ämnen finns en rad olika tvättekunskaper att välja på. De dominerande användarna finns inom gruvnäringen men under många år har också bergmaterialindustrin använt tvättning av tekniska och miljömässiga skäl. Uppfinningsrikedomen har varit stor bland maskintillverkarna och teknikområdet har uppnått närmast vetenskaplig status.

1.2 Problembeskrivning

Avskiljningstekniker med vatten kan påverka miljön i flera avseenden. Eftersom sötvattenreserver i olika former är en förutsebar bristvara i framtiden måste alla vattenbaserade tekniker se över möjligheterna till besparingar och återanvändning. Det gäller också produktionen av grusmaterial. Spridningen av partiklar och upplösta ämnen måste kontrolleras och hindras från att orsaka skada. Situationen är oftast inte akut och många verksamheter har tillstånd sedan gammalt när det gäller uttag av vatten och utsläpp, som kan förlängas. Men det är för framtida etableringar och omprövningar av tillstånd som nya idéer måste prövas och alternativa processer tas fram. Det är en lång resa som måste börja innan problemen blivit överhängande.

1.3 Målsättning

Arbetet gick ut på att studera processer som kan resultera i en miljöriktig hantering av borttvättat slam och tvättvatten. Det handlar både om jungfruligt grusmaterial och restprodukter, verktygen ska vara desamma. Avsikten är att lyfta fram goda exempel som inspiration för branschens aktörer.

1.4 Organisation

Projektledaren Per Tyllgren, Svenskt VägCentrum i Malmö, genomförde projektet på uppdrag av Kenneth Olsson, Skanska VTC Nord i Farsta, och fick fortlöpande stöd av personer inom Skanska och utanför, med lång erfarenhet av grustvätt.

I referensgruppen ingick:

Kenneth Olsson	Skanska, Farsta
Bo Forkstam	NCC Roads, Södra Sandby
Anders Slätteryd	Sydsten, Dalby
Magnus Evertsson	Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg
Martin Tengsved	Ragn-Sells, Högbytorp, Upplands Bro.

2. EXEMPEL PÅ TVÄTTEKNIKER

Vissa krossprodukter tvättas regelmässigt, t. ex. banvallsmakadam och sandprodukter för en rad olika ändamål. Det sker med vattenbegjutning över plansiktar eller genom cykloner och skruvklasserare och kan vara en ganska enkel process i det mindre formatet. Nedan följer några exempel för att visa med verkliga fall hur det kan gå till.

2.1 Kvartsit i Hardeberga

Det äldsta exemplet på tvättning i stor skala av ballastprodukter finns i Sydstens kvartsittäkt i Hardeberga öster om Lund. Sydsten har en gedigen erfarenhet av tvättekniken sedan mer än ett halvsekel tillbaka. Här vattenbegjuts ca 250' ton per år i en försikt, varav 30 % som är mindre än 2 mm går vidare till en särskild tvättanläggning med cykloner kompletterade med avvattande plansiktar. Material mindre än 0,1mm avskiljs och får sedimentera inom täkten. Vattnet hämtas från en öppen vattentäkt inom området. 80'-100' m³ vatten cirkulerar för att tvätta hela årsvolymen. Det tvättade materialet används för tillverkning av betong, asfalt och alla slags obundna krossprodukter.

I Hardeberga tvättas också överbliven färskbetong och betongutrustningar. Både krossmaterialet och tvättvattnet återanvänds i tillverkningen av ny betong.



Bild 2-1 Förtvätten i Hardeberga avskiljer material mindre än 2 mm från inmatat 0-16-material. Sandslamman går sedan vidare till eftertvätten.



Bild 2-2 I eftertvätten avskiljs material mindre än 0,1 mm i form av slam.

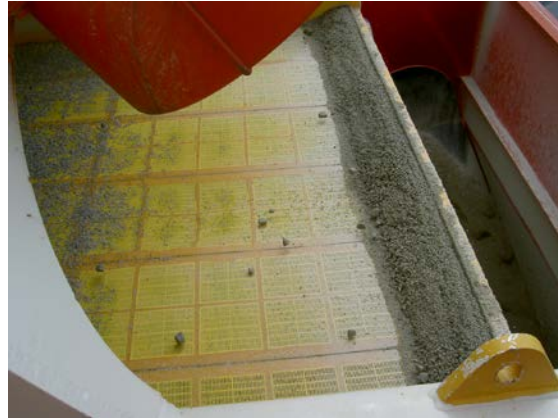


Bild 2-3 Den fina sikten 0,1-0,5 mm efter cyklonen fungerar som kompletterande slutsikt och avvattningsfilter för sanden.

2.2 Natursand i Sjöbo

För att befria sanden till lekplatser och plattsättning från damm tvättas materialet i en Power Screen med efterföljande tvättaggregat med skopsiktar och skruvklasserare, en så kallad *de-watering box*. Tvättslammet sedimenterar i den första av tre dammar som kommunicerar via utskov. I änden av den tredje dammen tas tvättvatten tillbaka in i processen igen.



Bild 2-4 Tvättning av sand till lekplatser och plattsättning hos Skåne Grus i Ilstorp.



Bild 2-5 Powerscreen de-watering box vaskar fram den rena sanden.



Bild 2-6 Slammet hamnar i en första sedimentationsdam. Vattnet går via utskov genom ytterligare två dammar innan det används på nytt.

2.3 Naturgrus i Kvidinge

Skånska Makadamfabriken tvättar natursand från Kvidingefältet, den stora sandslätten öster om Åstorp i Skåne. Området norr om Söderåsen är ett av norra Europas största naturgrusområden, ett älvdelta från inlandsisens tillbakaryckning. Här tillverkas tvättad sand i stor skala för varjehanda ändamål: gungsand, leksand, fallsand, plattsand, gjutsand, filtersand och sand till bouleanor. Anläggningen producerar 170'-180' ton per år, varav 120' ton 0-25 mm passerar genom tvättanläggningen. Till det åtgår runt 1 m³ vatten per ton. Ca 60 % blir tvättad sand.



Bild 2-7 Skånska Makadams tvättanläggning i Kvidinge är inrymd i en hög fabriksbyggnad.



Bild 2-8 I Kvidinge tillverkas tvättade grusprodukter för alla behov.

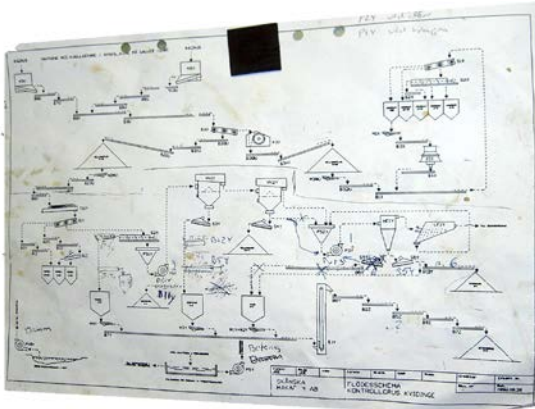


Bild 2-9 Skissen illustrerar anläggningens omfattning och komplexitet. Alla separationstekniker med vatten finns representerade.



Bild 2-10 Högtryckstvätt över plastsiktar är bara en av teknikerna. Uppdelning på flera linjer ger anläggningen hög kapacitet.



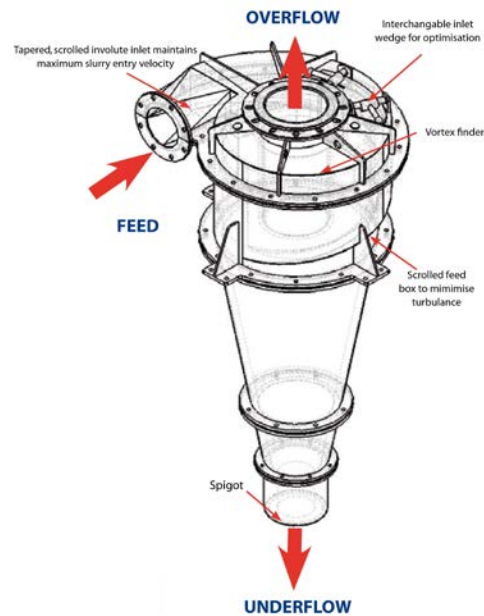
Bild 2-11 Tvättvattnet tas från ett vattenfyllt schakt intill anläggningen.



Bild 2-12 Deponeringen av slam bildar ett delta ut över Kvidingefältet.

2.4 Krossad sand i Dalby

En vanlig utrustning för sandtvätt är *Linatex Hydrocyclones*. En sandslamma spolas in i en konformad separator, som kastar slammet uppåt medan sanden faller nedåt. Slammet leds bort för sedimentering. Sanden läggs i upplag för avvattning. Med cykloner tvättar Sydsten i Dalby årligen 57' ton sand 0-2/5 med 557' m³ vatten. 12 % av inmatad sand hamnar i slammet. En god vattenförsörjning och en stor recipient för slamvatten klarar de stora vattenvolymererna utan problem. Det behövs en rejäl pumpkapacitet men det är å andra sidan den enda maskinsatsen vid sidan av lastningen.



Figur 2-1 Skiss över cyclonens funktion.

Källa: Linatex



Bild 2-13 Cyclontvättning av sand hos Sydsten i Dalby. Tekniken är enkel och vanligt förekommande för att skilja silt i form av slam från sand.

2.5 Sopsand i Karlstad

Ett relativt nytt tvättbehov har uppstått i samband med återvinning av insamlad sopsand efter vinterns halkbekämpning. Eftersom materialet innehåller finmaterial och ämnen från omgivningarna och rester av alla slag måste det genomgå en rensningsprocess i flera steg. Företaget SoilTech från Stockholm är specialiserat på hanteringen. På Karlstad Energis deponianläggning Djupdalen genomfördes tvättning med en uppställning som utformas efter förutsättningarna. Uppgifter saknas om kapaciteter och vattenbehov. Av inmatad mängd sopsand producerades ca 60 % sandningssand men det kan bli betydligt bättre, uppåt 70-80 %, med renare ursprungsmaterial. Processen redovisas i en rapport av Sveriges Kommuner och Landsting om tvättning av sopsand /1./ och på företagets hemsida.



Bild 2-14 SoilTechs tvättsiktanläggning på Djupdalens deponi i Karlstad med sedimentationsdamm. Tvättvattnet återförs från dammens nederdel.



Bild 2-15 Råmaterialet som mest liknar matjord (t.v.) och slutresultatet i form av ny sandningssand.

2.6 Sopsand i Norrland

NCC Roads i Norrland och Ragn-Sells samäger en mobil anläggning för tvätt av grusmaterial i allmänhet och sopsand som en specialitet. Verket redovisas också i i SKL-rapporten om sopsand /1./



Bild 2-16 NCCs tvättanläggning i Stöningsberget utanför Umeå i färd med tvättning av sopsand. Bild: NCC Roads



Bild 2-17 Förtvätt av inmatad sopsand. Bild: NCC Roads



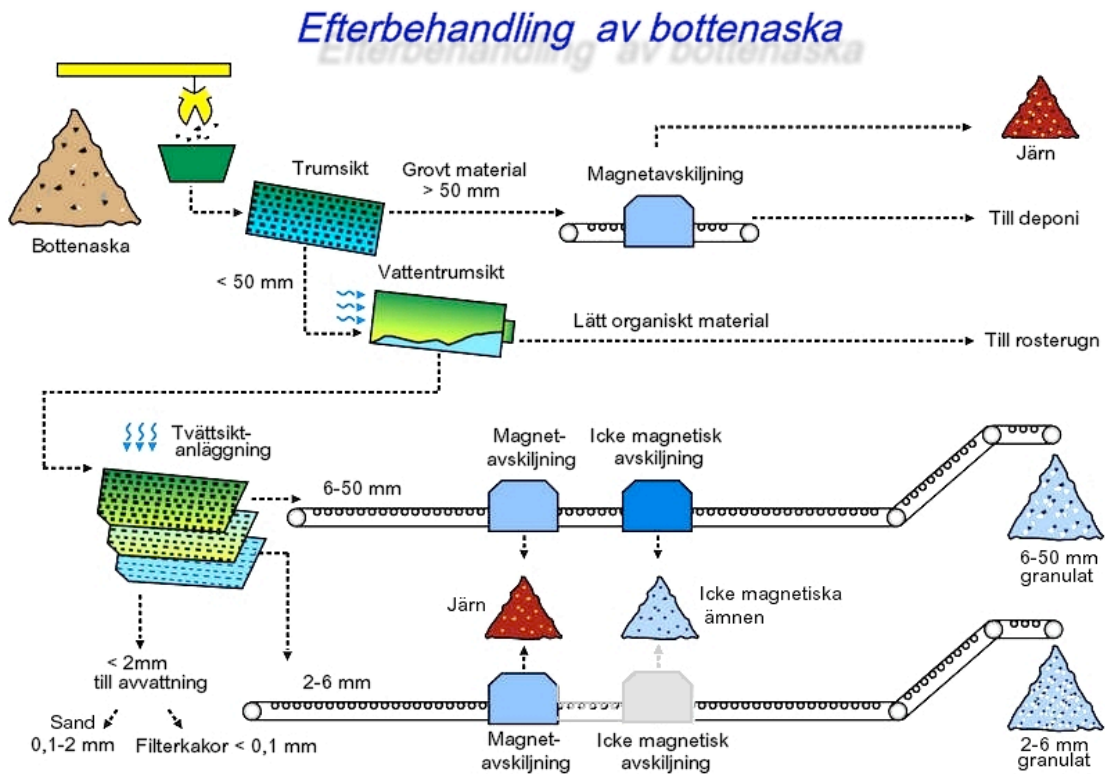
Bild 2-18 Slammet skiljs från sanden i en tvättcyklon. Bild: NCC Roads

Slammet avskiljs huvudsakligen i en lamellförtjockare. Överloppsvattnet recirkuleras därefter via en damm. Kapaciteten vid tvättning av sopsand är ca 60 ton/tim inmatat material och till det åtgår 2-3 m³ vatten, som recirkuleras. Påspädning med ytvatten sker för att kompensera för förlusten av vatten i slammet och färdigtvättat grus.

Förutom slammet som deponeras produceras två tvättade fraktioner av verket: 0,125-2 mm sand och 2-5,6 mm grus. Sopor och annat grovt material av olika slag har dessutom skiljts ifrån. Materialens sammansättning och uppdelning i fraktioner framgår av Bilaga 1.

2.7 Slaggrus i Belgien

Det belgiska energiföretaget Indaver i flamländska staden Mechelen eldar sitt kraftvärmeverk med hushållssopor och industriavfall. Bottenaskan blötläggts och efterbehandlas i vått tillstånd. Efter alla avskiljningar, krossning och siktning tvättas den finaste delen ren från material mindre än 0,1 mm. Slaggruset kan därmed användas med färre restriktioner ur konstruktionsteknisk och miljömässig synvinkel. Uppgifter saknas om vattenflöden och kapaciteter.



Figur 2-2 Produktionskiss över Indavers efterbehandling av bottenaska efter eldning med hushålls- och industriavfall. Källa: Indaver

2.8 Övriga exempel

Utöver de upptagna fallen finns som alla i branschen vet otaliga exempel på både intressanta tekniska lösningar och väl fungerande anläggningar. Bland dem kan nämnas NCCs utrustning i Kvidinge under namnet Eagle, som tvättar och sorterar material till önskad sammansättning med avancerad sedimentationsteknik, styrd via dator. En annan är Swerocks anläggning på Vendels grus norr om Björklinge, som arbetar enligt en patenterad cyklonteknik benämnd Rheax. Skanska har tvättanläggningar i Forserum utanför Nässjö och på Vikan i Göteborg, båda designade av Erik Svedberg i Falun, konstruktören av nedan beskrivna tvättanläggning.

2.9 Kommentarer

Nyttillverkning

De presenterade exemplen på tvättat grus har alla utfärdade villkor för verksamheten att hålla sig till. I flera fall återanvänds vattnet och det uppslammade finmaterialet avsätts på samma område som det kommit ifrån. Sådållvida föreligger inga brister och processerna verkar väl genomtänkta och effektiva. Men det framgår också att en del fall är utrymmeskrävande och använder omgivande natur i tvättprocessen. Det är inget anmärkningsvärt i sig, eftersom själva brytningen av material är ett utnyttjande av naturen, som är reglerat och accepterat. Men vatten förflyttar sig och känner inga gränser om de inte konstrueras. Där har framtida tvättverksamheter en utmaning, som måste hanteras på annat sätt än hittills.

Restprodukter

Tvättning av restprodukter försiggår ofta på deponier med goda möjligheter till omhändertagande av tvättvatten och slam. Om all tvättning av restprodukter i framtiden måste ske på sådana anläggningar skulle det bli en alltför stor belastning. Även andra platser måste kunna upplåtas för verksamheten, beroende på förekomsten av miljöbelastande ämnen. Det kräver tvättvatten i slutna kretslopp och slamavskiljning av andra slag än de som kan accepteras för nyttillverkat grus.

Ett nytt koncept

I föreliggande utvecklingsprojekt provas en tvättanläggning som motsvarar högt ställda krav på vattenanvändning och hantering av slam. Den är dimensionerad för tvättning av specialprodukter, som förekommer i begränsade volymer. För stora volymer får den betraktas som pilotanläggning för nytänkande inom tvätt- och avskiljningstekniken. Tvättverket konstruerades av Erik Svedberg på dåvarande Falu Process Systems.

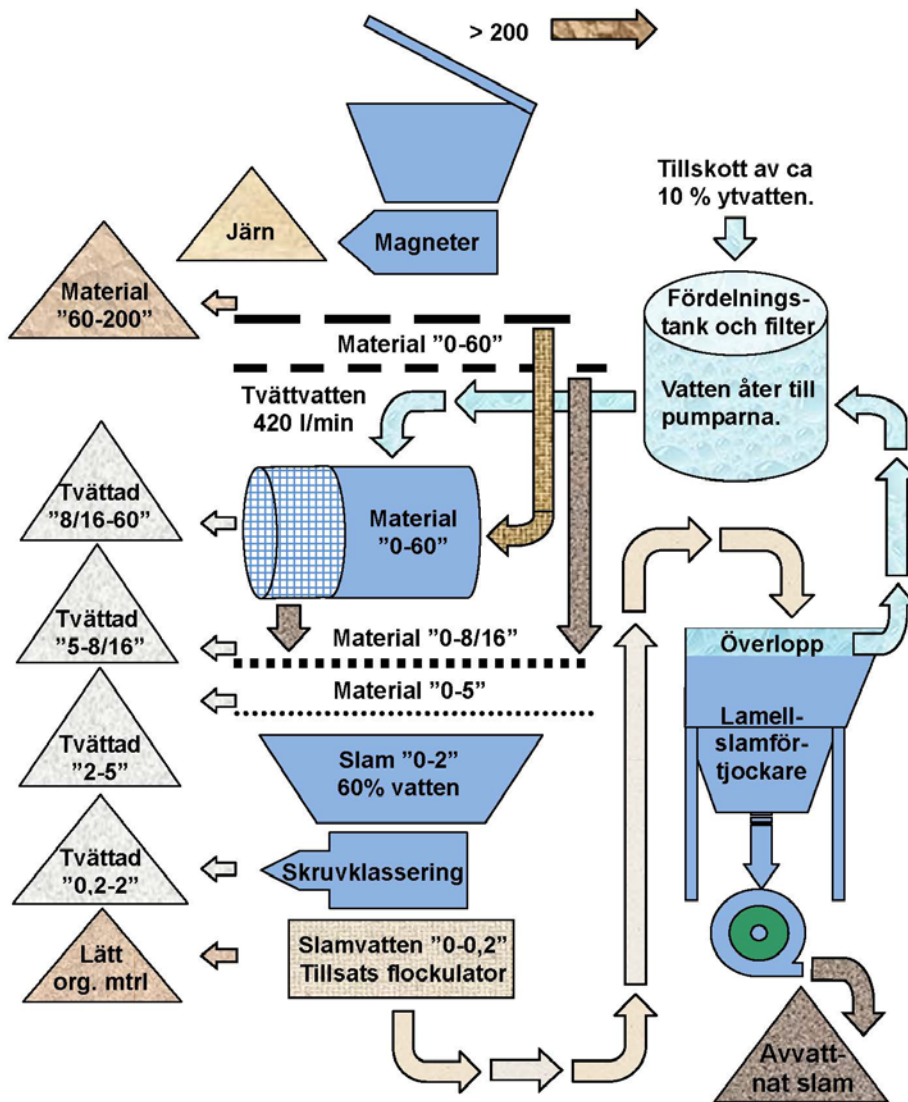
3. EN MILJÖANPASSAD TVÄTTANLÄGGNING

3.1 Presentation

Ragn-Sells i Högbytorp lät bygga en kompakt tvättanläggning med kända och beprövade processteg för tvättning och slamavskiljning. De olika stegen består av:

1. Inlastning över grovgaller 200 mm
2. Magnetavskiljning
3. Galler 60 mm
4. Fingaller 8/16 mm
5. Trumma med vattenbegjutning
6. Tvättsiktning med högtryck på 5 mm plansikt
7. Siktning på 2 mm plansikt
8. Skruvklassering < 0,2 mm
9. Slamflockulering
10. Avskiljning av organiskt (flytande) material
11. Lamellförtjockare
12. Fördelningstank med filter för återföring av renat tvättvatten.

SKISS ÖVER MATERIALFLÖDEN I RAGN-SELLS TVÄTTANLÄGGNING



Figur 3-1 Produktionsskiss över mobil tvättanläggning för restprodukter med efterbehandling av slam.
Uppgifter: Erik Svedberg och Ragn-Sells



Bild 3-1 Ragn-Sells tvättanläggning från utmatningssidan med färdigtvättat material.



Bild 3-2 Slamavskiljning i en lamellförtjockare från inmatningssidan.



Bild 3-3 Utmatning av grova föroreningar och järn.



Bild 3-4 Ett övre band matar grus >8/16 mm till trumtvätten medan ett undre matar <8/16 direkt till underliggande siktdäck med högtrycksspolande dysor.



Bild 3-5 Efter 2 mm-sikten hamnar sandslamman i botten av skruvklasseraren. Finslammet pumpas vidare.



Bild 3-6 Skruvklasseraren vaskar fram 0,2-2 mm, som matas ut ur containern.



Bild 3-7 0,2-2 mm hamnar på marken utanför containern.



Bild 3-8 Finslamman 0-0,2 mm passerar avskiljaren för lätt, organiskt material innan den går vidare.



Bild 3-9 Slamman tillförs flockningsmedel för att finmaterialet ska sedimentera snabbare.



Bild 3-10 I lamellförtjockaren sjunker slammet till botten och pumpas bort till en container. Ytvattnet återförs genom ett överlopp till tvättanläggningen.



Bild 3-11 Geotube är ett annat sätt att avvattna en slamma. Vattnet sipprar igenom plastväven medan det siltiga finmaterialet stannar kvar.



Bild 3-12 Om Geotuben placeras i en tät container kan vattnet återföras till tvättprocessen.

3.2 Processdata

3.2.1 Kapacitet

Tvättverket är av det mellanstora slaget. Halten finsand styr kapaciteten. Grövre material med lågt sandinnehåll kan matas igenom med 40 ton/tim. Material med mycket finsand sänker kapaciteten till 20 ton/tim.

3.2.2 Slamhantering

Andelen silt i form av slam som ska tas omhand beräknas till mellan 5-15 % av inmatad materialmängd. Med 60 % vatten blir det 3-5 ton/tim, motsvarande 2-3 m³. Slammet pumpas över i en container för vidare transport till lämpligt mottagningsställe.

Ett alternativ till lamellförtjockare är en *Geotube* med motsvarande kapacitet placerad i en tät container. Tuben fungerar som ett filter, där slampartiklarna fastnar i plastvävens porer och samtidigt fungerar filtrerande för de allra minsta partiklarna. Egenvikten pressar till slut ut så mycket vatten att innehållet blir som en fast kaka. Sedan töms tuben där slammet ska placeras genom att säcken sprätts upp och därefter går till energiutvinning. Geotuber är en dyrare lösning än lamellförtjockaren i det här fallet men kan vara den bästa och kanske den enda lösningen i vissa situationer.

Fler tekniker för slamförtjockning och avvattning förekommer, till exempel filterpress men någon sådan påträffades inte på i den här studien och togs därför inte upp.

3.2.3 Vattenhantering

Verkets 7 pumpar ger vardera 60 l/min, vilket motsvarar 25 m³/tim när alla behöver vara igång. Uträknat per ton blir det 0,63-1,25 m³/ton utmatat material. Påspädningsbehovet uppskattas till ca 10 %, motsvarande 42 l/min.

Vattnets renhet är viktig för att högtrycksmunstyckena inte ska slå igen. Därför passerar vattnet ett filter med automatiskt reningsfunktion.

4. TVÄTTFÖRSÖK MED NÅGRA RESTPRODUKTER

4.1 Material

Ragn-Sells har en av Sveriges största deponier för farligt avfall i Högbypörp i Upplands-Bro norr om Stockholm. Bland alla sorters avfall tas också emot sådant som efter behandling kan komma till användning inom väg- och anläggningsverksamheten. Det rör sig om:

1. Betong
2. Asfalt
3. Sopsand
4. Utbytt makadam från Storstockholms Lokaltrafik (SL-makadam)
5. Slaggrus från eldning med industri- och hushållsavfall.

1. och 2. behöver krossas till lämplig storlek och 1. dessutom rensas från armeringsjärn. 3., 4. och 5. innehåller ämnen som reduceras genom tvättning men framförallt måste siltigt finmaterial tas bort om de ska duga till överbyggnader. Det räcker inte alltid med detta. Ofta saknas ett starkt stenskelett, som är förutsättningen för att materialen ska klara påkänningarna som bärlager och förstärkningsmaterial. Det kan kompenseras genom sammansättning med krossat berg av lämplig fraktion. Konceptet går under namnet SAM, sammansatta material. Arbetsmetoder och kvalitetssäkring av SAM beskrivs i litteraturreferenserna /3./ och /4./.

Tvättningen är ett viktigt steg i återvinningsprocessen men det måste ske på ett miljöanpassat sätt. Ragn-Sells tvättanläggning har konstruerats med just den avsikten.

När deponianläggningen utvidgas produceras krossat bergmaterial, som används inom anläggningen och bjuds ut till försäljning.

Därmed finns alla ingredienser och tekniska möjligheter på plats i Högbypörp för att återvinna restprodukter till högvärdiga material för väg- och anläggningsmarknaden med tillbörlig miljöhänsyn tagen i processen.

4.2 Undersökningar och benämningar

Tvättförsöken syftade till att undersöka tvättanläggningens förmåga och inriktades på tre restprodukter: sopsand, utbytt banvallsmakadam och slaggrus.

Prover togs ut på ursprungliga material och tvättade fraktioner för analys av:

1. Kornfördelning
2. Totalhalt av organiska ämnen och metaller
3. Lakning av organiska ämnen och metaller
4. Analys av processvatten.

Kornfördelningarna togs fram på Skanska VTC i Vällsta medan ämnesanalyserna gjordes av företaget Eurofins.

Beteckningarna på tvättade material ansluter till beskrivningarna i referenserna /3./ och /4./ och markerar att de genomgått en uppgradering från avfall till en brukbar *komponent* i sammansatta obundna material. Prefixen SOP, SL och SLAGG står för ursprunget och suffixen -sand, -grus och -sten anger fraktionens typnamn följt av storleksintervallet enligt siktcurvan. Exempel: SLAGGgrus 0,25-8. Prefixet BERG betyder att råmaterialet motsvarar krossat berg. *Slutprodukterna* kan ges företagsspecifika eller allmänna namn enligt referenserna /3./ och /4./ med ett prefix i versaler och ett suffix som anger funktionen. Exempel: SAMbär för ett obundet grusbärlager, SAMför för ett obundet förstärkningsmaterial. Namngivningen markerar att produkten genomgått tillverkarens kvalitetssäkring. SAM-produkter och nytillverkade ska vara sinsemellan helt utbytbara och därmed likvärdiga i alla praktiska avseenden.



Bild 4-1 Mätning av konduktivitet och pH i tvättvatten.



Bild 4-2 Provtagning av tvättat SLgrus 11,2-31,5.

4.3 Kornfördelning

4.3.1 Provtvättning på Linneberga återvinningsstation 2009

Slaggrus från bottenaska antogs vara det svåraste fallet för tvättanläggningen med tanke på högt pH och innehållet av salt. Eftersom tvättanläggningen hade ett uppdrag på Linneberga återvinningsstation i Småland under sommaren 2009 kördes slaggruset dit. Efter genomkörning av tioalet ton togs prover för att i första hand undersöka andelarna av respektive fraktion och hur effektivt siltmaterialet tvättades bort. Några ämnesanalyser gjordes inte vid det här tillfället, bara siktanalys.



Bild 4-3 På Linneberga återvinningsstation i Småland provtvättades slaggrus som körts dit från Högbytorp.



Bild 4-4 Mycket lite material var större än 8 mm.

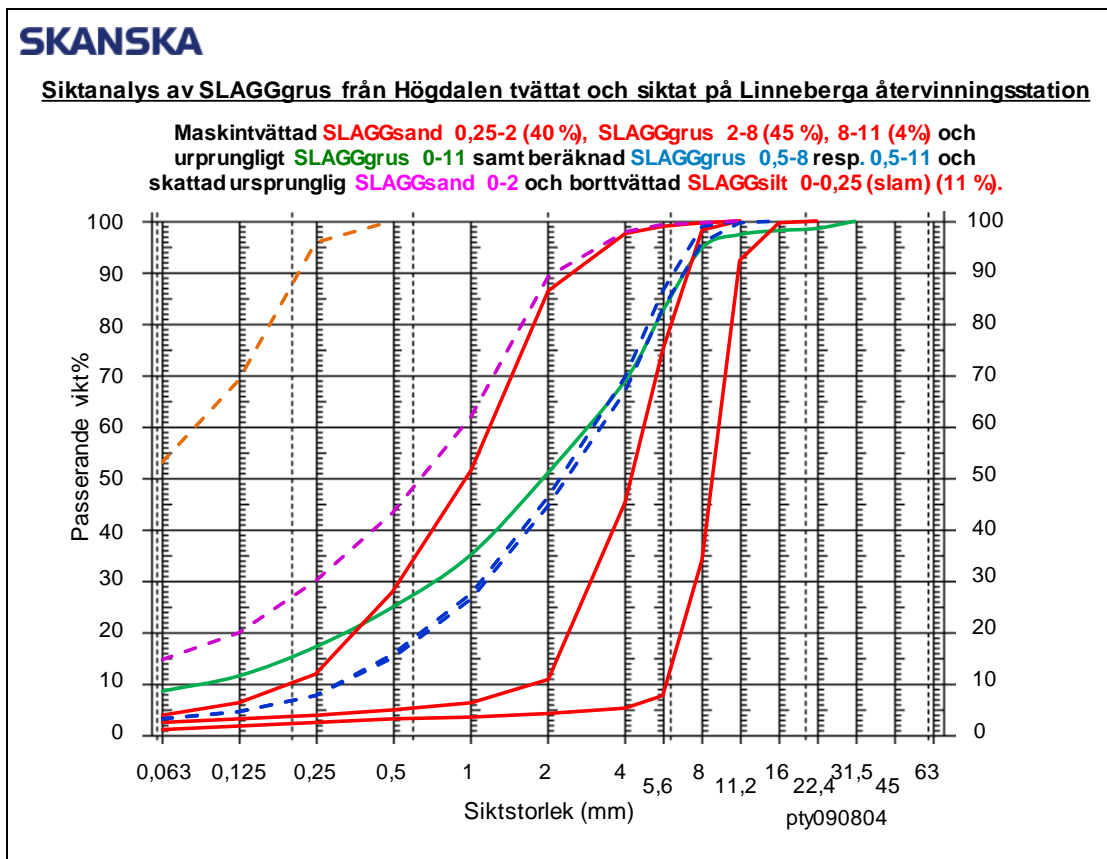


Diagram 4-1 Kornfördelningar före och efter tvättning av bottenaska (SLAGGgrus 0-11) från Högdalens kraftvärmeverk, nedtransporterad från Högbytorp.

Uppdelningen mellan fraktionerna blev:

SLAGGsand 0,25-2	40 %
SLAGGgrus 2-8	45 %
SLAGGgrus 8-11	4 %
SLAGGsilt 0-0,25	11 % (borttvättat slam)

I tidigare utredningar /4./ konstaterades att en maximal partikelstorlek på 8 mm är optimal. Det tvättade slaggruset ser på håll ut som ett vanligt sandigt grus. Först vid en närmare inspektion avslöjas partiklarnas ursprung. 0,25-8 mm är också idealisk för att passa in i ett grovt bergkrossmaterial.

4.3.2 Provtvättning på Högbytorps deponi 2010

Hösten 2010 genomfördes provtvättning på Högbytorp med tre olika avfall: sopsand, utbytt banvallsmakadam och slaggrus.

SOPSAND

Sopsanden kom från Arlanda flygplats och hade mycket finkornig sammansättning. Det resulterade i att verkets kapacitet fick dras ner när matningen av finmaterial överbelastades. Sopsand ser för övrigt ofta ut som matjord och blir lätt överväxt om den får ligga något år.



Bild 4-5 Överst sopsand före tvättning, närmast två tvättade fraktioner: SOPsand 0,25-2 och SOPgrus 2-8.

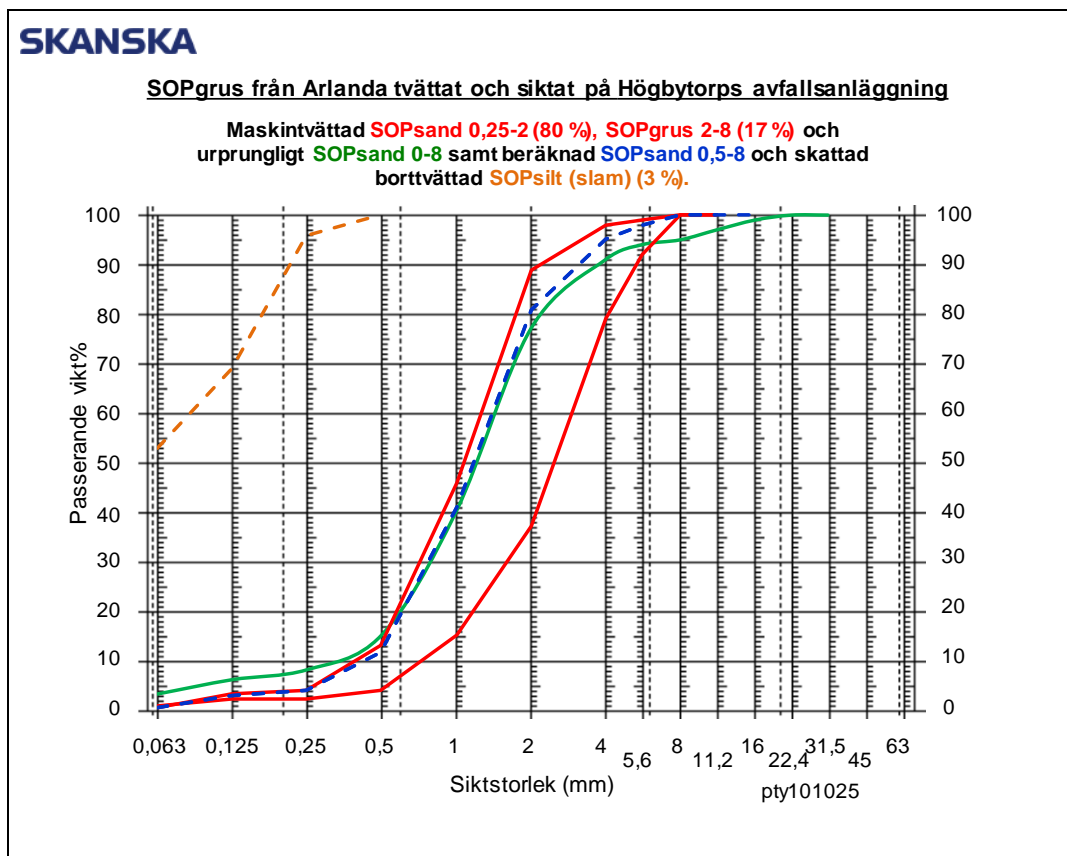


Diagram 4-2 Kornfördelningar före och efter tvättning av sopsand från Arlanda flygplats.

Sanden var mycket finkornig jämfört med vad som används på gator och GC-vägar. Däremot innehöll det mycket lite silt. Uppdelningen i fraktioner blev:

SOPsand 0,25-2	80 %
SOPgrus 2-8	17 %
SOPsilt 0-0,25	3 % (borttvättat slam)

SL-MAKADAM

Makadam på banvallar måste bytas ut med jämna mellanrum efter att stenarna nötts ned och packats till. Lagret förlorar med tiden sin nödvändiga elasticitet, som kommer av stenarnas rörelser under tågets passage. Det finns olika tekniker att ta bort och ersätta materialet. En går ut på att suga upp stenen för att strax efter blåsa tillbaka det nya. Oavsett teknik följer andra material med, som hamnat på spåren under årens lopp: metalldelar från lok, vagnar och gods, och sopor av alla slag. Allt detta måste avskiljas med en försikt och magneter innan tvättningen kan ske.



Bild 4-6 SL-makadam före tvättning.



Bild 4-7 SLgrus 22,4-45 efter tvättning.

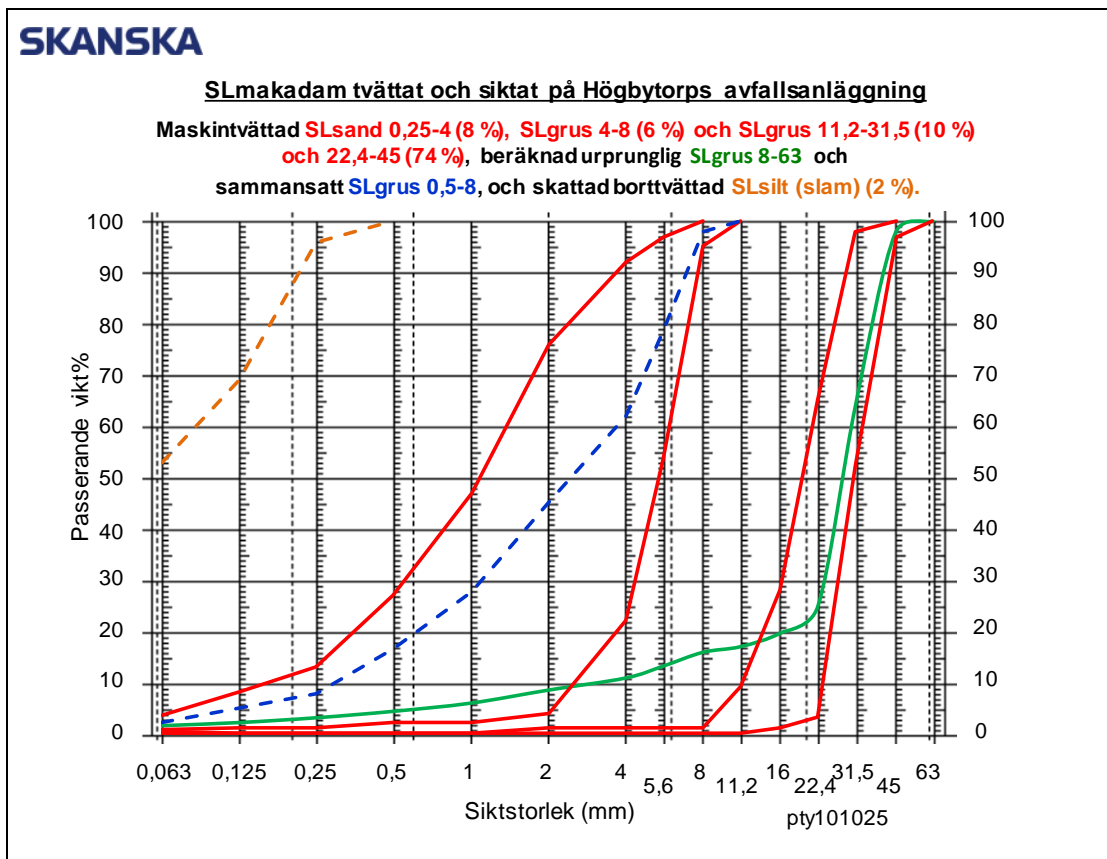


Diagram 4-3 Kornfördelningar före och efter tvättning av utbytt SL-makadam från Storstockholms Lokaltrafik.

Kapaciteten blev betydligt högre jämfört med sopsanden, eftersom bara en liten mängd finmaterial behövde sluttvättas. Det tvättade materialet kan liknas vid en graderad makadamfraktion med följande uppdelning:

SLsand 0,25-4	8 %
SLgrus 4-8	6 %
SLgrus 11,2-31,5	10 %
SLgrus 22,4-45	74 %
SLsilt 0-0,25	2 % (borttvättat slam)

Materialet kan innehålla mindre metallbitar och partiklar av annat ursprung men i huvudsak består det av sten av krossat berg av mycket god kvalitet. Det passar bra som bergkrossdelen i en sammansatt produkt.

SLAGGRUS

Slaggruset till tvätförsöket kom ursprungligen från Högdalens kraftvärmeverk i Stockholm och hade först malts och sorterats på Högbytorps deponi. Oförbränt och metaller plockades bort innan det matades in i tvättanläggningen.

Tvättningen genomfördes utan större problem ur kapacitetssynpunkt. Inte heller upplevdes några störningar i flockning och slamavskiljning. Körningen var mycket kort, bara någon timme, så eventuell anrikning av salt i tvättvattnet eller problem med det höga pH-värdet hann sannolikt inte utvecklas. De effekterna borde vara välkända på Indavers mångdubbelt större tvättanläggning i Belgien. Det återstår att ta reda på.



Bild 4-8 Förbehandling av slaggrus från Högdalen på Ragn-Sells deponi i Högbytorp.



Bild 4-9 Slaggrus före tvättning.



Bild 4-10 SLAGGsand 0,25-2.



Bild 4-11 SLAGGgrus 2-8.

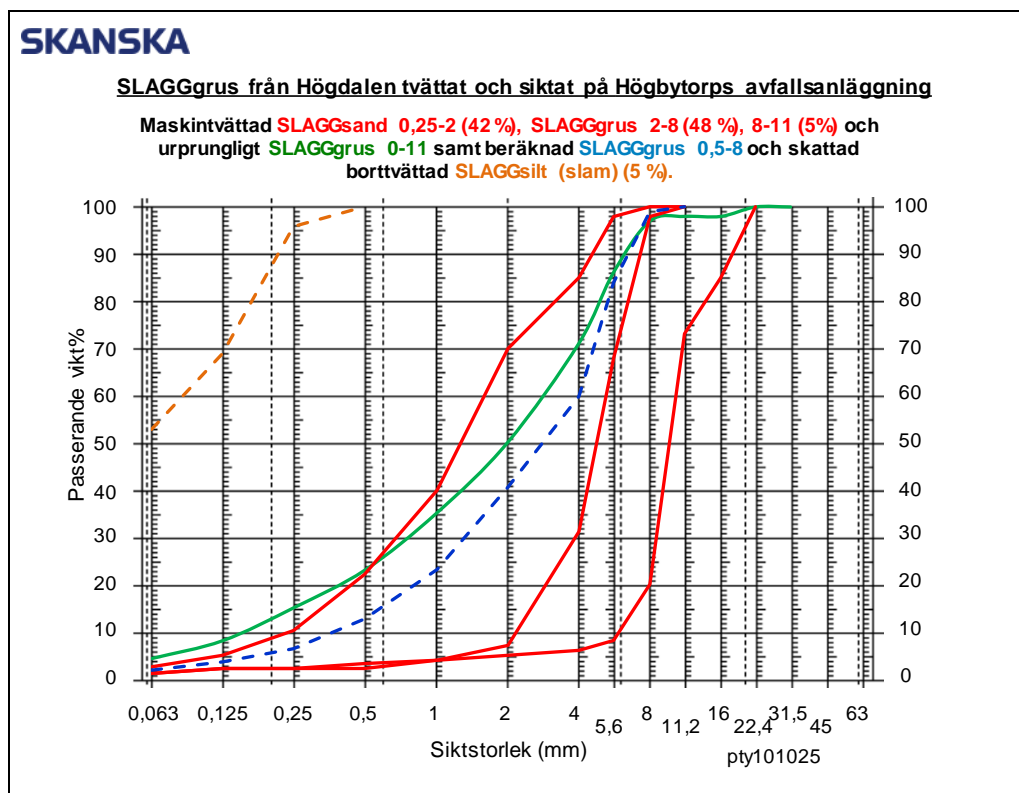


Diagram 4-4 Kornfördelningar före och efter tvättning av bottenaska från Högdalens kraftvärmeverk förvarad på Högbytorp.

Uppdelningen påminner om resultatet efter motsvarande övning i Linneberga 2009:

SLAGGsand 0,25-2	42 %
SLAGGgrus 2-8	48 %
SLAGGgrus 8-11	5 %
SLAGGsilt 0-0,25	5 % (borttvättat slam)

Innehållet av silt var påtagligt mindre än vid förra tvättningen av slaggrus och även jämfört med andra undersökningar. Halten mindre än 0,063 mm brukar ligga runt 10 %.

För blotta ögat och inte för närgånget betraktat såg de båda sand- och grusfraktionerna ut som vilket naturmaterial som helst. I den lilla högen med SLAGGgrus 8-11 kunde emellertid en del identifierbara rester skönjas från porslin och glas och rostfria bestickdelar. Det har inte någon praktisk betydelse men det ger ett osnyggt intryck.

4.4 Referensvärden för innehåll av metaller

Avsikten med tvättningen är i första hand att förbättra materialen i tekniskt avseende, inte att minska innehållet av vissa ämnen. Den här tvättningsprocessen är inte specifikt utformad för det syftet. Ämnesanalyserna görs bara för att informera om vilka effekter tvättningen har även i de avseendena.

Värdenivåer för innehåll av ämnen sätts av tillsynsmyndigheter för olika syften. Det sker med *totalhalter* respektive *utlakade mängder* för en rad *organiska ämnen* och *metaller* med *gränsvärden*, som inte får passeras, eller *riktvärden* som vägledning. Naturvårdsverkets har gett ut en handbok för återvinning av avfall i anläggningsarbeten /5./ och riktvärden för befintlig jord vid känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM) /6./. Med utgångspunkt från platsspecifika bedömningar har Malmö, Göteborg och Stockholms kommuner fastlagt anpassade riktvärden /7./ Livsmedelsverket föreskriver gränsvärden för dricksvatten /8./.

Naturvårdsverkets handbok och storstadsöverenskommelsen kräver ett större utredningsunderlag och platsspecifika bedömningar. För syftet med föreliggande fall passar de allmängiltiga och välkända KM/MKM-värdena bättre.

Eftersom innehållet av organiska ämnen i de flesta fallen understeg detektionsgränserna redovisas bara förekomsten av metaller.

Bedömning av dricksvatten baseras på en rad parametrar utöver de ämnen som figureerar i den här rapporten. Dricksvattengränserna visar ändå vilka storleksordningar som accepteras för ett viktigt födoämne.

Tabell 4-1 Riktvärden för totalhalter av metaller i förorenad jord och gränsvärden för dricksvatten.

	KM	MKM	Dricksv.
Ämnen	mg/kg Ts		µg/l
As	10	25	10
Cd	0,5	15	5
Co	15	35	-
Cr	80/2	150/10	50
Cu	80	200	2000
Hg	0,25	2,5	1
Ni	40	120	20
Pb	50	400	10
V	100	200	-
Zn	250	500	-

4.5 Totalhalter

Analyserna av totalhalter utfördes av företaget Eurofins enligt SS 028311.

De tre provtvättade materialen har helt olika ursprung och sammansättning. Sopgruset bestod av mycket finsand medan SL-materialet var grovt och innehöll främmande rester som metallbitar och krossat glas. Slaggrusets partiklar är av olika slag: glas, keramik, porslin och rena metallbitar, vid sidan av vanligt grus och byggrester.

Riktvärdena för totalhalter (KM, MKM) har tagits fram för lättlösliga ämnen, dvs en viss förekomst förutsätts betyda att ämnena också kan komma att förflytta sig. Det förhåller sig inte alltid på det viset. I totalhalten framgår nämligen inte i vilken form ämnena förekommer, om de är lösliga eller är bundna i någon svårslöslig förening. Det framkommer däremot i laktesten.

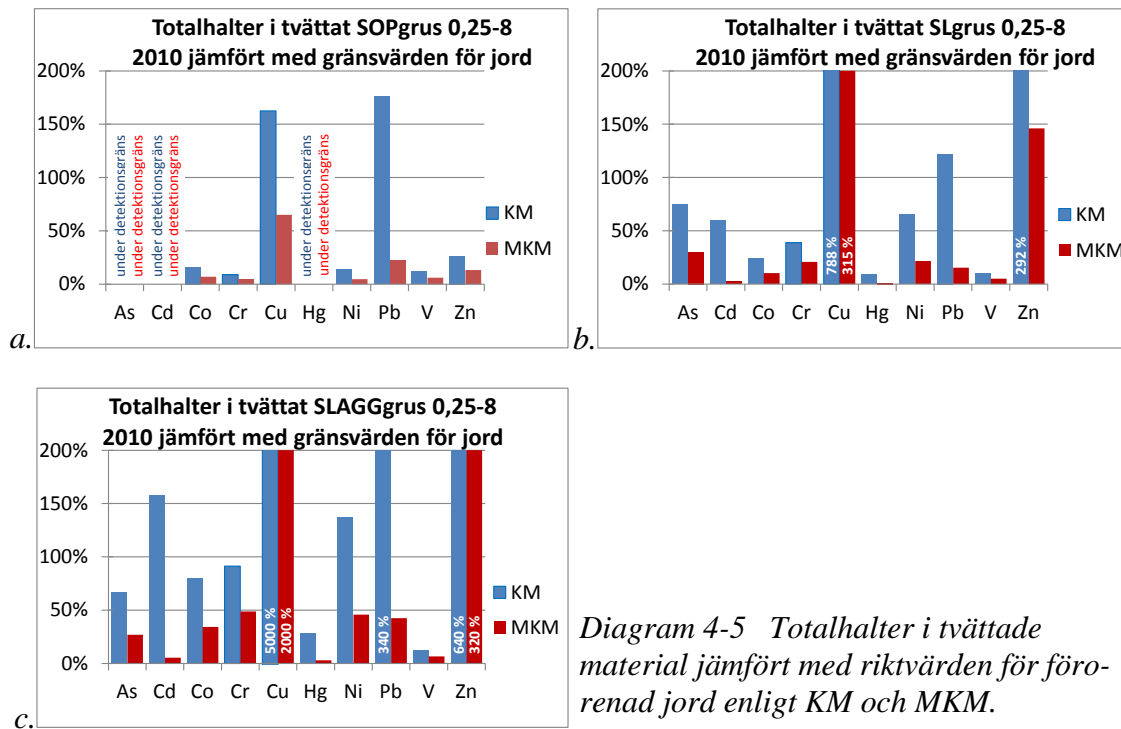


Diagram 4-5 Totalhalter i tvättat material jämfört med riktvärden för förorenad jord enligt KM och MKM.

Viss metaller som koppar, bly och zink och ibland nickel dyker emellanåt upp i påfallande höga halter, i varje fall jämfört med riktvärdena för MK och MKM. Det kan misstänkas vara rena metallfragment, som i så fall ger tydliga utslag. Det handlar då om mg per kg torrsbstans, dvs milliondelar. I fallet slaggrus rör det sig emellertid om flera gram och för SLgruset om knappt ett gram. Om nivåerna har någon koppling till risken för att ämnena kommer ut i naturen borde det märkas i förhöjda utlakningsvärden.

4.6 Lakning

För lakning användes skakmetod betecknad LidMiljö.OA.01.21 med L/S-2 respektive L/S-10 (*Liquid/Solid-ratio*, kvoten mellan mängden vatten och torr provmängd (= TS, torrsubstans)). L/S-2 ska representera utlakad mängd under den första tiden. I regelverken förekommer också L/S-0,1 för det syftet, vilket tas fram med ett annat laktest, kolonnetoden. Eftersom materialen vid återvinning i de aktuella fallen (under täta slitlager) inte kommer i närheten av människor, växter eller djur finns det inget skäl att bedöma det fallet. Innan lakvattnet har nått jord med växter eller ytliga vattendrag för dricksvatten har det rimligen späts ut mångfalt mer än L/S-2, förmodligen också mer än L/S-10. Jämförelsen med dricksvattengränserna syftar inte till att bedöma lakvattnet som dricksvatten. Det skulle med all sannolikhet underkännas av en rad andra skäl. Men andelarna ger en fingervisning om vilka storleksordningar det rör sig om.

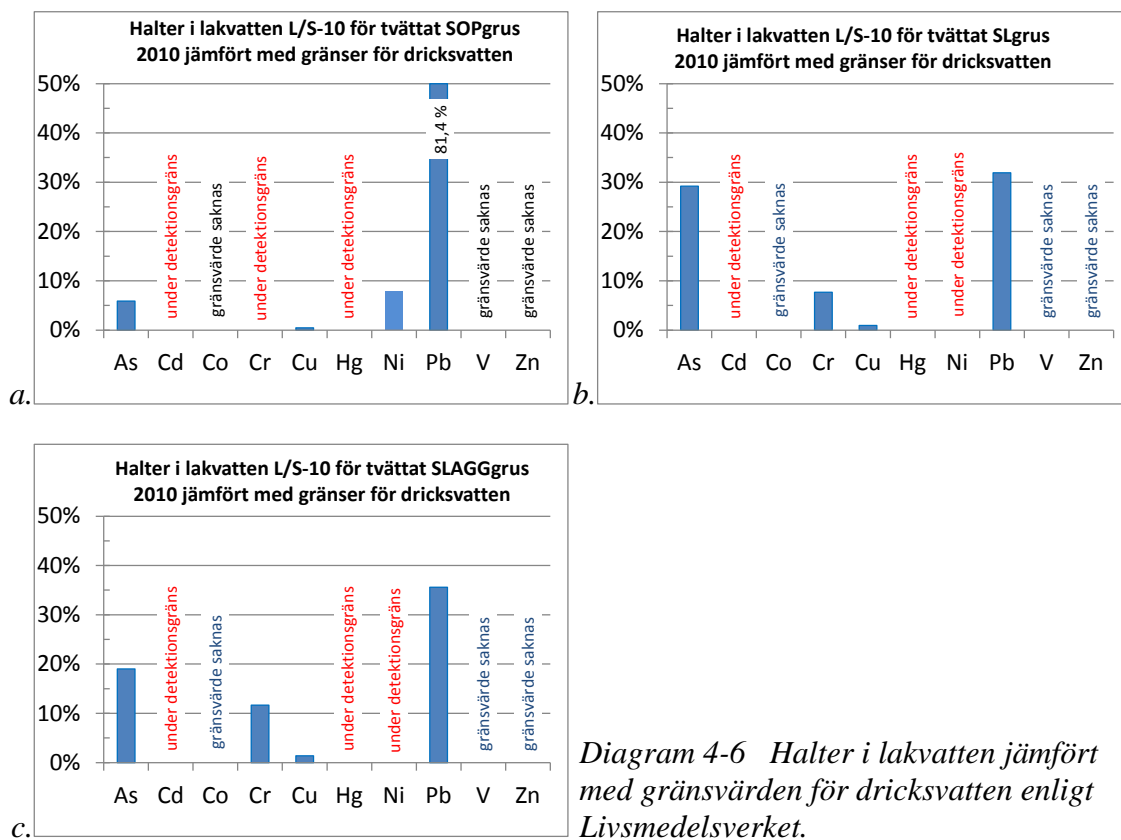


Diagram 4-6 Halter i lakvatten jämfört med gränsvärden för dricksvatten enligt Livsmedelsverket.

En intressant observation är de låga lakvärdena från metaller som fanns i höga totalhalter i föregående avsnitt. Det kan vara så att metallerna inte är särskilt lakbara i de former de förekommer. Det är anmärkningsvärt hur vissa ämnen "försvinner" under detektionsgränserna trots att de förekommer högst påtagligt i totalhaltanalysen, t ex kadmium och nickel för SLAGGgrus.

4.7 Processvatten

Processvatten följer med slam och tvättade material men det förekommer också ett visst läckage från anläggningen. För omgivande miljö och arbetsmiljön finns det anledning att kontrollera innehållet. Även här jämförs nivåerna med dricksvattenvärdena. Tvättning av slaggrus bedömdes vara det besvärligaste fallet. Mätningar gjordes både 2009 och 2010.

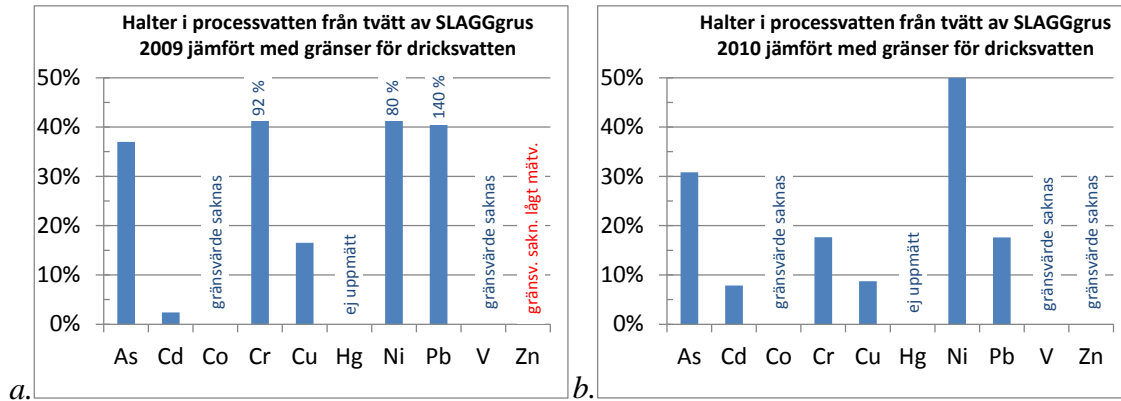


Diagram 4-7 Innehåll av metaller i processvattnet från tvättning av slaggrus jämfört med Livsmedelsverkets dricksvattengränser. Undersökningar gjordes både 2009 och 2010 i Högbytorp.

4.8 Övriga mätningar

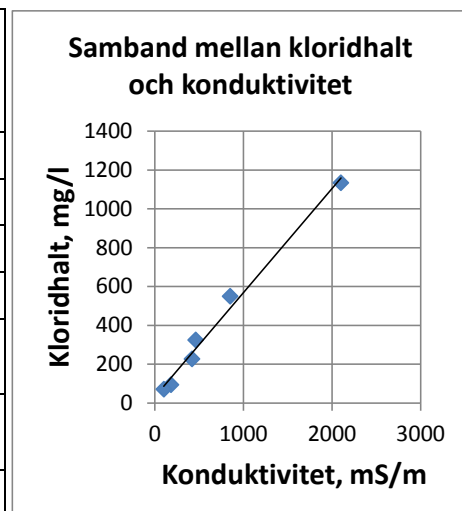
Sulfater och klorider (mestadels vanligt koksalt) anrikas i slaggrus efter förbränning. Ämnena uppmärksammas eftersom salt från halkbekämpning kan påverka vattenkvaliteten i ytnära brunnar i närheten av trafikleder.

Efter tvättningen av slaggrus 2009 provades tvättat material och avvattnat slam med laktetestet. Lakvattnet analyserades på salter, lösta organiska ämnen (DOC), pH och konduktivitet.

Tabell 4-2 Kompletterande mätningar på lakvatten från tvättat slaggrus i Högbytorp 2009. Sambandet mellan salthalt och konduktivitet är starkt.

	SLAGGsilt 0-0,25		SLAGGsand 0,25-2		SLAGGgrus 2-8		Dricks- vatten*)
	L/S-2	L/S-10	L/S-2	L/S-10	L/S-2	L/S-10	
	mg/l						
Cl	2100	420	850	180	460	100	100
SO ₄	3100	850	1400	460	850	320	100
DOC	340	84	130	32	55	15	-
pH log(L/mol)	9,5	10,5	10	11	10,5	10,8	10,5
Konduktivitet mS/m	1134	226	550	93,1	324	70,6	250

*) Gräns för tjänlighet enligt Livsmedelsverket



Saltmängderna som kan komma ut från slaggrus är försumbara jämfört med mängderna som sprids av väghållarna för halkbekämpning. Men utlakad saltlösning är i stort sett det enda som hittas i fullskaliga lakförsök med (otvättat) slaggrus. Därför undersöktes saken lite närmare.

Koksalt är mycket lösligt och förs snabbt bort så snart vatten passerar materialet. L/S-2 beskriver förmodligen tillståndet ganska väl i inledningen. Halterna sjunker sedan snabbt för att därefter upphöra helt. Försök med lysimetrar (uppsamlingsbehållare i marken) styrker den beskrivningen. Innan saltlösningen från den här mycket begränsade källan har nått ett ställe där den kan ha påverkan har den med all sannolikhet späts ut långt under dricksvattengränsen.

Konduktiviteten är en effekt av saltjoner i vatten och är i det här fallet en indikator på att salt finns närvarande.

DOC (*Dissolved Organic Carbon*) binder metaller och minskar metallernas tillgänglighet för upptagning av växter. Hög halt DOC i lakvattnet från SLAGGsilt kan förklara slammets goda förmåga att ta till sig metaller (se kap 4.9).

4.9 Jämförelse med tvättning av förorenad jord i Olskroken

År 2002 genomförde dåvarande Banverket provtvättning av måttligt förorenad jord från Olskrokens bangård i Göteborg. Tvättanläggningen, som opererades av dåvarande Falu Process Systems, liknade den som användes i Högbytorp, med undantag för tvättrumman. Konsultföretaget Tyréns genomförde utredningen, som presenteras i en rapport utgiven av Banverket /2./. Totalhalterna analyserades i inmatade respektive tvättade material samt innerhållet i processvattnet. Resultaten presenterades i tabellform. I Bilaga 2. redovisas siffrorna grafiskt för att illustrera några intressanta iakttagelser. Samma analysföretag, dåvarande Analycen nuvarande Eurofins, användes 2002 och 2009/2010.

Bortsett från förekomst av koksrester, som gav utslag för PAH i några enstaka fall, handlar det om tillförda ämnen som stannat i gruslagren. Därför följde stora andelar med tvättvattnet och fastnade så småningom i slammet. Diagram 1. visar att borttvättade ämnen i mycket hög grad hamnar i slammet, även om halterna i det här fallet inte var särskilt höga.

Totalhalterna i tvättad material minskade kraftigt, vilket framgår av Diagram 2. Slammets ämnesnivåer översteg i flera fall KM (men inte MKM). PAH översteg MKM i slammet och behövde därför deponeras. Totalhalterna i den tvättade fraktionen 0,2-7 mm understeg KM. Halterna indikerade emellertid att förorenande verksamhet förekommit, dvs de översteg ortens bakgrundsvärden. Processvattnet hade mycket låga halter av de undersökta metallerna, vilket framgår av jämförelsen med dricksvattengränserna.

Tvättningen av den måttligt förorenade jorden var effektiv, inte bara vad gäller rening från silt utan också från lakbara ämnen, mycket tack vare det lamellförtjockade slammets bindande förmåga.

5. DISKUSSION

5.1 Material

5.1.1 Tekniska egenskaper

För att ett avfall ska fungera som anläggningsmaterial måste det rensas från komponenter som försämrar materialets egenskaper. Två av materialen, sopsand och SLgrus, är avstädningsmaterial, som inte bara innehåller sand utan också avfall från insamlingsområdet. Det handlar om metallrester och sopor av alla slag. Detta måste avskiljas innan tvättningen och det görs med magnetavskiljare och försiktigt. Syftet med tvättningen är att därefter ta bort siltiga findelar, som kan göra ett grusmaterial instabilt.

De återvunna materialen ska kunna användas på ytor som utsätts för allmän trafik i betydande omfattning. Det finns andra fall när bärigheten har mindre betydelse, t ex på tillfälliga vägar, där ytstandarden inte är lika viktig som på en allmän väg. Alla har emellertid glädje av en väg som inte ständigt måste repareras, särskilt om den har asfalterats.

De tvättade sandfraktionerna 0,25-2 och 2-8 fungerar bra som tillskott i grova grusmaterial. Det bidrar till en välgraderad och stabil grusprodukt för anläggningsändamål, till exempel som obundet bärlager under asfalt. Sandpartiklarnas ursprung har i det fallet mindre betydelse. Det kan lika gärna röra sig om krossat glas, keramik och porslin som bergmaterial. Funktionen är i första hand att fylla upp kring och låsa fast de större stenarna. De här frågorna behandlas i en allmän teknisk beskrivning för sammansatta material /3./ och en handbok för slaggrus/4./.

Sanden från tvättad sopsand duger oftast till halkbekämpning igen och fungerar i något fall bättre än förut. Ibland kan nytillverkad sand vara så flisig och vass att cykeldäck skärs sönder. Efter ett varv i återvinningsprocessen har de skarpa kanterna slipats av.

Det grova, tvättade SLgruset är lämpligt som bärande materialdel i sammansättning med en sandfraktion. Det kan givetvis också krossas ned till finare fraktioner, beroende på förekomsten av enstaka metallstycken, som kan ställa till problem i krossningen.

Tvättat slaggrus har inga särskilt eftertraktade egenskaper som saknas hos andra material. Det finns till exempel stora mängder överblivet finhaltigt sandmaterial runt om i bergtäkterna, som kan uppgraderas genom tvättning. Med ekonomiska styrmedel och andra incitament kan tvättat slaggrus emellertid bli intressant som tillskottsvara. Men det måste ske utan avkall på teknisk funktion.

5.1.2 Ämneskriterier för återvinning

Naturvårdsverket fick 2006 i ett regleringsbrev uppdraget av Regeringen att ta fram kriterier för att "öka andelen avfall som återvinns" med tillägget "utan risk för skadliga miljö- och hälsoeffekter". Denna bisats kom att uppfattas som det huvudsakliga uppdraget, eftersom "giftfri miljö" är ett övergripande mål för allt som Naturvårdsverket företar sig. Detta genomsyrar också Naturvårdsverkets *Handbok för återvinning av avfall i anläggningsarbeten* /5./, som så småningom blev resultatet av uppdraget. I denna vägledning för tillsynsmyndigheter anges riktvärden för ringa risk för fri användning av restprodukter. Riktvärdena för totalhalt är lägre än för KM och för lakvatten lägre än för dricksvatten. Vanliga schaktmassor har svårt att klara gränserna. Med tanke på onoggrannheten i analyserna ($\pm 25-30\%$) finns risk att stora materialmängder kommer att deponeras i onödan. En korrekt tillämpning av Naturvårdsver-

kets handbok skulle kräva en omfattande utredning som inte ryms inom föreliggande projekt.

Handboken har fått omfattande kritik för alltför hårt satta krav från bland andra Trafikverket, stålindustrin och storstadskommunernas tekniska avdelningar. Som balans till Naturvårdsverkets syn kan ställas storstädernas mer pragmatiska hållning i /7./, framtaget av Sweco i samverkan med Stockholm Byggmästareförening och Sveriges Byggindustrier. Man utgår precis som Naturvårdsverket från KM/MKM men *höjer* istället gränserna, när det är acceptabelt med avseende på risken för tillgänglighet och spridning. Det förutsätter god lokalkännedom men det ligger i sakens natur att den finns på en kommun.

5.1.3 Analyser av kemiska ämnen

Totalhalter för metaller skiljer inte på ämnens förekomst i kemiska föreningar, fria joner eller rena metallbitar. Riktvärden och gränser sätts efter risken att de i någon framtid och under särskilda omständigheter kan migrera eller tas upp av växter.

För att utröna ämnens mobilitet används lakttest. Det vore logiskt om detta var utslagsgivande men så är inte Naturvårdsverkets kriterier utformade. Både totalhalter och lakvärden måste klaras.

Användning av restprodukter till bär- och förstärkningsmaterial under slitlager är ur miljösynpunkt en säker placering. En sådan överbyggnad är konstruerad för att inte genomströmmas av vatten vare sig uppifrån, från sidan eller underifrån. Så länge det inte sker är risken för lakning obefintlig. Om materialen av någon anledning behöver tas bort är de lätta att hitta och komma åt.

5.2 Processen

Tvättverket har potential att bli ännu effektivare som reningsverk för ämnen som anses vara en belastning för miljön. Konstruktionen är särskilt lämpad för utprovning av olika behandlingsmetoder och tillsatser. Slam med organiskt innehåll har naturligt en renande förmåga, som kan förstärkas med tillsatser av absorbenter. Arbetet är lätt att övervaka och en del resultat kan avläsas på plats. Verket kan på så vis användas som laboratorium.

Inneslutningen av processvatten och slam betyder att verket är oberoende av särskilda uppställningsplatser. Den kompakta anläggningen klarar sig också med minimal uppställningsyta, vilket är en stor fördel för en mobil verksamhet.

Verket har alla behövliga processteg i grundkonstruktionen men kan öka kapaciteten och effekten av tvättningen genom förbehandling och kompletterad sandklassering och slamavskiljning.

6. SLUTSATSER OCH RÅD

Tvättning av grusprodukter kommer att fortsätta i minst samma omfattning som idag medan förutsättningarna för uttag av vatten och deponering av slam kommer att ändras. Behoven av förändringar i pågående verksamheter är än så länge inte överhängande. De kommer i samband med större ombyggnader eller ometableringar, då nya tillstånd ska sökas. Med sådant scenario kan det vara klokt att ha sett över möjligheterna till miljöanpassning.

Effekten av tvättningen är tydlig och minimerar risken för att natur och människor ska komma till skada även om materialen skulle genomflödas av vatten. På det viset tillgodoses önskemålet om aktsamhet vid återvinning, som anges i Regeringens regleringsbrev till Naturvårdsverket.

För nytillverkning bör man tänka på:

1. Kort recirkulering av tvättvatten, som minimerar avdunstning och energianvändningen för pumpning och som minimerar påspädningen av förlorat vatten
2. Snabb sedimentering av slam, vilket minimerar behovet av cirkulerande vattenvolym
3. Effektiv avvattning av slammet minskar volymen och underlättar omhändertagandet.

För miljötvätt handlar det också om:

4. Förundersökning av material som ska tvättas för val av flockulerande tillsatssmedel, för kemisk och fysisk bindning av ämnen och för neutralisering
5. Undersökning av ämnen i slammet för deponering på rätt mottagningsställe
6. Kontroll av färdigt material som ett led i kvalitetssäkringen
7. Kontroll av tvättvattnet för åtgärder om ämnen ackumuleras, till exempel mätning av konduktivitet för bedömning av salthalten vid tvättning av slaggrus.

Och för branschen gäller:

8. Fortsatt utveckling av separationstekniker. Där finns nyckeln till framgångsrik återvinning och miljöanpassad tvätteknik.

LITTERATUR

1. *Johansson, C.* Sopsand – avfall eller resurs? ISBN 978-91-7164-388-9. 2008. *Sveriges Kommuner och Landsting/Sveriges Lantbruksuniversitet. Stockholm/Alnarp. 2008.*
2. *Johansson, U. et al.* Våtsiktning av förorenade massor på Olskrokens bangård. *Banverket/Tyréns/Erik Svedberg. Göteborg. 2002-11-05.*
3. *Tyllgren, P.* Teknisk, beskrivning. Sammansatta obundna material för väg- och anläggningsbyggande. *SBUF 11496/Skanska. Stockholm/Malmö. 2007.*
4. *Tyllgren, P.* Slaggrus för sammansatta obundna material för väg- och anläggningsbyggande. Handbok. *Värmeforsk nr 1054/Avfall Sverige 2008:06/Skanska. Stockholm/Malmö. 2008.*
5. Återvinning av avfall i anläggningsarbeten. Handbok. ISBN 978-91-620-0164-3. *Naturvårdsverket. Stockholm. 2010.*
6. Tabell över generella riktvärden för förorenad mark. *Naturvårdsverket. Stockholm. 2008-10-24.*
7. Storstadsspecifika riktvärden för Malmö, Göteborgs och Stockholm stad. *Sweco Environment AB. Uppdr.nr 1155277000. Stockholm. 2009-06-17*
8. Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten. *SLVFS 2001:30.*

BILAGOR

Bilaga 1

RESULTAT AV TVÄTTAD SOPSAND I UMEÅ

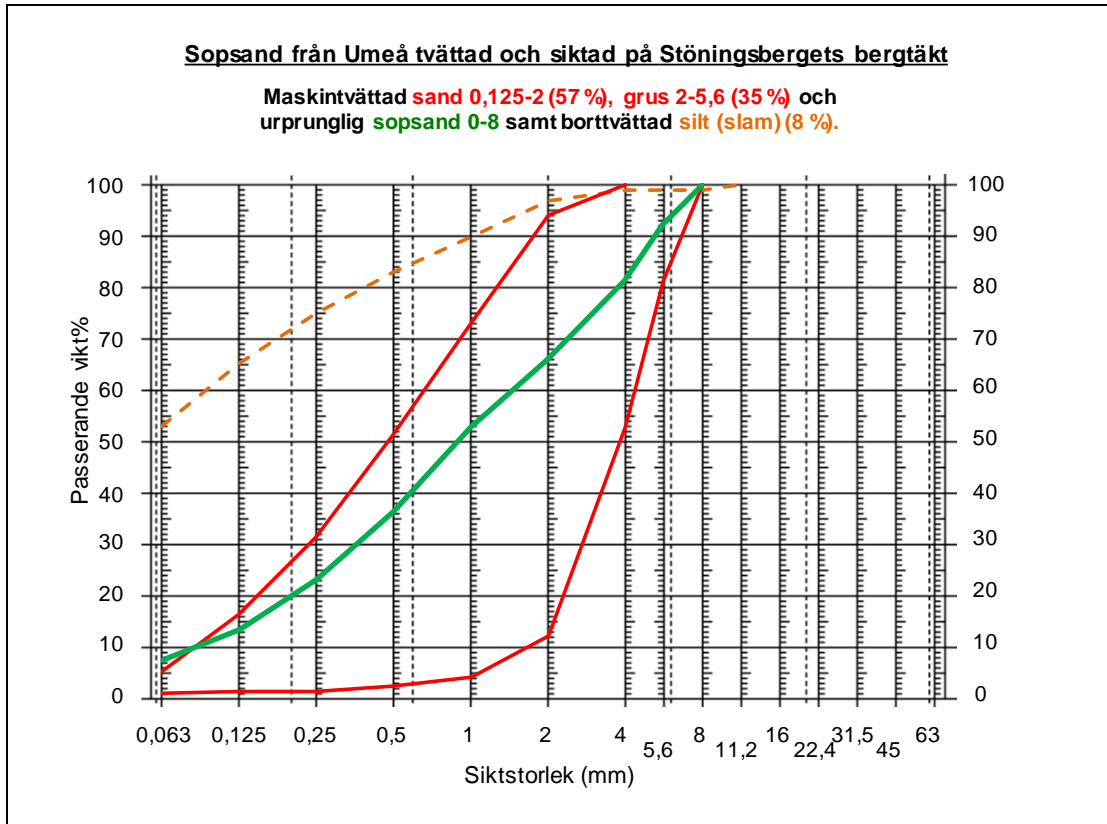


Diagram 1. Kornfördelningar före och efter tvättning av sopsand med NCCs tvättverk på Stöningsberget i Umeå. Siktanalyser: NCC Roads, Umeå

Inmatad mängd innehåller 10-20 % varierande materialslag (metall, sopor) större än 8 mm. Resterande grusmaterial delas efter tvättning och siktning vanligen upp i följande fraktioner:

Sand 0,125-2	57 %
Grus 2-5,6	35 %
Silt 0-0,5	8 % (borttvättat slam)

Bilaga 2

TVÄTTNING AV FÖRORENAD JORD I OLSKROKEN 2002

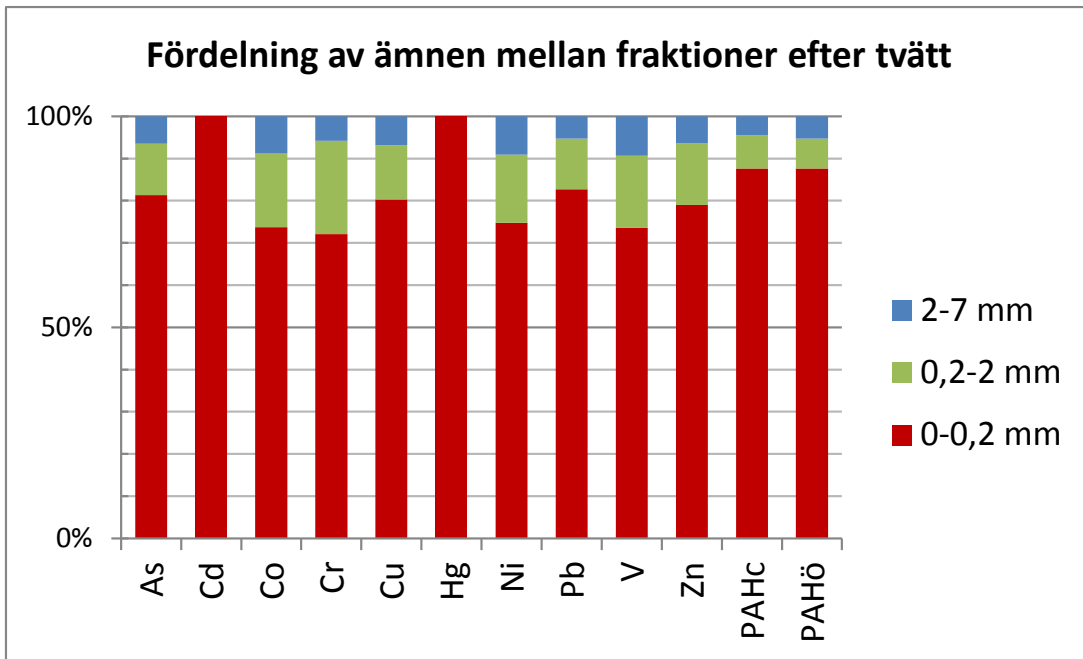


Diagram 1. Efter tvättning fördelas förekommande ämnen mellan separerade fraktioner. Slam/siltfraktionen drar till sig det mesta.

Originaldata: Banverket/Tyréns/Erik Svedberg

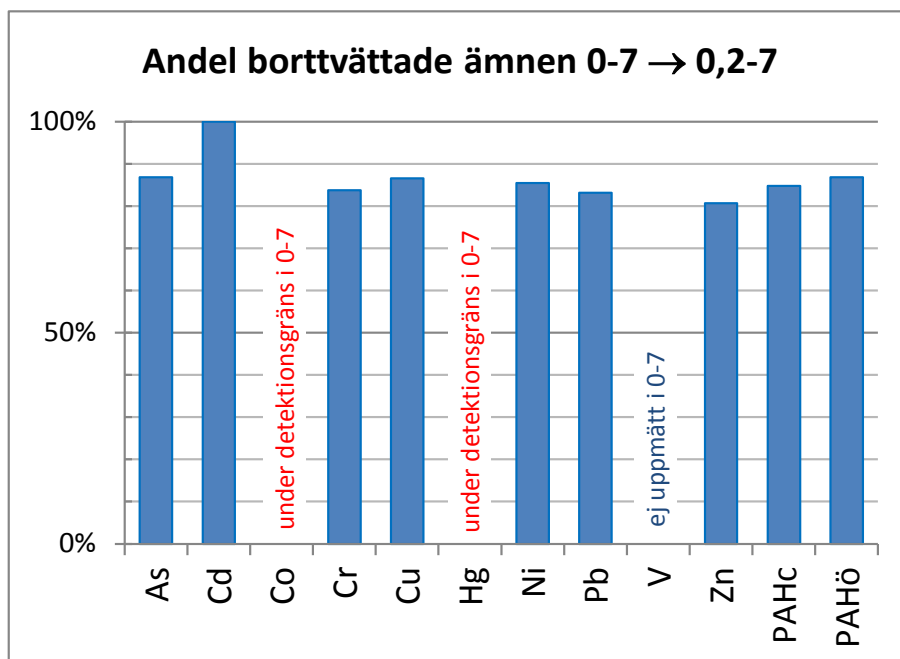


Diagram 2. Andelen borttvättade ämnen var stor eftersom ämnena satt löst i materialet.

Originaldata: Banverket/Tyréns/Erik Svedberg

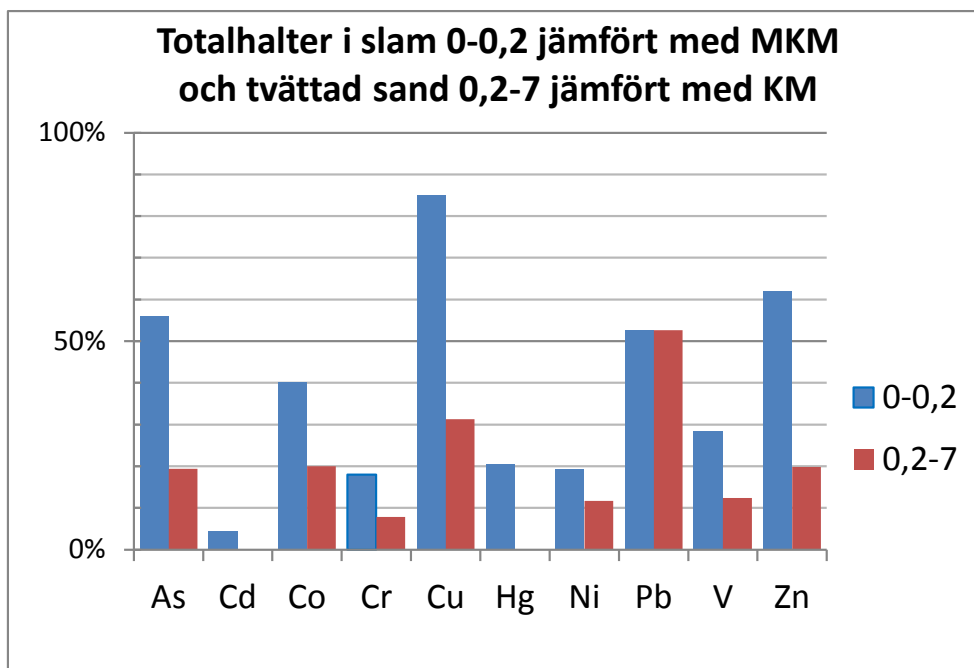


Diagram 3 Alla ämnen i slammet understiger MKM men bara i fyra fall KM. Tvättad sand 0,2-7 klarar KM över hela linjen.

Originaldata: Banverket/Tyréns/Erik Svedberg

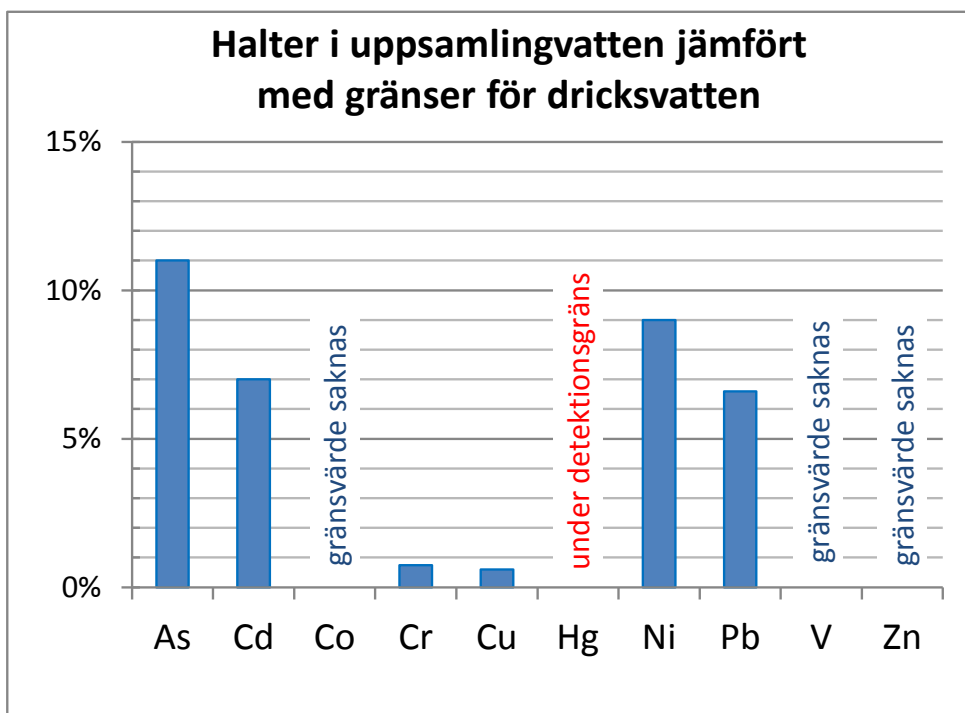


Diagram 4. Processvattnet i Olskroken klarar dricksvattengränserna för analyserade ämnen med bred marginal. Originaldata: Banverket/Tyréns/Erik Svedberg