

MOTTAGNINGSKONTROLL AV OBUNDNA VÄGMATERIAL



Jan Englund och Lars Stenlid

2023-01-16

INNEHÅLL

1	Förord	4
2	Sammanfattning	5
3	Bakgrund	6
4	Syfte	7
5	Begränsningar	7
6	Metod	7
7	Genomförande av Etapp 1	8
7.1	Bergtäkt 1.....	9
7.2	Bergtäkt 2.....	12
7.3	Bergtäkt 3.....	14
7.4	Bergtäkt 4.....	16
8	Resultat Etapp 1	17
8.1	Bergtäkt 1.....	17
8.2	Bergtäkt 2.....	19
8.3	Bergtäkt 3.....	20
8.4	Bergtäkt 4.....	21
9	Analys och slutsats Etapp 1	21
9.1	Skillnader i standardavvikelser mellan provtagningsytorna.....	22
9.2	Visuell spridning över provtagningsytorna.....	23
10	Genomförande ETAPP 2	35
10.1	Provtagning för samlingsprov.....	35
10.2	Skapa laboratorieprover från samlingsprover.....	38
11	Resultat Etapp 2	40
12	ANALYS OCH DISKUSSION STEG 2	45
13	FÖRESLAGEN METODIK	46
14	SLUTSATSER	48
15	FORTSATT STUDIER	48
16	REFERENSER	49
	Bilaga	50

1 FÖRORD

Lars Stenlid, Skanska, kom med projektidé och initierade projektet efter inledande studier. Projektledningen har delats mellan Lars Stenlid och Jan Englund. Projektet genomfördes under perioden december 2021 till januari 2023.

Provtagning har skett på Skanska-täkter och vi vill rikta ett stort tack till Patrik Karlsson, Leif Andersson och Jesper Lindström på Skanska Industrial Solution för all hjälp vid provtagningsarbetet. Även Emma Rehnström och Gustav Björkqvist har varit delaktiga och till stor hjälp vid provtagningen.

Proverna har analyserats vid laboratoriet i Gunnilse genom Gustav Björkqvist och Joel Björkqvist och de ska ha stort tack för all analyshjälp, återkoppling och givande diskussioner.

Ett stort tack riktas till medlemmarna i referensgruppen som hjälpt till med att vägleda projektet och kommit med givande återkopplingar och deltagit i goda diskussioner.

Slutligen riktas ett mycket stort tack till SBUF, som varit huvudfinansiär av projektet och möjliggjort dess genomförande. Projektets organisation var:

Referensgrupp

Richard Ragnander, XR Berg och Maskin AB

Christian Rosengren, Infrakraft

Peter Martinsson, Swerock

Mats Fehrm, NCC

Jacob Källström, Svevia

Arbetsgrupp

Jan Englund

Lars Stenlid

Jan Englund och Lars Stenlid

Gunnilse och Vällsta 2023-01-16

2 SAMMANFATTNING

I samband med anläggningsprojekt köps exempelvis bärlager in. Tillverkaren lämnar en CE-deklaration som beskriver egenskaperna på den aktuella produkten. Mottagaren av den levererade bergmaterialprodukten ska i många fall ta ut prover för kvalitetskontroll i form av kornstorleksfördelning på färdigutlagt och färdigpackat lager för att verifiera att rätt produkt är på rätt plats. Är kvalitetsprovet underkänt är det svårt veta var eventuella avvikelser uppstått i den långa hanteringskedjan från produktion av material till färdigutlagt lager. Det kan därför uppstå tvister där det är svårt att reda ut varför resultaten skiljer sig åt. Mottagaren kan inte påvisa för beställaren att arbetet är utfört med rätt kvalitet. Det finns en osäkerhet om materialet är hanterat på felaktigt sätt eller om inte rätt kvalitet var levererad från början. Tillverkaren, eller om materialet förts över till en leverantör av materialen, kan å sin sida ha svårt att bevisa att rätt kvalitet på materialet är levererat. Projektet syftar därför till att ta fram ett system för mottagningskontroll av bergmaterialprodukter som både tillverkare/leverantör och mottagaren accepterar. Detta skulle i framtiden kunna användas som branschstandard.

Mottagningskontrollen är tänkt att ske efter avrop från mottagaren. Metodiken innefattar att ett lastbilslass, där leverantören lastat lastbilen, tippas hos mottagaren i en hög. Högen homogeniseras och en provtagningsyta skapas. Fyra delprover tas ut från provtagningsytan för att skapa ett samlingsprov. Samlingsprovet delas ned genom en neddelningsprocess och två laboratorieprover prepareras inför kornstorleksfördelningsanalys på två olika laboratorier. Resultaten jämförs sedan med aktuell kravspecifikation.

Metodiken är framtagen genom att studera variation av kornstorleksfördelning hos provtagningsytor uppbyggda på olika sätt. Utifrån utvärdering av variationen har lämpligaste sättet att bygga upp en provtagningsyta identifierats tillsammans med erforderlig mängd delprover för att kunna ta ut ett samlingsprov som är representativt för lasten på ett lastbilslass.

Projektet ger underlag för att kunna ta fram en branschgemensam standard för mottagningskontroll.

3 BAKGRUND

I samband med anläggningsprojekt köps bergmaterialprodukter in för olika ändamål, exempelvis bärlager. Tillverkaren lämnar en CE-deklaration som beskriver egenskaperna på den aktuella produkten. CE-deklarationen är framtagen genom att studera den genomsnittliga kvaliteten över tid. CE-deklarationen anger därmed prestandan på produkten och avlämnas av producenten till köparen vid utvägning vid våg av produkten. Det är ofta produktionschefen vid aktuell anläggning som ansvarar för innehållet i CE-deklarationen och ser till att den upprättas, ofta med hjälp av ett laboratorium.

Det förekommer dock variationer i produktionen i form av varierande bergmaterialkvaliteter i bergtåkten, varierande krossinställningar, slitage över tid, andra avvikelser i produktion och olika hantering av material vid lastning eller lossning. Därför kan kvaliteten/prestandan i form av kornstorleksfördelning hos bergmaterialet skilja sig från vad som beskrivs i CE-deklarationen (mot standarden EN 13242 och kornkurvan, som deklarerats mot EN 13285) vid utvägning. I värsta fall skulle det kunna innebära att den levererade produkten inte uppnår uppställda krav. Producenten kan heller inte bevisa att produkten överensstämmer med CE-deklarationen om inget prov tas på utgående lass.

Mottagaren av den levererade bergmaterialprodukten ska i många fall ta kvalitetsprover på färdigutlagt och färdigpackat lager för att verifiera att rätt produkt är på rätt plats. I samband med lossning, utläggning och packning kan kvaliteten på produkten förändras efter att den levererats till arbetsplatsen, exempelvis genom separationer och nedkrossning. Detta kan också innebära att den färdiga produkten inte uppnår uppställda krav. Exempelvis kan en felaktig kornkurva på ett bärlager innebära framtida problem med ökad risk för permanent deformation på grund av instabilitet i lagret, vilket kan medföra att det blir vite, förändrad garantitid eller att den utlagda produkten måste ersättas. Idag används ABM-07 BALLAST som reglerar leverans och förutsättningarna för mottagningskontrollen. Den har dock inget föreskrivet hur kontrollen skall utföras annat än att köparen skall inom 10 dagar utifrån synliga fel på varan påtala felet.

Vanligen finns bara dokumentation på materialet i form av CE-deklarationen och resultat från kvalitetsprovning på utlagt material. Osäkerhet skapas kring var eventuella avvikelser uppstått i den långa hanteringskedjan från produktion av material till färdigutlagt lager. Det kan därför uppstå tvister där det är svårt att reda ut varför resultaten skiljer sig åt. Mottagaren kan inte påvisa för beställaren att arbetet är utfört med rätt kvalitet. Det finns en osäkerhet om materialet är hanterat på felaktigt sätt eller om inte rätt kvalitet var levererad från början. Tillverkaren/leverantören å sin sida kan ha svårt att bevisa att rätt kvalitet på materialet är levererat.

Det finns därför ett behov av ett system för mottagningskontroll i samband med att leverantören lämnar över produkten till mottagaren. Detta system måste accepteras av båda sidor (leverantör och mottagare), med möjlighet till full insyn och vara branschgemensam. Leverantören måste känna sig säker på att egenskaperna hos materialet inte påverkats utom kontroll och mottagaren måste känna sig säker att rätt produkt levererats.

4 SYFTE

Projektet syftar till att ta fram ett system för mottagningskontroll av kornstorleksfördelning hos bergmaterialprodukter som både leverantör och mottagaren accepterar.

Detta skulle i framtiden kunna användas som branschstandard.

5 BEGRÄNSNINGAR

I projektet beaktas sorteringen 0/32 där det bedöms vara störst risk för separationer i alla led av hanteringen av materialet. Grövre bärlager sorteringar som 0/45 kräver större provmängder och hanteras inte i detta projekt.

6 METOD

För att uppnå projektets syfte behöver ett system för provtagning i fält tas fram som reder ut när och hur ett mottagningsprov tas ut. Provtagning är tänkt att ske från ett tippat lastbilsladd med bärlager (sortering 0/32 mm), som kommer till ett entreprenadprojekt. Prov som tas ut ska vara representativt för materialet i lasset. Därför måste materialet hanteras på ett sådant sätt att detta är möjligt utföra. Dessutom måste prover tas ut på ett sådant sätt att de blir representativa. Den tänkta materialhanteringen är att skapa en provtagningsyta av det lossade materialet som är så homogen som möjligt.

För att ta fram ett system för provtagning i fält behöver provtytor studeras i det aktuella utvecklingsprojektet för att reda ut hur en provyta behöver byggas upp för att bli homogen. Spridningen av kornstorlek över ytan kommer också ge svar på hur prover bör tas ut, det vill säga hur många prover som ska tas ut och var. För detta ändamål behöver ett antal prov tas ut på provtagningsytan för att studera hur kornstorleken varierar. Den föreslagna metodiken eller arbetssättet testas därefter på ett sådant sätt att det efterliknar ett skarpt läge så mycket som möjligt. För att genomföra detta utförs utvecklingsprojektet i två etapper:

- Etapp 1 där provtagning för kornstorleksfördelning genomförs på provytor, som skapas på olika sätt. Spridning av kornstorleksfördelning över ytorna analyseras och slutsatser dras över vad som är bästa sättet att skapa en homogen provtagningsyta. Etapp 1 ger även underlag för hur provtagning bör sker.
- Etapp 2 där en tänkt metodik testas. En provyta byggs upp genom erfarenhet från Etapp 1. Prover tas ut för att ta reda på provytans homogenitet tillsammans med en tänkt provtagningsmetodik.

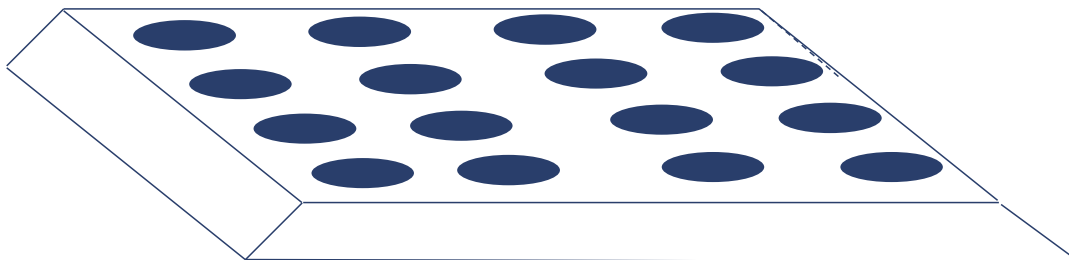
Nedan följer en beskrivning av hur de två etapperna genomfördes tillsammans med tillhörande resultat, analyser och slutsatser för respektive etapp. Rapporten avslutas med sammanfattande slutsatser för hela projektet med förslag på provtagningsmetodik.

7 GENOMFÖRANDE AV ETAPP 1

Etapp 1 utfördes i form av fältförsök där provtagning genomfördes för att ta ut prov till kornstorleksfördelning, som analyserades på laboratorium. Försöken genomfördes i fyra olika bergtäkter, där två provtagningsytor byggdes upp i den första bergtäkten. Totalt genomfördes därmed fem fältförsök i Etapp 1. Bergtäkterna benämns Bergtäkt 1 till Bergtäkt 4. Bergtäkternas identitet och placering har utelämnats då detta inte påverkar slutresultatet av studien.

Provtagning utfördes i samtliga fall på en provtagningsyta, som byggdes upp med hjälp av en lastmaskin. Provtagningsytan byggdes upp genom att en lastmaskinist fick i uppdrag att skapa en så homogen provtagningsyta som möjligt efter egen erfarenhet och förmåga. Uppbyggnaden av provtagningsytorna utfördes av fem olika lastmaskinister. Även lastmaskiner och skopbredder på lastmaskinerna skiljde sig åt för varje provtagningsyta. Detta förfaringssätt var tänkt att efterlikna dagens arbetssätt vilket medför naturliga skillnader då resultatet blir personberoende.

Från varje provtagningsyta, togs 16 prover ut jämnt utspridda över ytan enligt principskissen i Figur 1.



Figur 1. Principskiss över fördelning av provtagningspunkter på en provtagningsyta.

För att sprida proverna över ytan på ett konsekvent sätt, delades provtagningsytorna in i kvadranter. I varje kvadrant fördelades proverna jämnt i ett rutnät. Numreringen av proverna varierade beroende på provtagningsyta. Exempel på hur det kunde se ut visas i Figur 2.



1/17/33	2/18/34	5/21/37	6/22/38
3/19/35	4/20/36	7/23/39	8/24/40
9/25/41	10/26/42	13/29/45	14/30/46
11/27/43	12/28/44	15/31/47	16/32/48

Figur 2. Exempel på uppdelning av provtagningsytan i kvadranter till vänster. Till höger visas en skiss på var proverna togs ut och provnumrering (provtagningsytan sedd från ovan). Ett prov representerar materialet i en fyrkant. Numreringen av proverna varierade beroende på provtagningsyta.

Nedan beskrivs genomförandet bergtäkt för bergtäkt.

7.1 Bergtäkt 1

I bergtäkt 1 byggdes två provtagningsytor upp av material från samma upplagshög. Två lastmaskinister fick muntligt uppdrag att skapa var sin provtagningsyta som skulle vara så homogena som möjligt med en storlek på ca 6X6 m och tjocklek på ca 30 cm. I instruktionen låg också att de skulle utföra lastningen från upplagshög så att separation av materialet undveks i möjligaste mån. Båda maskinisterna hämtade material i upplagshög drygt 100 m från provområdet och transporterade materialet i

lastmaskinsskopan. Materialet togs via lastmaskin från upplagshög direkt till provytorna. Vädret var vid tillfället mulet och regnet hängde i luften men någon större nederbörd kom inte i samband med uppbyggnad av provytan och provtagningen. Nedan beskrivs uppbyggnaden de två provtagningsytorna, benämnda Provtagningsyta 1a respektive Provtagningsyta 1b.

Provtagningsyta 1a

Lastmaskinisten började med att tippa två parallella högar från 1 m höjd och drog backande ut högarna från ovandelen i två separata drag. Ytan blev lutande nedåt i dragriktningen. Därefter hämtades ett ytterligare lass och tippades nedanför de två ursprungliga högarna för att fylla ut så att ytan blev mindre lutande. Lastmaskinisten delade upp sitt lass i två parallella högar och slätade till ytan då den upplevdes ojämn. Den utdragna ytan blev ca 7 m bred och 7,2 m lång (längd i dragriktning).

Provtagningsplatserna valdes centrerade på provtagningsytan med en bredd på ca 5m och en längd på ca 6 m. Ytan delades upp i 4 st lika stora kvadranter med hjälp av mätstång och rep. I varje kvadrant valdes 4 st provpunkter ut så jämnt fördelade som möjligt i varje kvadrant. Detta gav totalt 16 provplatser. Provplatserna markerades med nummer 1-16. I varje vald provpunkt grävdes prov upp med spade och materialet lades i en spann, drygt 12 kg material i varje spann. Tre personer genomförde provtagningen med samma provtagningspade. I Figur 3 visas provtagningsyta 1a efter provtagning.



Figur 3. Provtagningsyta 1a i bergtäkt 1 efter provtagning. Provtagningspunkt 16 är närmast längst till höger.

I samtliga provpunkter valdes att inte plocka med grövre stenar som rasade ned från sidorna i provgropen. Mängden grova stenar som låg kvar på botten av provgroparna varierade från provgrop till provgrop. Framför allt ytskiktet vid provpunkterna 2 och 4 bedömdes vara ganska finkornig. I övrigt bedömdes ytan okulärt vara homogena om än ojämn.

Provtagningsyta 1b

Lastmaskinisten började med att tippa två parallella högar från 1 m höjd och drog backande ut högarna från ovandelen i två separata drag. Ytan blev lutande nedåt i dragriktningen. Därefter hämtades ett ytterligare lass och tippades nedanför de två ursprungliga högarna för att fylla ut så att ytan blev mindre lutande. Ytan blev 7,7 m bred och 8 m lång i dragriktningen.

Provtagningsplatserna valdes centrerade på provtagningsytan med en bredd på ca 5m och en längd på ca 6 m. Ytan delades upp i 4 st lika stora kvadranter med hjälp av mätstång och rep. I varje kvadrant valdes 4 st provpunkter ut centralt placerade fördelade i varje delkvadrant. Detta gav totalt 16 provplatser per provyta. Provtagningsplatserna markerades med nummer 17-32. I varje vald provpunkt grävdes prov

upp med spade och materialet lades i en spann, drygt 12 kg material i varje spann. Tre personer genomförde provtagningen med samma provtagningsspade. I Figur 4 visas provtagningsyta 1b efter provtagning.



Figur 4. Provtagningsyta 1b i bergtäkt 1 efter provtagning. Provtagningspunkt 27 är närmast längst till vänster.

I samtliga provpunkter valdes att inte plocka med grövre stenar som rasade ned från sidorna i provgropen. Mängden grova stenar som låg kvar på botten av provgroparna varierade från provgrop till provgrop. Provpunkterna 18, 20, 26 och 28 bedömdes okulärt att bestå av mycket grövre material, vilket misstänks bero på separering i samband med uppbyggnaden av provytan. I övrigt bedömdes ytan okulärt vara homogen om än ojämn.

7.2 Bergtäkt 2

Material till provtagningsytan hämtades från ett enda ställe i upplagshögen för bärlager. Materialet i högen producerades för minst tre år sedan och bedömdes hunnit bli ganska separerat på ytan. Därför resonerades det fram att det var lämpligt att skapa en homogeniserad provtagningshög före det att provtagningsytan byggdes upp. I Figur 5 visas en bild på den separerade upplagshögen tillsammans med den homogeniserade provtagningshögen.



Figur 5. Separerad upplagshög med den skapade provtagningshögen till höger. Från provtagningshögen togs material för att bygga upp den aktuella provtagningsytan.

Två lastmaskinister var inblandade i uppbyggnaden av provtagningsytan. Först "öste" en maskinist ut material från upplagshögen till den separata provtagningshögen intill och blandade och homogeniserade materialet genom att bland annat lyfta materialet ganska högt. Därefter kom en annan maskinist och la ut materialet i olika omgångar för att skapa provtagningsytan ca 10 m från upplagshögen.

Produktionschefen för den aktuella täkten informerades om vad som skulle göras (bygga upp en så homogen provtagningsyta som möjligt) och skötte därefter kommunikationen med lastmaskinisterna. Maskinisten byggde upp ytan från många olika håll i olika omgångar genom att dra ut olika småhögar i olika riktningar till en ganska oregelbunden form med ojämn överyta. I samband med detta kördes det på ytan. Materialet lades dock ut med låg rörelseenergi infattande låga lyft och långsamma rörelser. Av den större ytan valdes en mindre provtagningsyta ut för själva provtagningen, där det var mest jämnt och homogent. Denna ytas storlek var 3,3x3,7 m. I Figur 6 visas provtagningsyta 2 efter provtagning.



Figur 6. Provtagningsyta 2 i bergtäkt 2 efter provtagning. Prov 16 är närmast längst till höger

Ytan delades upp i fyra kvadranter med fyra provtagningspunkter i varje kvadrant fördelat i rutnät, totalt 16 provpunkter benämnda 1-16, där spännerna fylldes med drygt 12 kg material. I samtliga provpunkter valdes att inte plocka med grövre stenar som rasade ned från sidorna i provgropen. Mängden grova stenar som låg kvar på botten av provgroparna varierade från provgrop till provgrop. I punkt 14 och 16 bedömdes mycket sten ligga kvar och i punkt 3 och 9 lite sten och i övriga medelmycket sten. I punkt 11 och 12 bedömdes materialet vara ganska sandigt. Det var hårdare att gräva i fjärde kvadranten och mjukare i första kvadranten. Vädret var vid provtagningsstillfället varmt och torrt utan vind.

7.3 Bergtäkt 3

Produktionschefen informerades om vad som skulle göras (skapa en så homogen provtagningsyta som möjligt) och skötte därefter kommunikationen med lastmaskinisten. Upplagshögen såg relativt homogen ut och var nyproducerad (under 2022). Beslut togs ändå att skapa en homogeniserad provtagningshög som i Bergtäkt 2. Material togs från en del av upplagshögen och drogs ut och homogeniserades genom att lastmaskinisten blandade runt och lyfte i materialet. Från den homogeniserade högen lastades materialet och transporterades ca 50 m till platsen för provtagningsytan. Maskinisten la upp materialet i olika högar på ena sidan och

drog ut materialet åt ett håll utan att köra så mycket i det. Ytan blev mycket utdragen och tunn på ena sidan med ansamling av sten på ytan.

Provtagningsytan för själva provtagningen valdes ut där mäktigheten var som störst och där en materialvall, skapad mellan två skopdrag, kunde utvikas. Den blev 5 m bred och 6,6 m lång i utdragsriktningen. Den utvalda ytan upplevdes som homogen men mer stenrik jämfört med provtagningsytan i bergtäkt 2.

Ytan delades upp i fyra kvadranter med fyra provtagningspunkter i varje kvadrant fördelat i rutnät, totalt 16 provpunkter benämnda 17-32 där spännerna fylldes med drygt 12 kg material. I samtliga provpunkter valdes att inte plocka med grövre stenar som rasade ned från sidorna i provgropen. Mängden grova stenar som låg kvar på botten av provgroparna varierade från provgrop till provgrop. I punkt 17 -24, 26-28 och 30-31 bedömdes mycket sten ligga kvar och i punkt 25 och 32 lite sten och i punkt 29 medelmycket sten. Det var lätt att gräva i materialet över hela ytan då maskinisten inte kört så mycket i materialet.

Mäktigheten i utdragna högen varierade från drygt 30 cm till runt 15 cm, där provgropen gick enda ned till underliggande lager i punkt 27, 28, 31 och 32 (utan att få med material från underliggande). Vädret var vid provtagningsstillfället varmt och torrt utan vind. Provtagningsyta 3 efter provtagning visas i Figur 7.



Figur 7. Provtagningsyta 3 i bergtäkt 3 efter provtagning. Provtagningspunkt 32 är närmast längst till höger.

7.4 Bergtäkt 4

Lastmaskinisten fick instruktion om att bygga en yta med måtten 7x7 m och tjocklek 30 cm och som skulle vara så homogen som möjlig. Han skapade en provtagningshög först intill upplagshögen och blandade runt för att få ett så homogent material som möjligt. Material till provtagningsytan hämtades från ett enda ställe i upplagshögen för bärlager. Materialet i upplagshögen producerades för några månader sedan.

Först "öste" lastmaskinisten ut material från upplagshögen och tippade i provtagningshögen men homogeniserade inte materialet direkt. Lastmaskinisten spred därefter i flera omgångar materialet körandes både framåt och bakåt genom att från låg höjd "hälla ut" eller "strösla" materialet från skopan medan han körde. Han strök därefter till ytan. Efter en första omgång var ytan ca 15 cm tjock och lastmaskinisten bads göra den dubbelt så tjock. Detta gjorde han på samma sätt som för första lagret. Ytan blev drygt 5x5 m och en provtagningsyta på 5x5 m valdes ut. Hela ytan bedömdes vara jämn och mycket homogen.

Ytan delades upp i fyra kvadranter med fyra provtagningspunkter i varje kvadrant fördelat i rutnät, totalt 16 provpunkter benämnda 33-48. Spännerna fylldes med drygt 12 kg material och samtliga provpunkter valdes att inte plocka med grövre stenar som rasade ned från sidorna i provgropen. Mängden grova stenar som låg kvar på botten av provgroparna varierade bara något från provgrop till provgrop. I provgrop 38 bedömdes medelmycket sten ligga kvar och i övriga punkter lite sten. Ingen provgrop bedömdes innehålla mycket sten. I punkt 36 låg provpunkten i hjulspår. Då lastmaskinisten kört mycket på provytan och lagt ut i två lager, var det lite svårare att gräva jämfört med tidigare ytor. Materialet bedömdes vara finkornigare jämfört med tidigare provytor. Vädret var höstligt svalt och torrt utan vind. I Figur 8 visas provtagningsyta 4 efter provtagning.



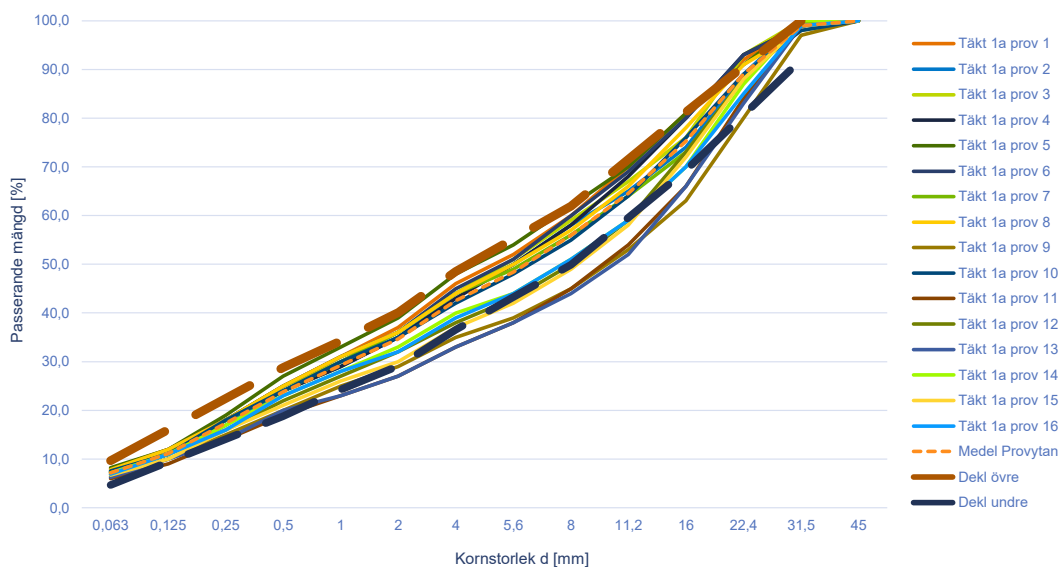
Figur 8. Provtagningsyta 4 i bergtäkt 4 efter provtagning. Provtagningspunkt 48 är närmast längst till höger.

8 RESULTAT ETAPP 1

Resultaten redovisas för respektive täkt och provtagningsyta enligt nedan, både i form av figurer men även som enskilda värden i tabeller i Bilaga. För att få en uppfattning av storleken på spridningen av kornstorleksfördelningarna på materialet i de 16 olika provpunkterna, beräknades en övre och under gränslinje. Toleranserna på kontrollsiktarna utgår från de inre gränslinjer som beskrivs för bärlager i TDOK 0530:2013. Gränslinjerna togs fram utifrån medelkurvan på respektive täkt. De varierar därmed från provtagningsyta till provtagningsyta. I diagrammen nedan betecknas gränslinjerna dekl över respektive dekl undre.

8.1 Bergtäkt 1

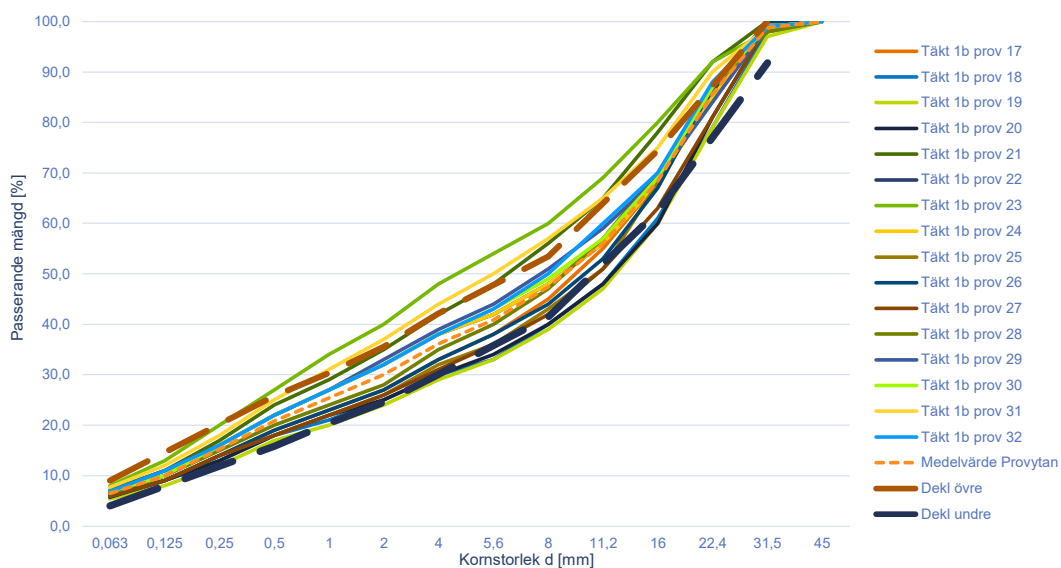
Resultaten från kornstorleksanalyserna för provyta 1a redovisas i Figur 9 nedan tillsammans med medelvärdet på kornkurvorna samt beräknad övre och undre gränslinje.



Figur 9. Resultat på kornstorleksfördelningarna från provtagningsyta 1a.

Resultaten visar på en ganska stor spridning av kornstorleksfördelningarna, där flera kurvor ligger utanför undre gränslinjen.

Resultaten från kornstorleksanalyserna för provyta 1b redovisas i Figur 10 tillsammans med medelvärdet på kornkurvorna samt beräknad övre och undre gränslinje.

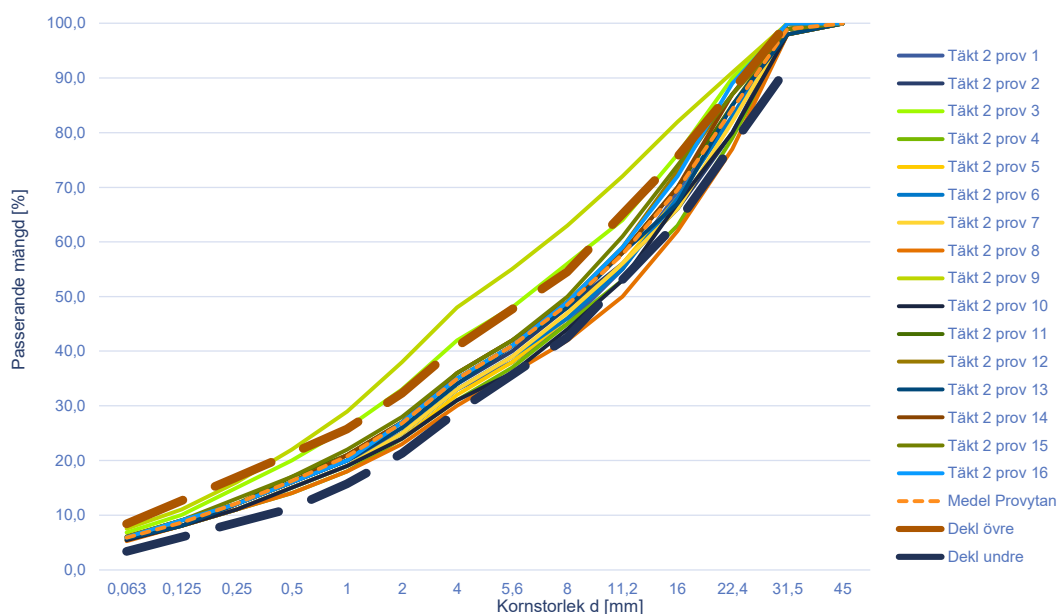


Figur 10. Resultat på kornstorleksfördelningarna från provtagningsyta 1b.

Resultaten visar även här på en ganska stor spridning av kornstorleksfördelningarna, där flera kurvor ligger utanför både övre och undre gränslinjerna.

8.2 Bergtäkt 2

Resultaten från kornstorleksanalyserna för provytan redovisas i Figur 11 tillsammans med medelvärdet på kornkurvorna samt beräknad övre och undre gränslinje.

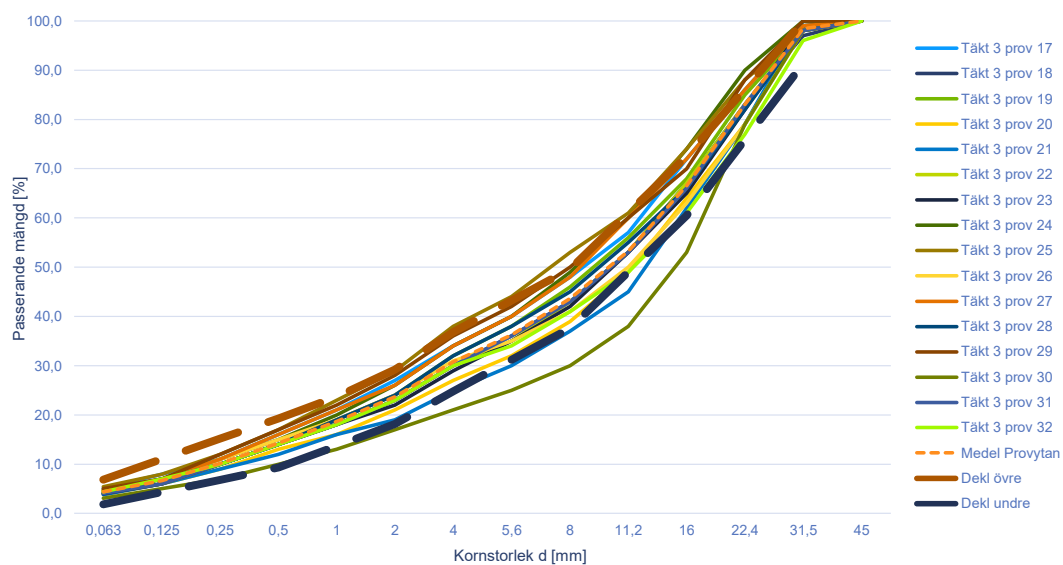


Figur 11. Resultat på kornstorleksfördelningarna från provtagningsyta 2.

Resultaten visar på en mindre spridning än för provytorna i Bergtäkt 1, men några kornkurvor ligger fortfarande utanför övre och under gränslinjerna.

8.3 Bergtäkt 3

Resultaten från kornstorleksanalyserna för provytan redovisas i Figur 12 nedan tillsammans med medelvärdet på kornkurvorna samt beräknad övre och undre gränslinje.

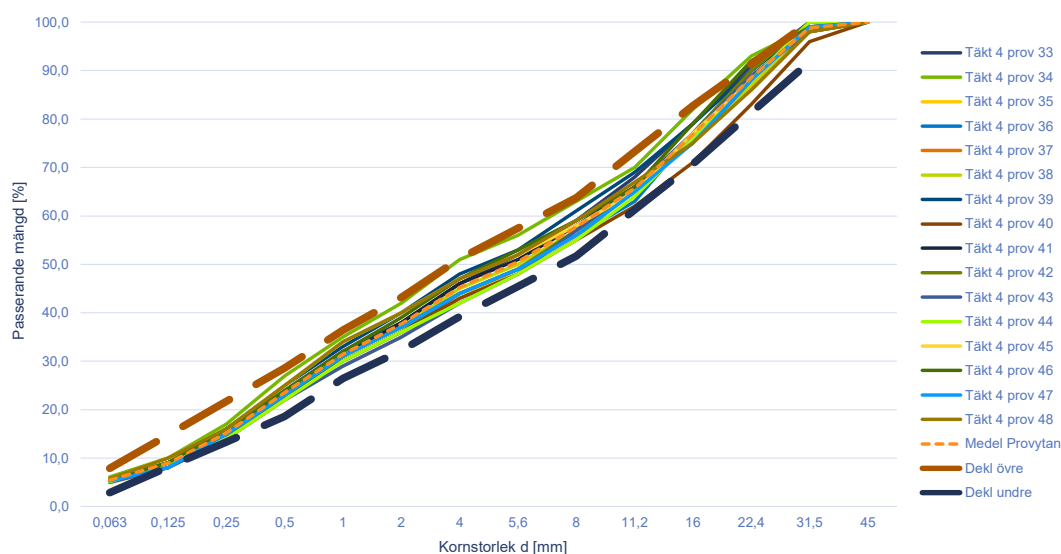


Figur 12. Resultat på kornstorleksfördelningarna från provtagningsyta 3.

Resultaten visar på en liknande spridning som för Bergtäkt 2, där några kornkurvor ligger utanför övre och under gränslinjerna.

8.4 Bergtäkt 4

Resultaten från kornstorleksanalyserna för provytan redovisas i Figur 13 nedan tillsammans med medelvärdet på kornkurvorna samt beräknad övre och undre gränslinje.



Figur 13. Resultat på kornstorleksfördelningarna från provtagningsyta 4.

Resultaten visar på en liten spridning, där samtliga kornkurvor ligger inom begränsningslinjerna. Spridningen är minst av samtliga provytor.

9 ANALYS OCH SLUTSATS ETAPP 1

Syftet med Etapp 1 var att ta reda på hur spridningarna av kornstorleksfördelningen såg ut hos de olika provtagningsytorna. Detta för att ta reda på bästa sättet att skapa en homogen provtagningsyta tillsammans med att reda ut var och hur prover behöver tas ut.

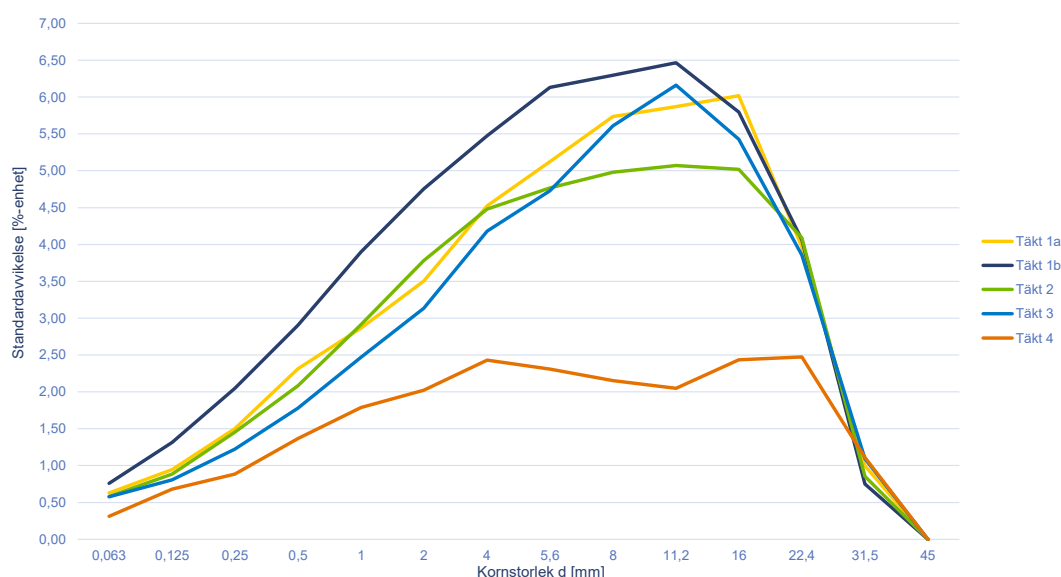
Ett sätt att göra detta på är att titta på standardavvikelsen för kornkurvorna inom respektive provtagningsyta. En stor standardavvikelse betyder att kornkurvorna skiljer sig åt inom en provtagningsyta och en liten standardavvikelse betyder att kornkurvorna är ganska lika, vilket i sin tur tyder på att ytan är mer homogen.

Genom att studera hur kornstorleken sprider sig över ytan kopplat till hur provtagningsytan byggs upp, kan man sedan i nästa steg reda ut hur en

provtagningsyta bör byggas upp mer i detalj. Det talar även om var man bör ta prov för att komma så nära medelvärdet för kornstorleksfördelningen som möjligt. Medelvärdet för kornstorleksfördelningen representerar det representativa provet. Detta kan visualiseras på olika sätt. I detta projekt har graderingstalet och ett framtaget storleksmått använts. Nedan följer analyserna enligt beskrivningen ovan.

9.1 Skillnader i standardavvikelser mellan provtagningsytorna

Resultaten beskrivna i avsnitt 8 visar på en spridning av kornstorleksfördelningen sig. För att ta reda på skillnader i spridning av resultaten mellan de olika provtagningsytorna, beräknades standardavvikelsen av passerande mängden i % för respektive siktplan för de olika provtagningsytorna och resultaten framgår av Figur 14.

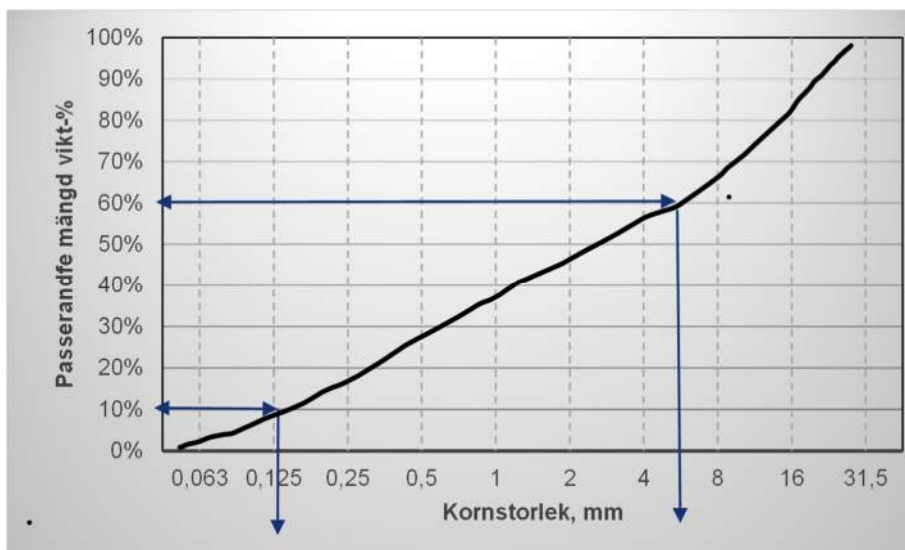


Figur 14. Standardavvikelsen i %-enhet för respektive siktplan för de olika provtagningsytorna i de olika täkterna.

Det går tydligt att se provtagningsytan i Täkt 4 visar på klart minst spridning efterföljt av Täkt 2. I samband med uppbyggnaden av provytorna i Täkt 1, homogeniserades inte materialen utan togs direkt från upplagshög till provytorna. Detta skulle kunna förklara den stora spridningen (separeringen) dessa provytor uppvisar. För provtagningsytorna i Täkt 2-4, homogeniserades materialet innan utläggning. Dessa visar ändå på stora spridningar, dvs tecken på separering av materialet. Skillnad i separering kan förklaras av utläggningstekniken, som skiljde sig åt mellan provytorna.

9.2 Visuell spridning över provtagningsytorna

För att få en visuell uppfattning hur kornstorleksfördelningen skiljer sig, behöver ett mått som beskriver kornstorleksfördelningen användas och redovisa hur detta mått varierar över ytan. Ett sätt att beskriva en kornstorleksfördelning med ett värde är graderingstalet C_u , se Figur 15.



Figur 15. Beskrivning av graderingstalet C_u och hur d_{60} och d_{10} tas fram.

Graderingstalet C_u definieras som (Larsson 2008):

$$C_u = d_{60} / d_{10}$$

d_{60} är en teoretisk maskvidd där 60% av materialet är mindre än denna maskvidd

d_{10} är en teoretisk maskvidd där 10 % av materialet är mindre än denna maskvidd

Exemplet i Figur 16 ovan ger graderingstalet:

$$C_u \approx (5,6 / 0,13 = 43)$$

Ett högt värde visar på att materialet är välgraderat, vilket betyder att materialet innehåller många olika kornstorlekar och ett lågt värde att materialet är ensgraderat och materialet innehåller få olika kornstorlekar. Blir ett material separerat på grund av ogynnsam behandling skulle detta kunna innebära att vissa kornstorlekar hamnar i

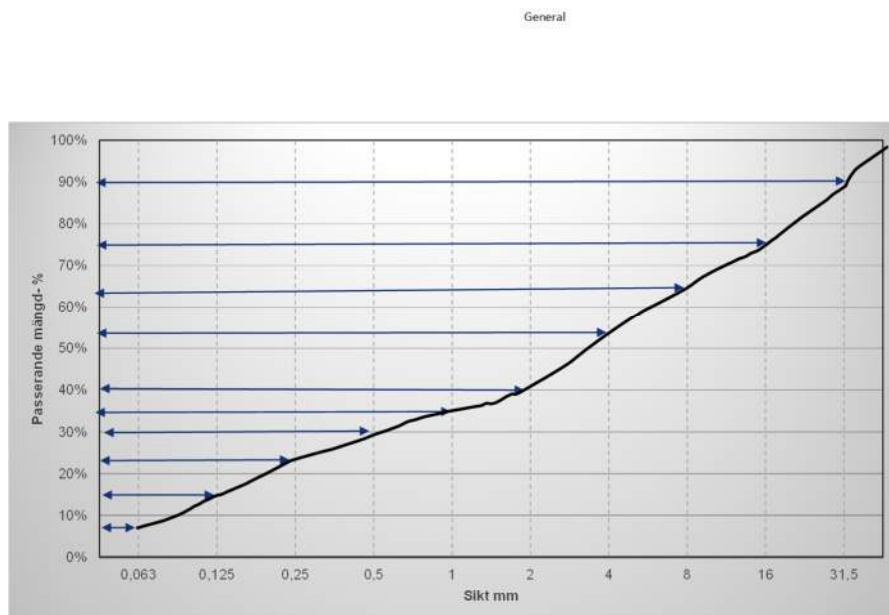
olika delar av en yta eller konstruktion, vilket skulle kunna få ett genomslag på graderingstalet och synas vid en visualisering.

Graderingstalet ger däremot ingen uppfattning om materialet är grovkornigare eller finkornigare. Därför infördes även ett "storleksmått" S som ett annat sätt att beskriva en kornstorleksfördelning med ett värde. Storleksmättet bygger på att procentsatserna för passerad mängd material summeras ihop för respektive siktplan beskrivet i uttrycket nedan:

$$S = y_{31,5} + y_{16} + y_8 + y_4 + y_2 + y_1 + y_{0,5} + y_{0,25} + y_{0,125} + y_{0,063}$$

y_x är procent passerande mängd material på siktplan med storleken x mm.

Passeras mycket material ett siktplan innebär det att materialet är finkornigare än siktplanet och procentsatsen blir hög. Är materialet grövre kommer inte materialet passera samma siktplan i lika hög grad och procentsatsen på passerande mängd blir lägre. En hög summa av passerad mängd (dvs större storleksmått S) innebär därmed totalt sett att materialet är lite finkornigare och ett mindre storleksmått S att materialet är åt det grovkornigare hållet. För att alla siktar ska ha samma inflytande på kurvan och följa principen av logaritmisk fördubbling av maskvidd togs 5,6 mm, 11,2 mm och 22,4 mm siktarna inte med i summeringen, se Figur 16 för förklaring.

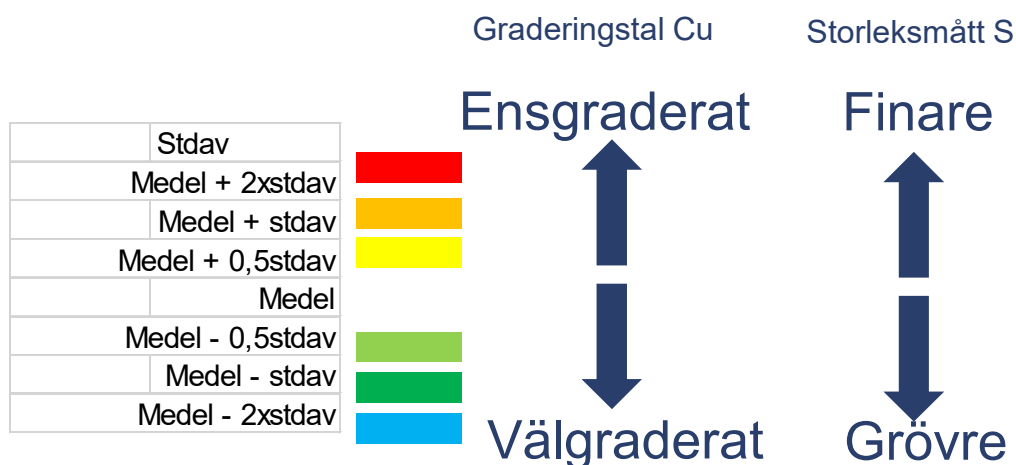


Figur 16. Y-värdena i uttrycket ovan fås från passerande mängd för aktuella siktplan som inkluderas i summeringen för att beräkna Storleksmättet S.

För att kunna visualisera spridningen av graderingstal och storleksmått på en yta togs kriterier fram för att beskriva storleken på avvikelser från medelvärdet på en yta, där medelvärdet representerar den representativa egenskapen. När det gäller graderingstalet, beräknades graderingstalet för samtliga kornkurvor och standardavvikelsen för varje provyta togs fram för respektive provtagningsyta. Utifrån detta beräknades ett medelvärde av standardavvikelsen baserat på alla ytor. Ett medelvärde på graderingstalet för respektive provyta beräknades också. På samma sätt beräknades standardavvikelsen för alla storleksmått för varje provtagningsyta och därefter togs ett medelvärde på storleksmåttets standardavvikelse fram. Utifrån detta togs spridningsgränser fram utifrån medelvärdena på graderingstal respektive Spridningsmått. De spridningsgränser som användes var

- 0,5 x standardavvikelsen,
- 1 x standardavvikelsen eller
- 2 x standardavvikelsen till medelvärdet,

Detta summeras i Figur 17.



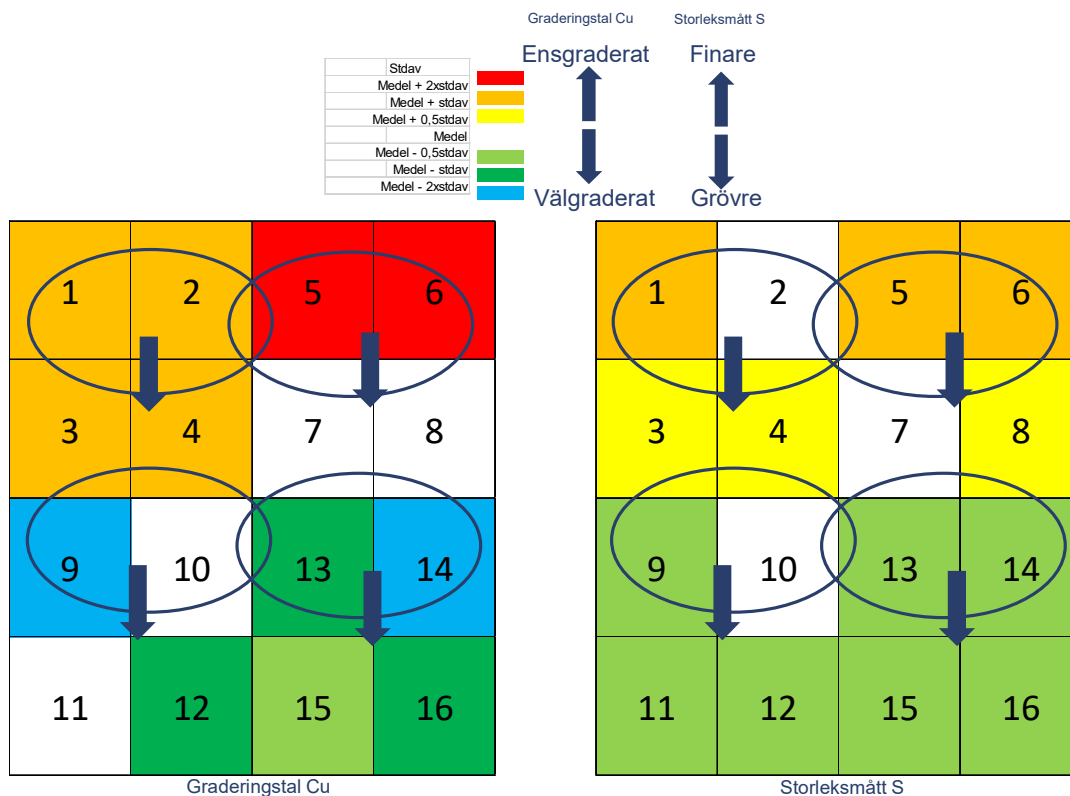
Figur 17. Gränser för hur mycket egenskaperna graderingstal och storleksmått sprider sig utifrån medelvärdet för aktuell provtagningsyta.

Håller sig graderingstalet eller storleksmåttet inom $\pm 0,5$ standardavvikelser från medelvärdet anses värdena vara representativt för provtagningsytan och fick en vit färgmarkering. Håller sig värdet mellan $+0,5$ och $+1$ standardavvikelse anses materialet vara något mer ensgraderat respektive något finare än det representativa värdet och fick en gul färgmarkering. Håller sig värdena mellan $+1$ och $+2$ standardavvikelser från medelvärdet anses materialet vara mer ensgraderat

respektive finare än det representativa värdet och fick en orange färgmarkering. Är värdena utanför + 2 standardavvikelse från det representativa värdet anses materialet vara mycket mer ensgraderat respektive mycket finare än det representativa värdet och fick därmed en röd färgmarkering. På samma sätt värderas spridningen av egenskaperna mot det välgraderade respektive grövre hållet med utgivna färgmarkeringar enligt Figur 17. Underlaget för beräkningarna redovisas i Bilaga 1.

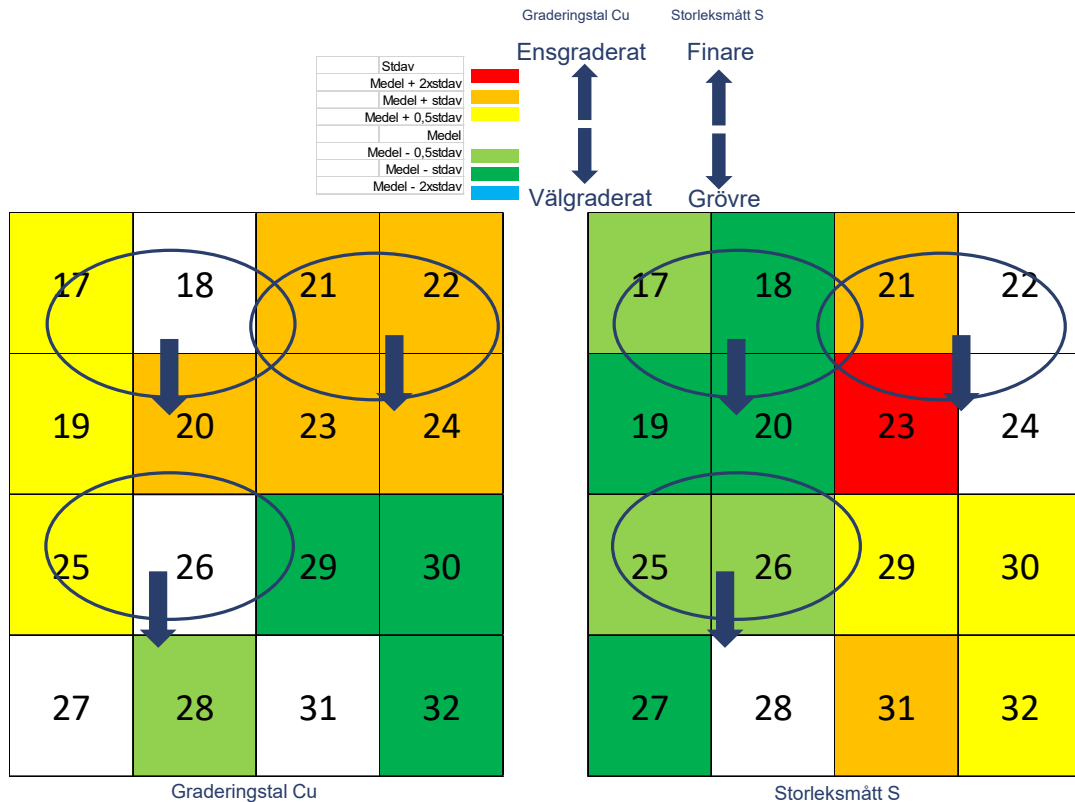
Varför ett medelvärde av alla provtagningsytors standardavvikelse användes istället för varje enskild provtagningsytas standardavvikelse beror på att standardavvikelsen varierar mellan provytorna beroende på hur separerade de är. Om metodiken ovan baseras på respektive provytas standardavvikelse, kommer alla provtytor visa på separering. För att göra provytorna jämförbara och för att komma fram till vilken materialhanterings- och uppbyggnadsmetodik som medför minst separering, användes därför medelvärdet av alla provytors standardavvikelse.

Utifrån den framtagna spridningsmetodiken kunde ytornas separeringsgrad analyseras tillsammans med en beskrivning över hur ytorna byggdes upp. För provtagningsyta 1a redovisas resultatet av denna analys i Figur 18. Provytan ses från ovan.



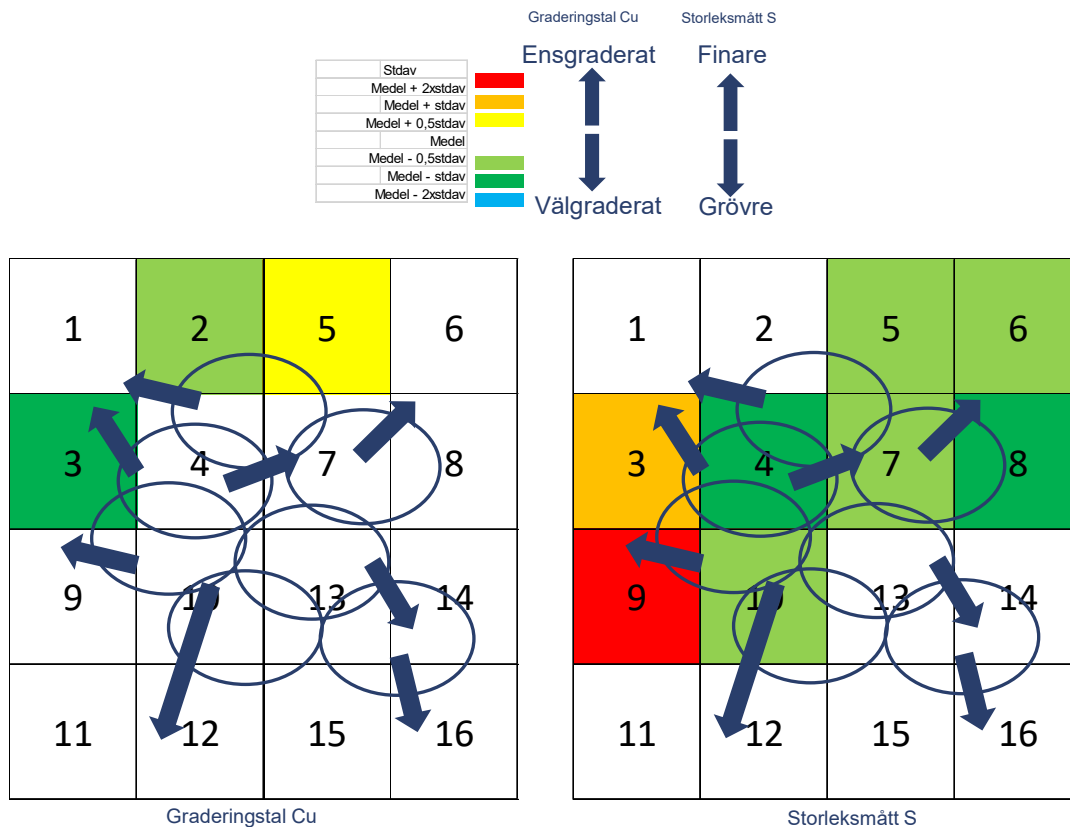
Figur 18. Visuell beskrivning av spridning av kornstorleksegenskaperna för provtagningsyta 1a i bergtäkt 1 representerade av graderingstalet till vänster och storleksmättet till höger (sett från ovan). Ovalerna representerar placeringar av materialhögar före utdragning och pilarna dragriktningen av lastmaskinsskopa. Siffrorna representerar provpunkterna. Fyrkanten runt varje siffra anger den yta det enskilda provet representerar.

Provtagningsyta 1a i bergtäkt j1 uppvisar en tydlig separering. De ovala ringarna beskriver var materialet lossades i högar innan utdragning till att skapa ytan och pilarna utdragsriktningen med hjälp av lastmaskinsskopa. Siffrorna representerar provpunkterna. Fyrkanten runt varje siffra anger den yta det enskilda provet representerar. Provpunkterna 1-8 visar sig vara mer ensgraderat och finkornigare material som blir delvis mer välgraderat med framförallt grövre när det dras ut från punkterna 1-2 och 5-6 mot 3-4 och 7-8. Provpunkter 9-16 visar på ett lite mer välgraderat och mer grovkornigare material men verkar mer opåverkade av att de dras ut. Utifrån detta dras slutsatsen att materialen som lades ut inte kommer från samma del av upplagshögen. Ingen homogenisering av materialet genomfördes före utläggning. I Figur 19 visas resultatet för provtagningsyta 1b i bergtäkt 1. Provtagningsytan ses från ovan.



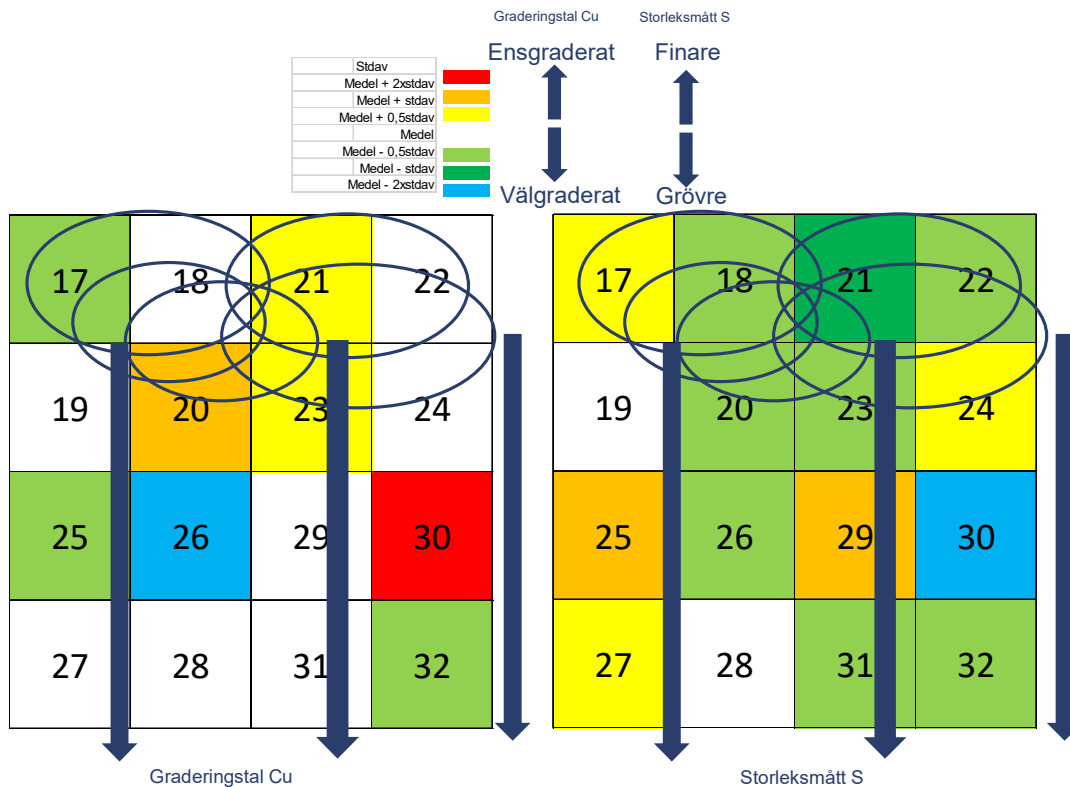
Figur 19. Visuell beskrivning av spridning av kornstorleksegenskaperna för provtagningsyta 1b i bergtäkt 1 (sett från ovan) representerade av graderingstalet till vänster och storleksmättet till höger. Ovalerna representerar placeringar av materialhögar före utdragning och pilarna dragriktningen av lastmaskinsskopan. Siffrorna representerar provpunkterna. Fyrkanten runt varje siffra anger den yta det enskilda provet representerar.

På samma sätt för provtagningsyta 1a i bergtäkt 1, uppvisar provtagningsyta 1b i bergtäkt 1 separering men i ännu större omfattning än för provtagningsyta 1b. Även här misstänks det att material tagits från olika delar av upplagshögen. Ovansidan är mer ensgraderad och nedersidan mer välgraderad. Vänstra sidan av ytan är grövre och högra sidan finkornigare men inget kan förklaras av någon utdragningsprocess, då utdragningen av materialet håller sig inom det ensgraderade och välgraderade delarna samt inom de grövre respektive finkornigare materialen. I Figur 20 redovisas analysen av provtagningsyta 2.



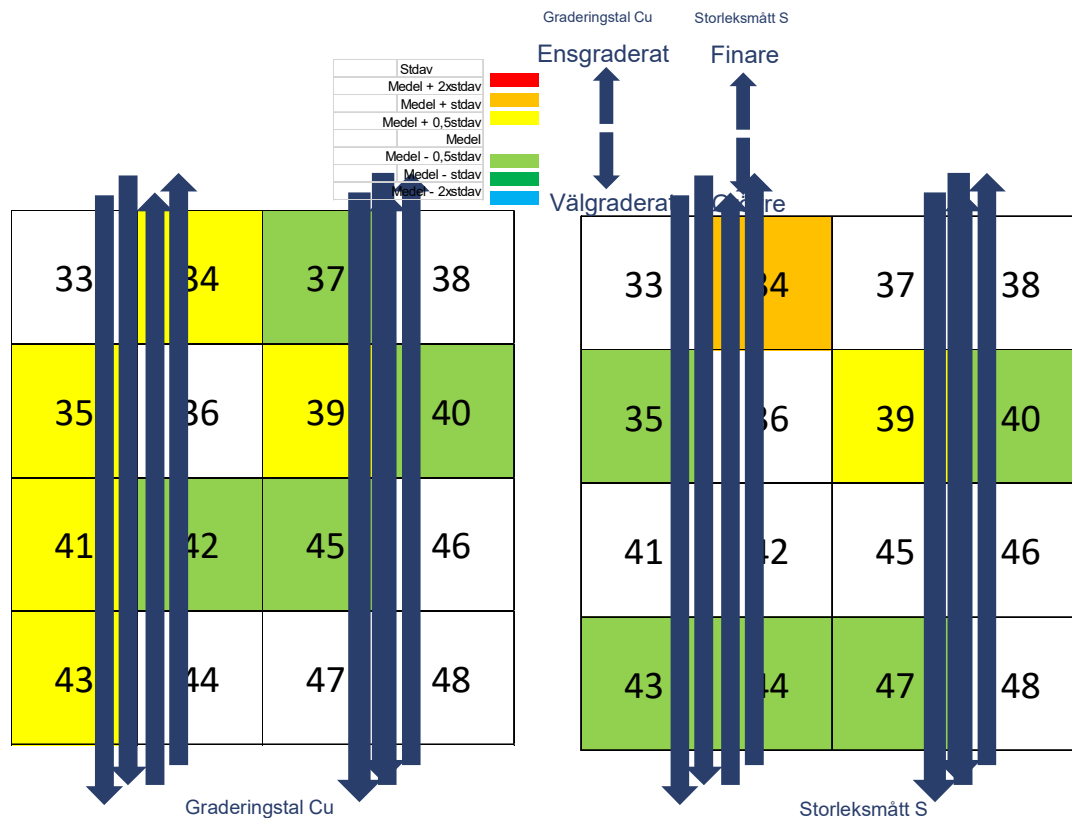
Figur 20. Visuell beskrivning av spridning av kornstorleksegenskaperna för provtagningsyta 2 (sett från ovan) representerade av graderingstalet till vänster och storleksmåttet till höger. Ovalerna representerar placeringar av materialhögar före utdragning och pilarna dragriktningen av lastmaskinsskopan. Siffrorna representerar provpunkterna. Fyrkanten runt varje siffra anger den yta det enskilda provet representerar.

Provtagningsyta 2 uppvisar mindre separering av materialet jämfört provtagningsytorna 1a och 1b. Stora delar av ytan är homogen, speciellt med avseende på graderingstalet. Det finns lite undantag runt provpunkt 9 där materialet är mycket finkornigare, men graderingstalet är inom medelvärdet för ytan i denna punkt. Det verkar i denna yta inte finnas någon samstämmighet mellan graderingstal och storleksmått. Materialet togs från en del av upplagshögen och homogeniserades innan utläggning. Utläggningen skedde i många olika steg där materialet lossades i småhögar som drogs ut åt olika håll. Detta kan förklara den påfallande låga separeringsgraden. I Figur 21 presenteras analysen för Provtagningsyta 3.



Figur 21. Visuell beskrivning av spridning av kornstorleksegenskaperna för provtagningsyta 3 (sett från ovan) representerade av graderingstalet till vänster och storleksmåtten till höger. Ovalerna representerar placeringar av materialhögar före utdragning och pilarna dragriktningen av lastmaskinsskopan. Siffrorna representerar provpunkterna. Fyrkanten runt varje siffra anger den yta det enskilda provet representerar.

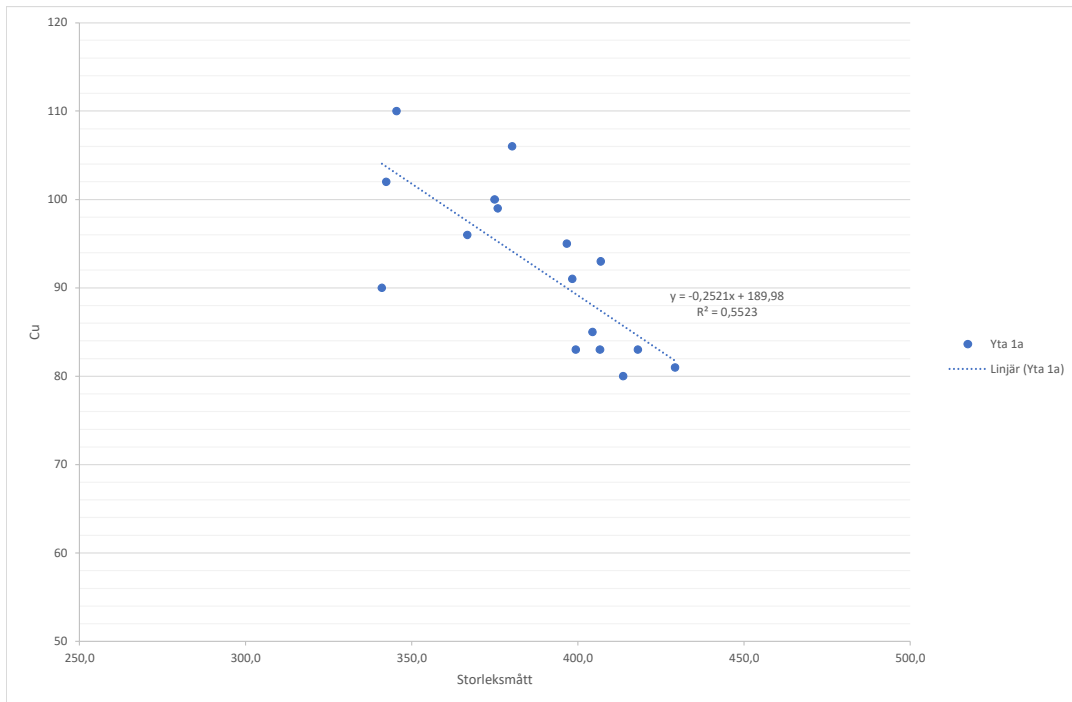
Trots att materialet homogeniserades före utläggning visar provtagningsyta 3 på mycket större separering än yta 2 både med avseende på graderingstal och storleksmått. Detta kan förklaras av utläggningstekniken. Istället för att proportionera ut materialet i olika högar som drogs ut åt olika håll, som för provtagningsyta 2, lossades färre större högar i en ena kanten och materialet drogs ut i långa stråk. Utanför provtagningsområdet hamnade mycket av de grövre stenarna i slutet av ett drag, vilket kunde ses visuellt. I Figur 22 presenteras analysen för Provtagningsyta 4.



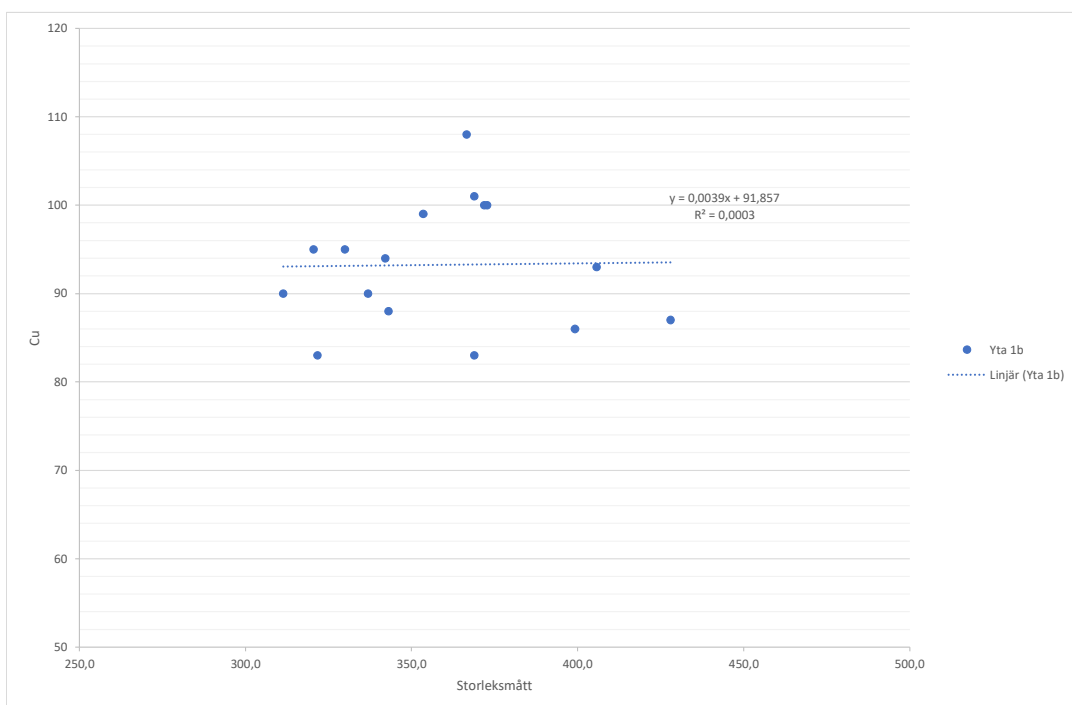
Figur 22. Visuell beskrivning av spridning av kornstorleksegenskaperna för provtagningsyta 4 (sett från ovan) representerade av graderingstalet till vänster och storleksmättet till höger. Pilarna visar dragriktningen av lastmaskinsskopan. Siffrorna representerar provpunkterna. Fyrkanten runt varje siffra anger den yta det enskilda provet representerar.

Provtagningsyta 4 uppvisar minst separering av alla ytor med hänsyn till storleksmättet. Materialet homogeniserades före utläggning på samma sätt som för yta 2 och yta 3. Skillnaden mot dessa ytor var att materialet inte lossades i högar som drogs ut. Istället "strösslades" materialet ut med låg rörelseenergi på materialet i flera omgångar. Att ytan blev homogenas av alla ytor styrks delvis också av spridningen av graderingstalet. Visserligen var spridningen större än för provtagningsyta 2, men håller sig inom de mer extrema värdena.

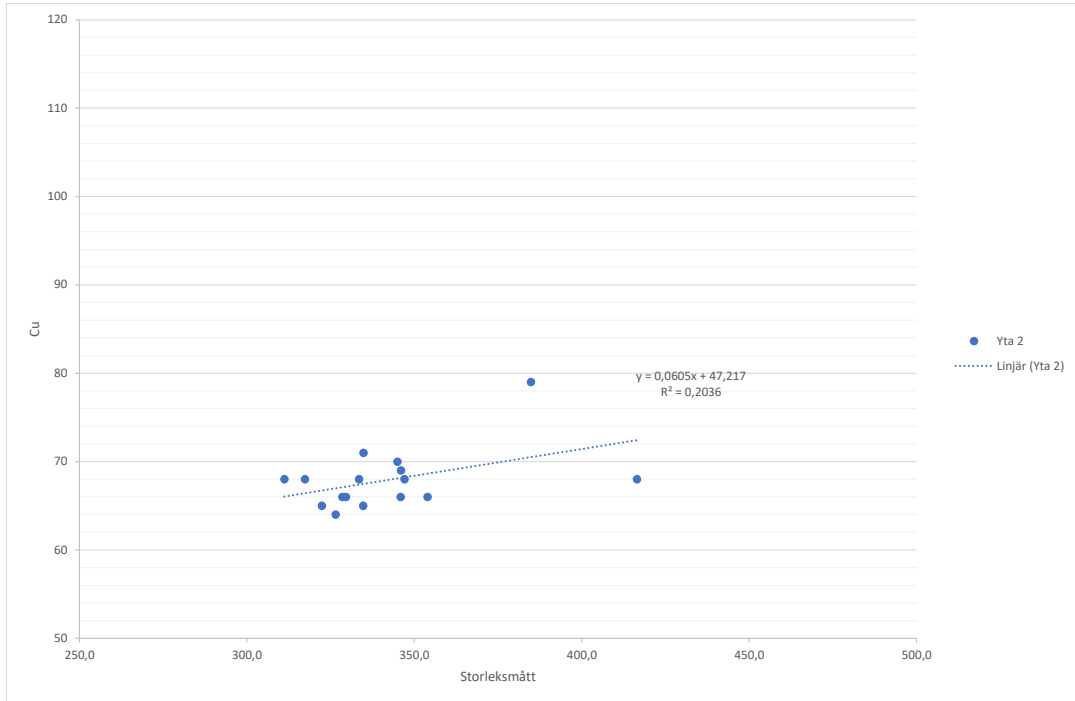
Graderingstalet och storleksmättet verkar enligt ovanstående analyser inte synkronisera med varandra. För att studera detta närmare genomfördes en jämförelseanalys mellan de två. Resultaten av detta redovisas i Figur 23 – Figur 27.



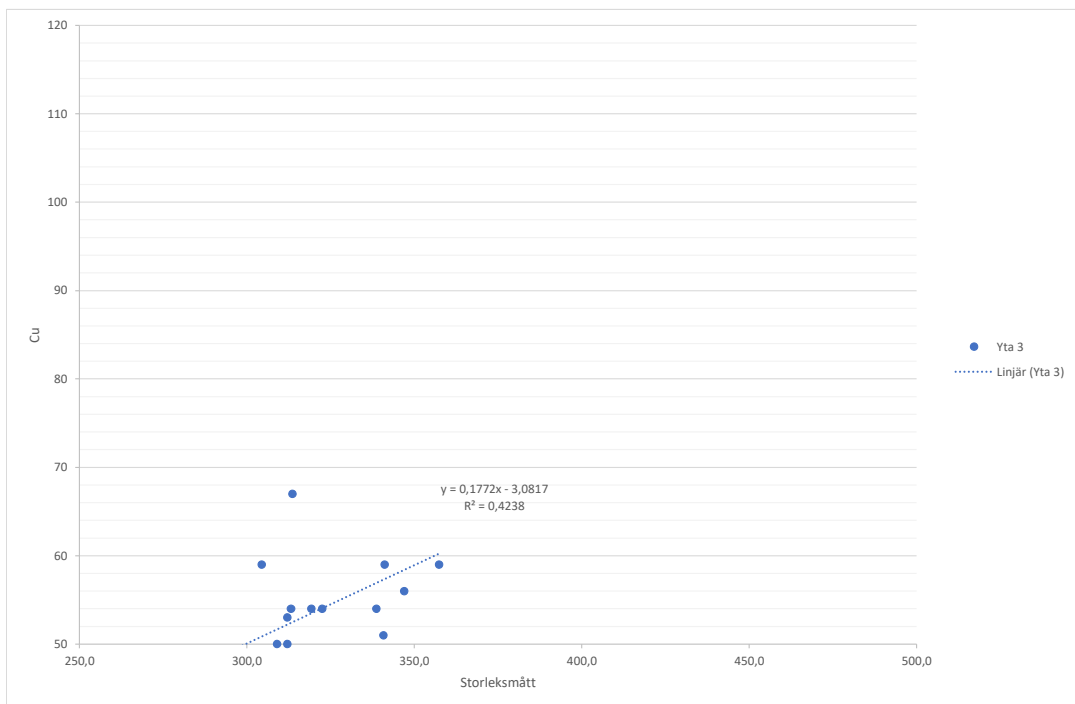
Figur 23. Jämförelse mellan graderingstal Cu och storleksmått för provtagningsyta 1a.



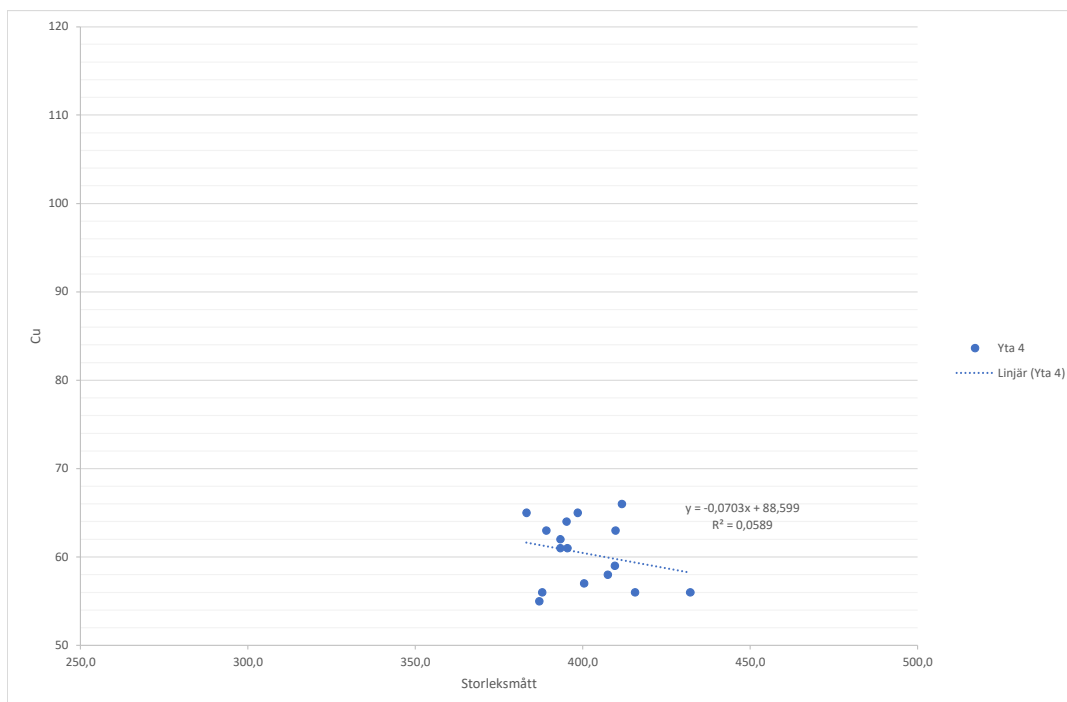
Figur 24. Jämförelse mellan graderingstal Cu och storleksmått för provtagningsyta 1b.



Figur 25. Jämförelse mellan graderingstal Cu och storleksmått för provtagningsyta 2.



Figur 26. Jämförelse mellan graderingstal Cu och Storleksmått för provtagningsyta 3.



Figur 27. Jämförelse mellan graderingstal Cu och storleksmått för provtagningsyta 4.

Resultaten av jämförelseanalyserna visar på att det inte verkar finnas något samband mellan graderingstalet och spridningstalet. Graderingstalet talar om hur välgraderat materialet är men inte om det är grovkornigare eller finkornigare, det vill säga hur kornkurvan ser ut totalt sett. Ett finkornigare och ett grovkornigare material kan ha samma graderingstal och ett grovkornigare material kan ha olika graderingstal och vice versa. Den separering av materialet som kan ses i denna studie verkar inte ha en konsekvent påverkan på graderingstalet. Då syftet med detta projekt var att på ett säkert sätt kunna ta ut representativa och jämföra kornkurvor med varandra föredras det att dra slutsatser av separering utifrån storleksmåtten.

Slutsatserna av Etapp 1 blir att för att få en så homogen yta som möjligt för att kunna ta prov som representerar en leverans av material är förfaringssättet som användes på Provtagningsyta 4 att föredra. Detta innebär att materialet behöver homogeniseras innan utläggning av provtagningsyta. Provtagningsytan skapas genom att "strössa" ut materialet samt att allmänt hantera materialet varsamt med så låg rörelseenergi som möjligt. Detta har tidigare också konstaterats av Quist et al (2019). Det verkar gå att ta representativa prover på provtagningsytan men i och med att separering inte kunde undvikas helt behöver flera delprover tas ut.

10 GENOMFÖRANDE ETAPP 2

Etapp 2 utfördes på samma ställe som i takt 4. Utgångspunkten var att efterlikna det tänkta arbetssättet för mottagningskontroll så mycket som möjligt. En arbetsledare fick muntliga instruktioner för hur det hela skulle genomföras.

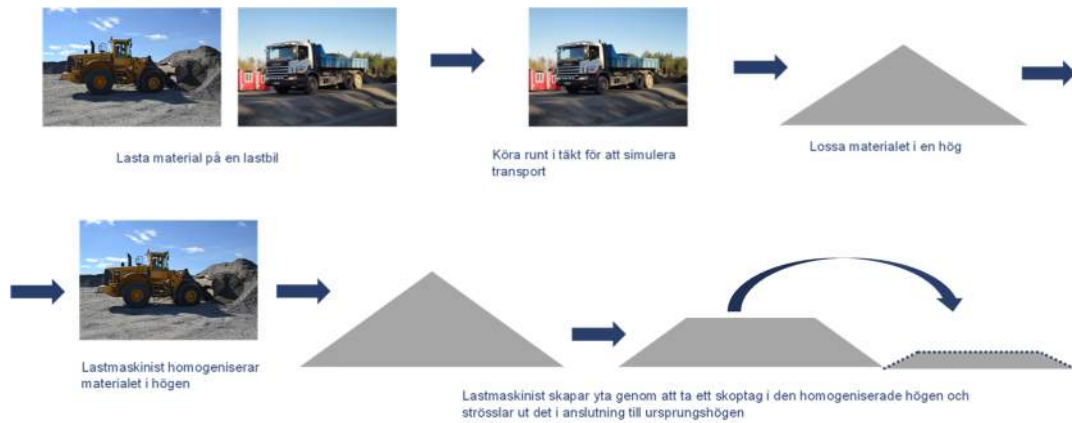
10.1 Provtagning för samlingsprov

En lastbil lastades med två skopor från en upplagshög (se Figur 28) med hjälp av en lastmaskin. Materialet togs från samma del av en upplagshög för bärlager med sortering 0/32.



Figur 28. Lastmaskinist tar material i upplagshög före det att lastbilen lastas.

Efter lastning åkte lastbilen ett varv i tåkten för att simulera en tänkt transport av material från en leverantör till en mottagare. Lastbilen tippade därefter lasset på backen i en hög. En lastmaskin homogeniserade därefter högen genom att lyfta i materialet och blanda runt. Därefter togs en full skopa och en provhög lades ut vid sidan om ursprungshögen genom att försiktigt strösla ut materialet från låg höjd på liknande sätt som provtagningsyta 4 byggdes upp på, se Figur 29.



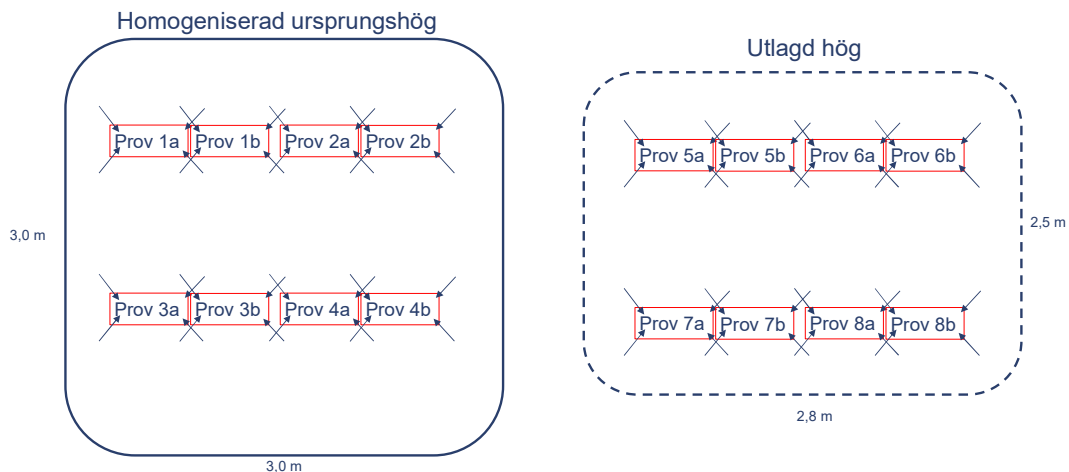
Figur 29. Beskrivning av det skarpa läge som man utgick ifrån för Etapp 2.

Både den homogeniserade ursprungshögen och den utlagda högen ströks till med lastmaskinsskapan för att jämna till ytorna. På den homogeniserade ursprungliga högen ströks ca 30 cm bort och på den utlagda ca 10 cm. Måktigheten på den utlagda höger var drygt 30 cm, se Figur 30.

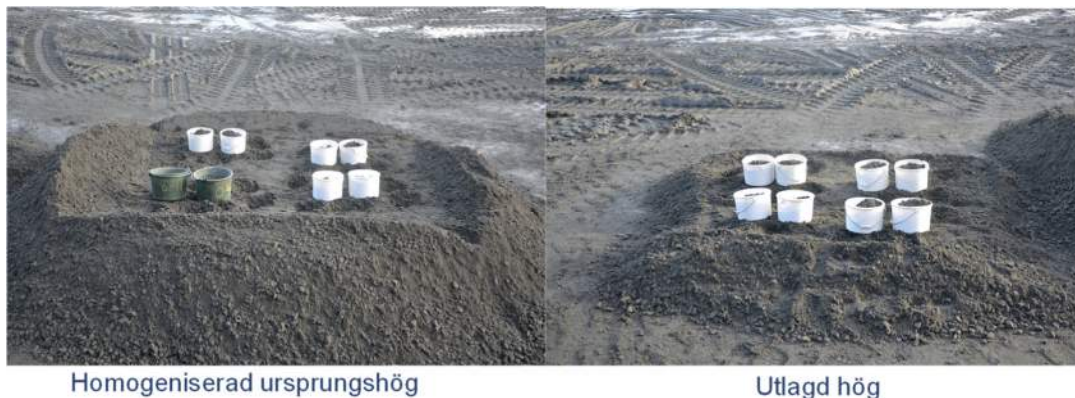


Figur 30. Homogeniserad ursprungshög till vänster och utlagd hög till höger.

Från varje hög togs åtta prover ut. Proverna i den homogeniserade högen benämndes 1a till 4a och 1b till 4b. Proverna i den utlagda högen benämndes 5a till 8a respektive 5b till 8b. Varje prov skapades genom att gräva upp material i fyra punkter, se Figur 31 och 32.



Figur 31. Skiss över provtagningarna på den homogeniserade ursprungshögen till vänster och den utlagda högen till höger. Pilarna representerar att materialet för varje prov togs från fyra ställen.



Figur 32. Foton över provtagningarna på den homogeniserade ursprungshögen till vänster och den utlagda högen till höger.

Prover benämnda med ett a (exempelvis prov 2a och 7a) togs ut för att analysera enskilda kornstorleksfördelningar i syfte att få en uppfattning av spridning i materialegenskaperna. Detta är inget förfaringsätt som är tänkt att användas i ett kommande skarpt läge utan genomfördes i detta projekt för att kontrollera hur homogena den homogeniserade ursprungshögen och utlagda högen var för att verifiera att materialhantering var korrekt.

Prover benämnda med ett b (exempelvis 2b och 7b) var delprover som togs ut för att skapa samlingsprover på samma sätt som i den tänkta skarpa mottagningskontrollmetodiken. Att antalet delprover för att skapa ett samlingsprov var fyra bedömdes vara rimlig utifrån resultaten från Etapp 1. Även om provtagningsytorna/högarna skapas utifrån att de ska vara så homogena som möjligt, visade resultaten på att en viss spridning i kornstorleksfördelningarna ändå förekom.

Fyra delprover minskar risken att en eventuell inhomogenitet påverkar resultaten. Antalet delprover får dock inte vara för stort då metodiken blir svår att genomföra i praktiken. Enligt provmetod för provtagning SS-EN 932-1 bör erforderlig mängd material M för ett samlingsprov beräknas genom:

$$M = 6 * \sqrt{D} \rho$$

D är största stenstorlek [mm]

ρ är skrymdensiteten [Mg/m³]

Ifall största stenstorlek är 31,5 mm med en uppskattad skrymdensiteten på 1,6 Mg/m³ för ett opackat löst bärlager innebär det att drygt 50 kg material erfordras. Drygt 13 kg material togs ut för varje delprov för respektive samlingsprov. För att ytterligare minska risken av effekten av en eventuell separering, grävdes material upp för varje delprov från fyra olika platser. I praktiken innebär det att provtagningsspannen ställdes på den utvalda provpunkten och material grävdes upp på fyra ställen jämnt fördelade runt och i anslutning till spannen. Med detta förfaringssätt blev varje provgrop inte så djup. Eventuell separering i djupled fångas därmed inte upp men en större yta täcks in av provtagningspunkter.

Anledningen till att ta ut prover både från den homogeniserade ursprungshögen och på den utlagda högen var att undersöka ifall det var nödvändigt att skapa en provtagningsyta genom att lägga ut den eller om det var tillräckligt att skala av den ursprungliga homogeniserade högen för att erhålla en provtagningsyta.

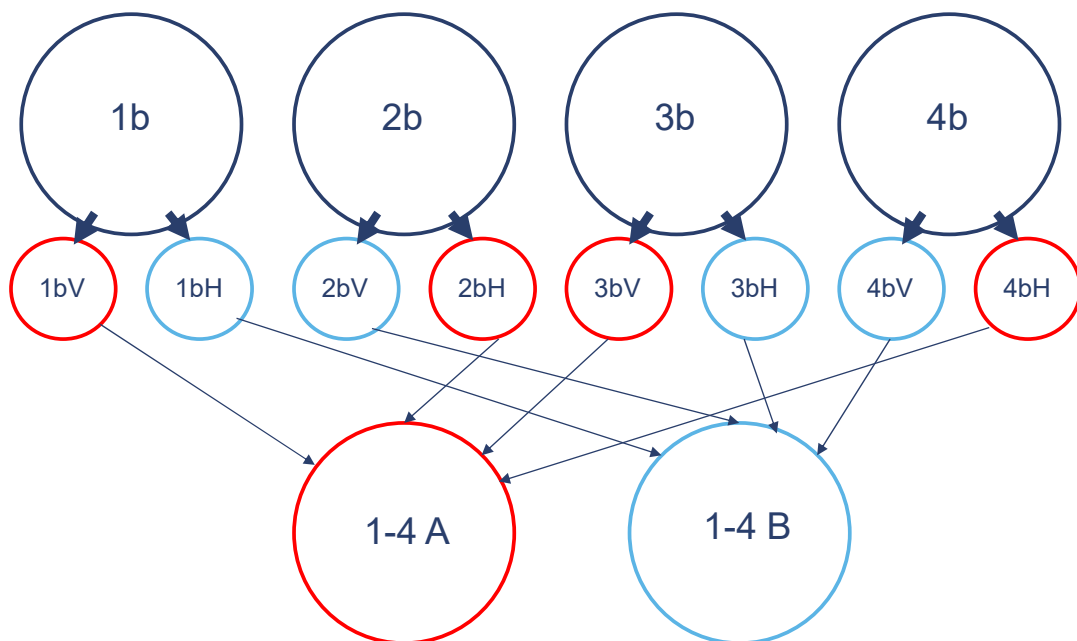
10.2 Skapa laboratorieprover från samlingsprover

Varje enskilt delprov som utgjordes av samlingsprovet (b-proverna) delades ned till två laboratorieprover. Totalt fyra laboratorieprover skapades, två från den homogeniserade högen och två från den utlagda högen. Proverna delades ned genom att använda neddelningsapparat med spaltbredden 36 mm. I Figur 33 visas neddelningsutrustningen som användes samt resultatet av neddelningen i form av de fyra olika laboratorieproverna.

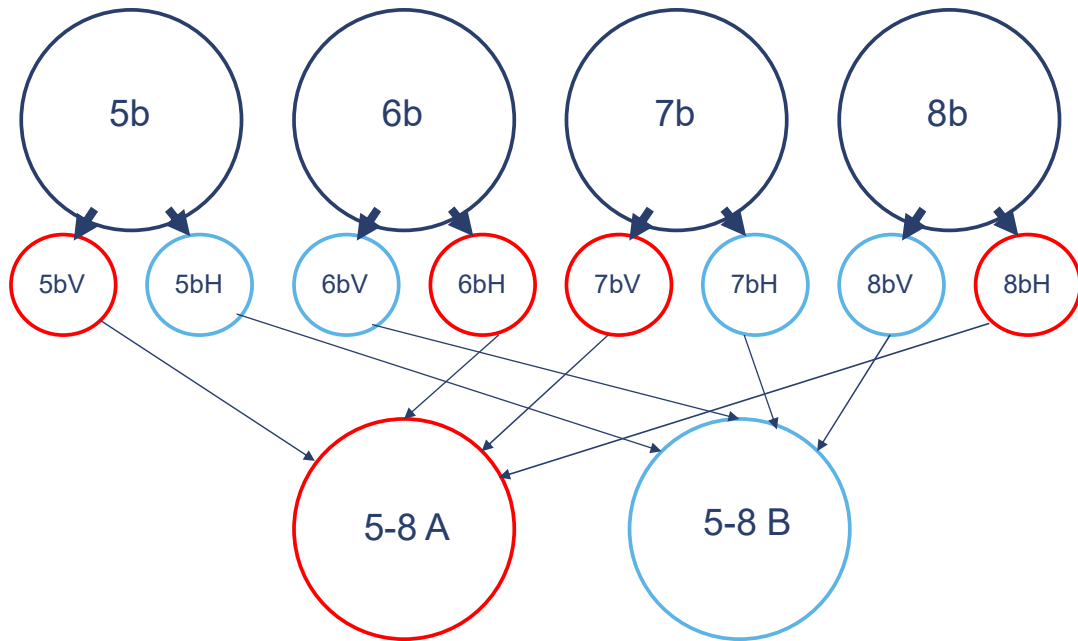


Figur 33. Foton på använd neddelningsutrustning och resultat av neddelningen i form av de fyra laborieproverna.

Från exempelvis prov 1b delades provet ned till proverna 1bV och 1bH, där V står för neddelningsapparatusens vänstra uppsamlingslåda och H för högra uppsamlingslådan. För att undvika systematiska skillnader i neddelningsapparatusens funktion, komponerades laborieprovet genom att ta de neddelade delproverna från både vänster och höger uppsamlingslåda, se Figur 34 och Figur 35.



Figur 34 Neddelnings- och ihopsagningsprocess för att skapa laborieproverna 1-4 A och 1-4 B.

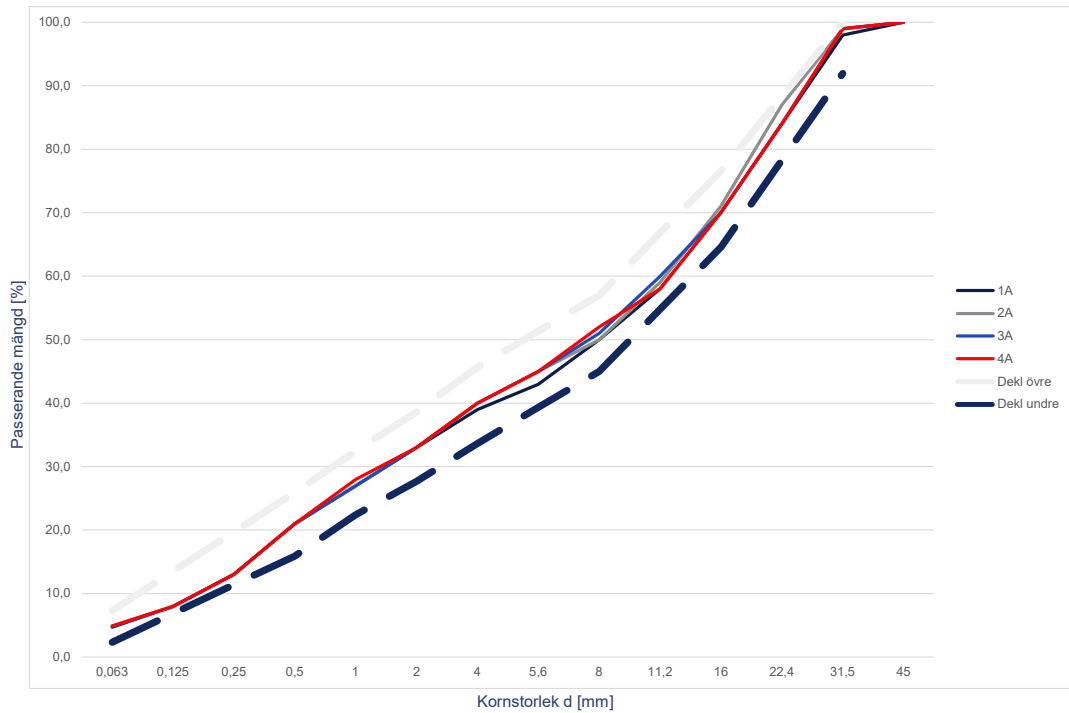


Figur 35 Neddelnings- och ihopslagningsprocess för att skapa laboratorieproverna 5-8 A och 5-8 B.

Laboratorieprov 1-4A består därför av de neddelade proverna 1bV, 2bH, 3bV och 4bH. På detta sätt skapades laboratorieproverna 1-4A, 1-4B, 5-8A och 5-8B.

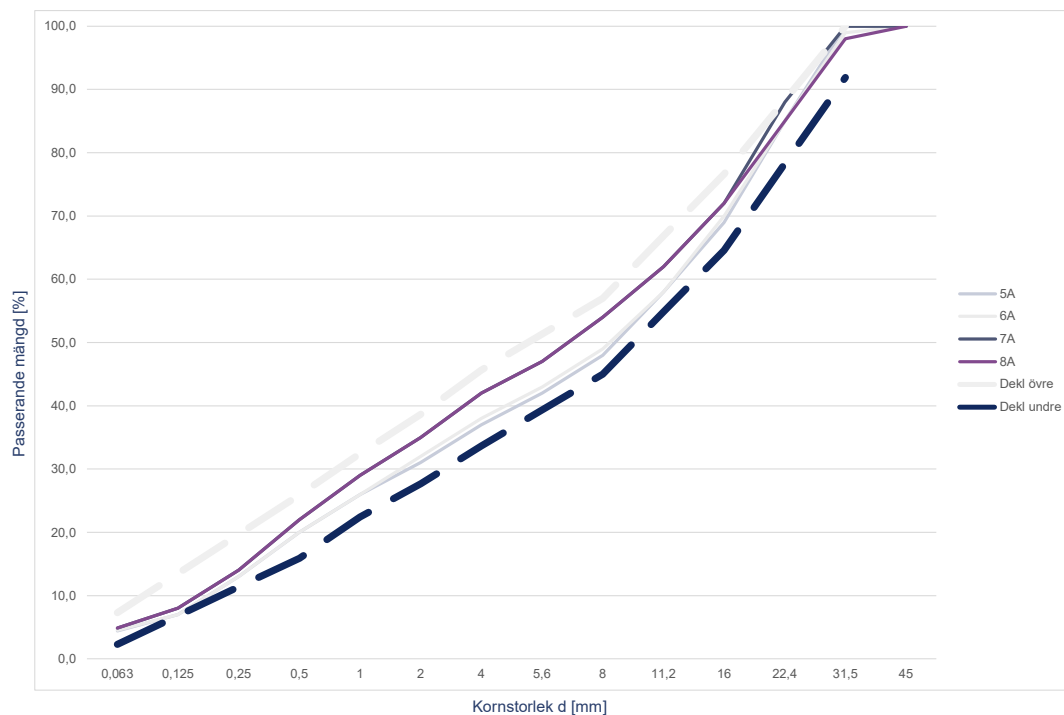
11 RESULTAT ETAPP 2

Resultaten för etapp 2 redovisas för den homogeniserade ursprungshögen och den utlagda högen var för sig både när det gäller proverna för att analysera spridning och samlingsproverna. I Figur 36 redovisas spridningsanalysresultaten för den homogeniserade ursprungshögen tillsammans med beräknad övre och undre gränslinjerna. Gränslinjerna beräknades på samma sätt som beskrivits tidigare.



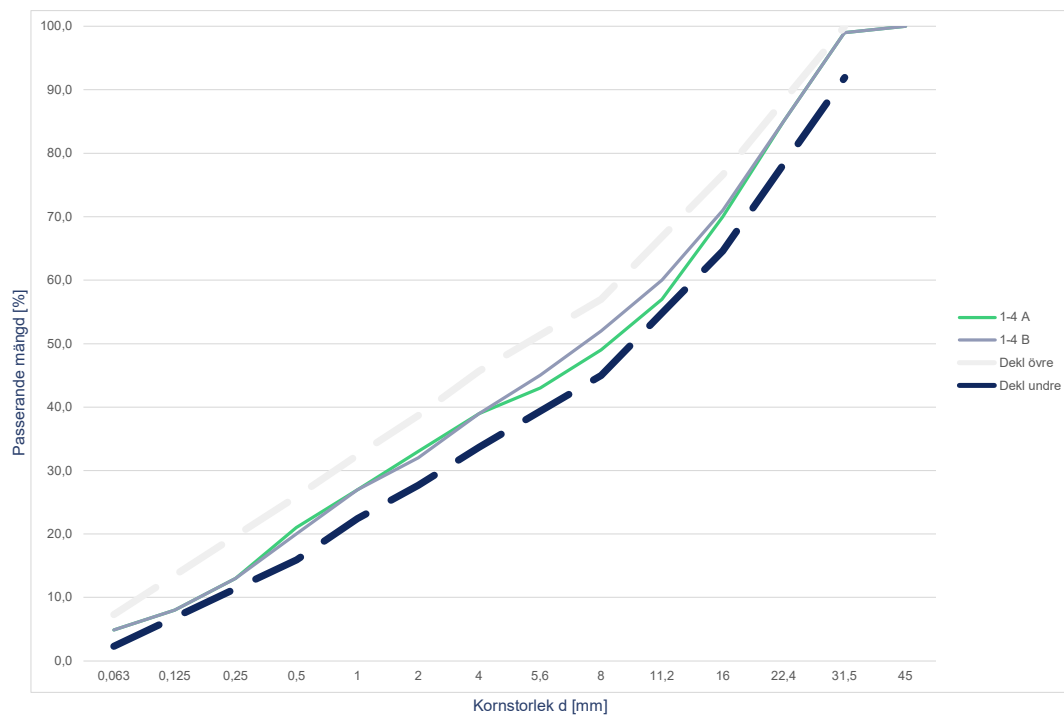
Figur 36. Resultat på kornstorleksfördelning för de enskilda proverna från den homogeniserade ursprungshögen.

Resultaten visar på obefintlig spridning mellan proverna, det vill säga att den homogeniserade ursprungshögen var mycket homogen. I Figur 37 presenteras resultaten för spridningen i den utlagda högen.



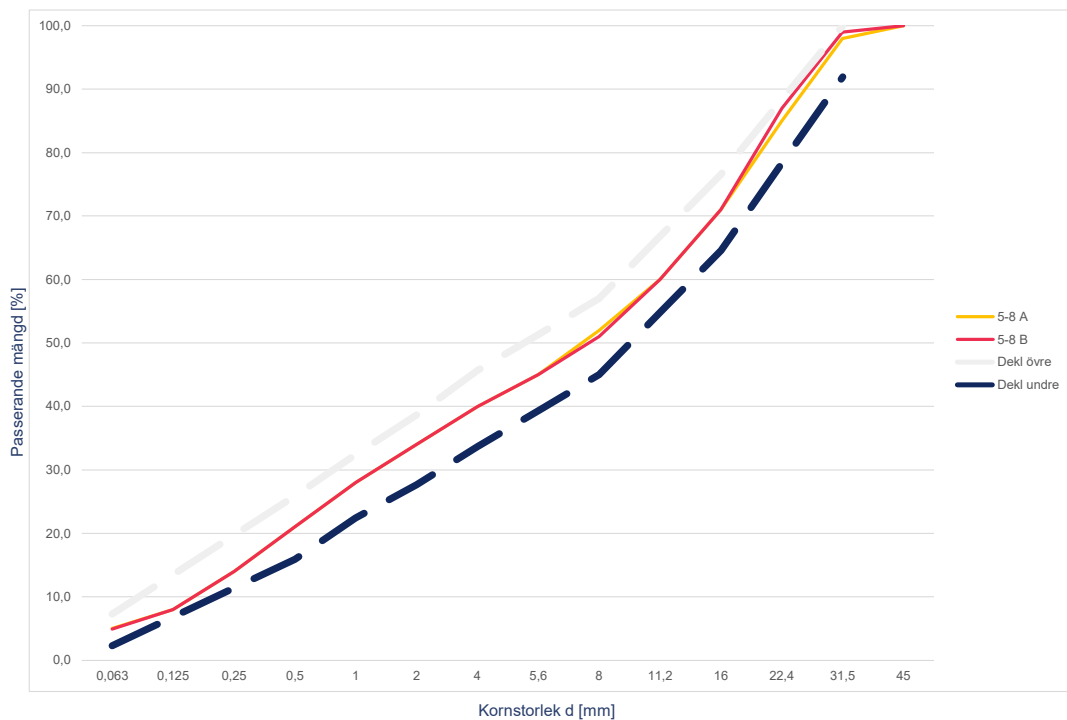
Figur 37. Resultat på kornstorleksfördelning för de enskilda proverna från den utlagda högen.

Resultaten visar på en viss spridning med två grupperingar, där provpunkt 5 och 6 i den borte delen av högen har snarlika kornstorleksfördelningar och prov 7 och 8 i den främre delen av högen har liknande kornkurvor. Spridningen bedömdes dock vara mycket liten. I Figur 38 redovisas resultaten för de neddelade samlingsproverna från den homogeniserade ursprungshögen.



Figur 38. Kornstorleksfördelningarna mellan de två samlingsproverna för den homogeniserade ursprungshögen.

Resultaten visar på mycket liten spridning mellan de neddelaade proverna. I Figur 39 nedan redovisas motsvarande resultat för den utlagda högen.



Figur 39. Kornstorleksfördelningarna mellan de två samlingsproverna för den utlagda högen.

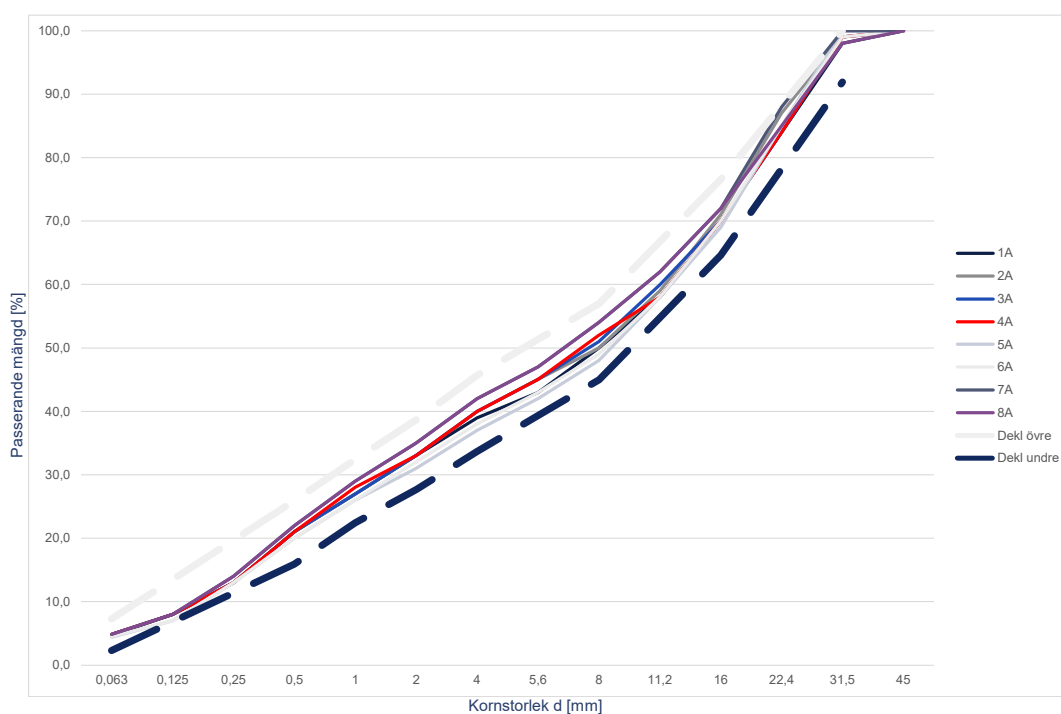
Här visar resultaten på obefintliga skillnader mellan de neddelade proverna. I Tabell 1 redovisas skillnaderna mellan de neddelade proverna för kontrollsiktar för den homogeniserade högen respektive utlagda högen

Tabell 1. Skillnaderna mellan de neddelade proverna för kontrollsiktar för den homogeniserade högen respektive utlagda högen.

Kontrollsiikt [mm]	0,063	0,5	1	2	4	8	16	31,5
Homogeniserad hög [skillnad %]	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	3,0	1,0	0,0
Utlagd hög [skillnad %]	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0

12 ANALYS OCH DISKUSSION STEG 2

Tanken med Etapp 2 var att simulera alla steg av en mottagningskontrollprocess från lastning till transport och avlastning. Själva mottagningskontrollen avser att ta prov som representerar egenskaperna på hela lasten. Att ta ut representativa prover är därför av stor vikt. Detta förutsätter att egenskaperna på det material som ska provtas inte skiljer sig åt utan är homogent. Därför är det av vikt att studera homogeniteten. De fyra enskilda proverna på homogeniserad ursprungshög respektive utlagd hög visar på små spridningar mellan resultaten och speciellt för den homogeniserade högen. Att ta ut ett representativt prov för hela leveransen är därför fullt möjligt. Detta syns även i Figur 40 där alla enskilda prover från både ursprungshög och utlagd hög redovisas.



Figur 40. Resultat på alla enskilda prover, både från homogeniserad ursprungshög och utlagd hög.

Skillnaderna mellan provresultaten är mycket små. Att ta ut representativa prover fungerar därmed bra både på homogeniserad ursprungshög som skalats av eller utlagd hög. Det viktigaste är att materialet homogeniseras och om materialet läggs ut i hög, hålla rörelseenergin låg och "ströslas" ut materialet till en mäktighet av drygt 30 cm

Etapp 2 simulerade det tänkta arbetssättet att ta ut ett samlingsprov, som delas ned till två laboratorieprover. De två laboratorieproverna är därefter tänkta att analyseras på

var sitt laboratorium. Det ena laboratoriet representeras av materialleverantören och det andra av materialmottagaren. Resultaten från Etapp 2 visar att det är en liten skillnad mellan laboratorieproverna 1-4 A respektive 1-4 B samt mellan 5-8 A respektive 5-8 B. Det betyder att båda laboratorieproverna väl representerar det levererade materialet och att detta förfaringssätt fungerar i praktiken och är tillförlitlig.

Det rekommenderas att samlingsprovet skapas på det sätt som utfördes i denna studie, det vill säga att fyra delprover tas ut spridd över högen och att varje delprov består av uppgrävt material från fyra ställen. På detta sätt säkerställs det att samlingsprovet representerar en större del av leveransen utifall homogeniseringen av materialet blir något bristfällig.

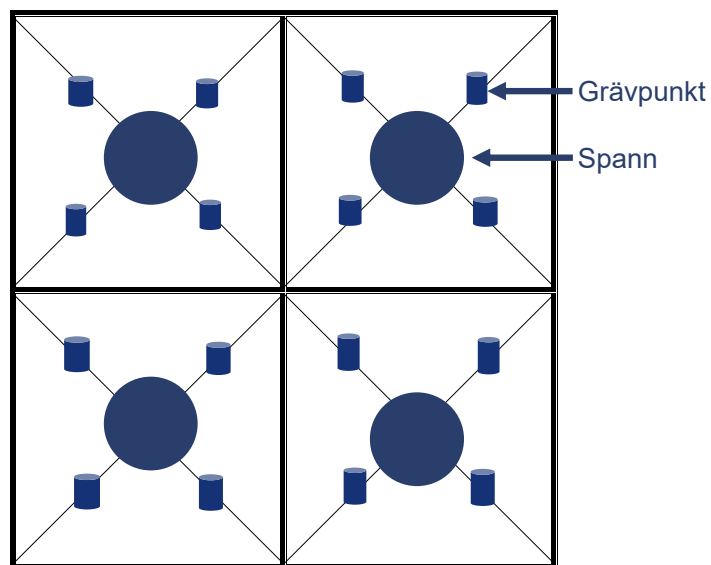
13 FÖRESLAGEN METODIK

Utifrån resultaten från detta projekt kan grunden för en branschstandard för mottagningskontroll skapas. Alla deltagande enheter är lika viktiga för att mottagningskontrollen ska bli korrekt genomförd, från lastmaskinist som lastar material på lastbil, lastmaskinist på mottagningsplatsen, materialprovtagaren och laboratoriepersonal. Branschstandarderna bör innehålla följande punkter:

- Mottagningskontroll eller leverandkontroll genomförs på ett helt lastbilsladd som kommer till arbetsplats. Mottagningskontrollen representerar det aktuella lastbilsladdet. Är resultaten av provningen underkända, är materialet i hela laddet underkänt. Det är leverantören som ansvarar för lastningen och det är mottagaren som avropar mottagningskontrollen.
- Lossning av laddet sker i en hög på en hårdgjord yta.
- Homogenisering av högen ska ske genom att med hjälp av en lastmaskinsskopa lyfta och blanda materialet på ett sådant sätt att det utsätts för så liten rörelseenergi som möjligt.
- Högen skalas av med hjälp av en lastmaskinsskopa med ett till två skoptag.
- Det avskalade materialet ströslas ut med hjälp av skopan för att skapa en provtagningshög med minst 30 cm tjocklek och denna slätas till. Väljs det i stället att ta ut proverna på den homogeniserade ursprungshögen, som då slätas till först, utgår detta moment.
- Ta ut fyra stycken delprover (minst 14 kg) genom att dela in provtagningsytan i kvadranter och ställ ut spännerna centralt i varje kvadrant, en spann för varje delprov. Varje delprov består av material taget från fyra olika ställen runt varje

spänn över kvadranten, se exempel i Figur 41 Använd provtagningsutrustning angiven i SS-EN 932-1.

- Dela ned varje delprov/material i två delar, totalt åtta delar med hjälp av neddelningsapparat med en spaltvidd anpassad efter materialstorlek.
- Skapa två laboratorieprover för mottagningskontroll genom att lägga ihop fyra neddelade prover var (två delar från vänster sida av neddelningsapparat och två delar från höger sida av neddelningsapparat).
- Skicka de två laboratorieproverna för mottagningskontroll till två olika ackrediterade laboratorier, ett som representerar levererande enhet och ett som representerar mottagande enhet.
- Skapa medelkurva av de två proversvaren. Detta ska jämföras med lämpligt krav. De två proverna får inte skilja sig för mycket.



Figur 41. Fördelning av grävpunkter på en provtagningsyta.

14 SLUTSATSER

Utifrån resultaten och analyserna utförda i detta projekt kan följande slutsatser dras från projektet:

- Det är möjligt att utföra mottagningskontroll på en leverans på ett representativt sätt.
- Mottagningskontroll kan utföras på en hög som tippats vid leveransen och homogeniserats och skalats av.
- Mottagningskontroll kan även utföras på en utlagd hög om materialet homogeniserats innan och läggs ut genom att försiktigt strössla ut materialet med så låg rörelseenergi som möjligt.
- Homogenisering av materialet är avgörande för att kunna ta ut representativa prover på ett säkert sätt.
- Att skapa provhögar genom att först tippa i högar som sedan dras ut skapar separationer i materialet.
- Förslagen metodik önskas tas upp som branschgemensam metod av SBMI eller TRV.

15 FORTSATTA STUDIER

Utifrån denna rapport kan förslag på metodbeskrivning tas fram. Med denna metodbeskrivning som utgångspunkt bör Metodgruppens ballastutskott anordna en ringanalys för att kontrollera dels att metodbeskrivningen fungerar och att metoden är repeterbar och reproducerbar.

Resultaten av denna studie visar även att det vid utläggning finns risk att obundna material separeras. Hur detta ser ut och vad som kan göras för att undvika detta bör studeras vidare.

16 REFERENSER

ABM 07 – BALLAST, 2010: Byggandets Kontraktskommitté, BKK, och Sveriges Bergmaterialindustri, SBMI.

Larsson R., 2008: Jords egenskaper – Information 1. Statens Geotekniska Institut. Linköping

Quist J., Hunger F. & Jareteg K., 2019: Segregering av bergmaterial vid avlastning. SBUF-rapport 13638.

SS-EN 13242 + A1, 2007: Ballast för obundna och hydrauliskt bundna material till väg- och anläggningsbyggande. SIS.

SS-EN 13285, 2018: Obundna överbyggnadsmaterial – Specifikationer

SS-EN 932-1, 1997: Ballast – Generella metoder – Del 1: Metoder för provtagning. SIS.

TDOK 0530:2013: Obundna lager för vägkonstruktion 3.0. Trafikverket.

BILAGA

		0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5	Cu	
11S220717	1	8,0	12	18	25	31	37	46	60	81	100	418,0	83
11S220751	2	7,3	11	17	24	29	35	44	58	74	100	399,3	83
11S220748	3	7,6	11	18	25	30	36	44	59	76	100	406,6	83
11S220744	4	7,4	11	18	24	29	35	43	58	80	99	404,4	85
11S220742	5	8,2	12	19	27	33	39	48	62	81	100	429,2	81
11S220745	6	7,6	12	18	25	31	36	45	60	80	99	413,6	80
11S220749	7	7,3	11	18	24	30	36	44	56	73	99	398,3	91
11S220755	8	7,8	12	18	25	31	36	44	57	78	98	406,8	93
11S220741	9	6,4	10	15	20	25	29	35	45	63	97	345,4	110
11S220763	10	7,6	11	18	24	30	35	42	55	76	98	396,6	95
11S220743	11	6,0	9	14	19	23	27	33	45	66	99	341,0	90
11S220769	12	6,9	11	16	22	27	32	38	50	73	99	374,9	100
11S220761	13	6,3	10	14	20	23	27	33	44	66	99	342,3	102
11S220759	14	7,2	11	17	23	28	33	40	51	70	100	380,2	106
11S220764	15	6,7	10	16	21	26	30	37	49	72	99	366,7	96
11S220758	16	6,9	11	16	23	28	32	39	51	70	99	375,9	99
Stdev		0,569368	0,908367	1,431235	2,071142	2,796266	3,461533	4,244011	4,99188	4,866688	0,932009	24,87177	6,095272
Medel + 2xstdev		8,3	12,8	19,7	27,3	34,0	40,4	49,4	63,7	83,4	100,9	437,2	104,5
Medel + stdev		7,8	11,8	18,3	25,3	31,2	36,9	45,2	58,7	78,6	100,0	412,3	98,4
Medel + 0,5stdev		7,5	11,4	17,6	24,2	29,8	35,2	43,1	56,2	76,1	99,5	399,9	95,4
Medel		7,2	10,9	16,9	23,2	28,4	33,4	40,9	53,8	73,7	99,1	387,5	92,3
Medel - 0,5stdev		6,9	10,5	16,2	22,2	27,0	31,7	38,8	51,3	71,3	98,6	375,0	89,3
Medel - stdev		6,6	10,0	15,4	21,1	25,6	30,0	36,7	48,8	68,8	98,1	362,6	86,2
Medel - 2xstdev		6,1	9,1	14,0	19,0	22,8	26,5	32,4	43,8	64,0	97,2	337,7	80,1

Välgraderat

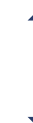


Ensgraderat

Figur B1. Beräkning av gränsvärden för graderingstalet som används i denna rapport.

Prov	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5	
1	6,1	9	14	19	23	27	33	45	68	99	343,1
2	5,5	9	13	18	21	25	30	40	61	98	320,5
3	5,4	8	12	17	20	24	29	39	60	97	311,4
4	5,7	9	13	18	22	25	30	40	60	99	321,7
5	7,2	11	17	24	29	35	42	56	78	100	399,2
6	6,9	11	16	22	27	32	38	48	69	99	368,9
7	8,0	13	20	27	34	40	48	60	80	98	428,0
8	6,6	10	16	22	27	32	38	48	68	99	366,6
9	5,9	9	14	18	22	26	32	43	68	99	336,9
10	6,1	9	14	19	23	27	33	44	67	100	342,1
11	5,9	9	14	18	22	26	31	42	63	99	329,9
12	6,5	10	15	20	24	28	35	47	70	98	353,5
13	6,8	10	16	22	27	33	39	51	69	99	372,8
14	6,9	10	16	22	27	32	38	49	69	99	368,9
15	7,7	12	18	25	31	37	44	57	75	99	405,7
16	6,9	11	16	22	27	32	38	50	70	99	371,9
Medelvärde Standardavvikelsen alla ytor	0,6	0,9	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	5,0	4,9	0,9	24,9
Medelvärde + 2 x stdev	7,6	11,8	18,1	25,0	31,0	37,0	44,6	57,4	78,2	100,7	408,6
Medelvärde + 1 x stdev	7,1	10,9	16,7	22,9	28,2	33,5	40,4	52,4	73,3	99,7	383,7
Medelvärde + 0,5 x stdev	6,8	10,5	16,0	21,8	26,8	31,8	38,2	49,9	70,9	99,3	371,3
Medelvärde aktuell provyta	6,5	10,0	15,3	20,8	25,4	30,1	36,1	47,4	68,4	98,8	358,8
Medelvärde - 0,5 x stdev	6,2	9,5	14,5	19,8	24,0	28,3	34,0	44,9	66,0	98,3	346,4
Medelvärde - 1 x stdev	5,9	9,1	13,8	18,7	22,6	26,6	31,9	42,4	63,6	97,9	333,9
Medelvärde - 2 x stdev	5,4	8,2	12,4	16,7	19,8	23,1	27,6	37,5	58,7	96,9	309,1

Finare



Grövre

Figur B2. Beräkning av gränsvärden för storleksmättet som används i denna rapport.

	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5
Täkt 1a 1	8,0	12	18	25	31	37	46	52	60	70	81	92	100
Täkt 1a 2	7,3	11	17	24	29	35	44	50	58	65	74	89	100
Täkt 1a 3	7,6	11	18	25	30	36	44	51	59	67	76	93	100
Täkt 1a 4	7,4	11	18	24	29	35	43	50	58	68	80	93	99
Täkt 1a 5	8,2	12	19	27	33	39	48	54	62	70	81	91	100
Täkt 1a 6	7,6	12	18	25	31	36	45	51	60	69	80	90	99
Täkt 1a 7	7,3	11	18	24	30	36	44	49	56	64	73	88	99
Täkt 1a 8	7,8	12	18	25	31	36	44	50	57	66	78	91	98
Täkt 1a 9	6,4	10	15	20	25	29	35	39	45	53	63	80	97
Täkt 1a 10	7,6	11	18	24	30	35	42	48	55	64	76	89	98
Täkt 1a 11	6,0	9	14	19	23	27	33	38	45	54	66	84	99
Täkt 1a 12	6,9	11	16	22	27	32	38	43	50	59	73	88	99
Täkt 1a 13	6,3	10	14	20	23	27	33	38	44	52	66	83	99
Täkt 1a 14	7,2	11	17	23	28	33	40	44	51	59	70	87	100
Täkt 1a 15	6,7	10	16	21	26	30	37	42	49	58	72	88	99
Täkt 1a 16	6,9	11	16	23	28	32	39	44	51	59	70	85	99

Figur B3. Resultat Etapp 1 Provtagningsyta 1a.

	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5
Täkt 1b 17	6,1	9	14	19	23	27	33	38	45	55	68	85	99
Täkt 1b 18	5,5	9	13	18	21	25	30	33	40	48	61	79	98
Täkt 1b 19	5,4	8	12	17	20	24	29	33	39	47	60	79	97
Täkt 1b 20	5,7	9	13	18	22	25	30	34	40	48	60	81	99
Täkt 1b 21	7,2	11	17	24	29	35	42	48	56	65	78	92	100
Täkt 1b 22	6,9	11	16	22	27	32	38	42	48	56	69	86	99
Täkt 1b 23	8,0	13	20	27	34	40	48	54	60	69	80	92	98
Täkt 1b 24	6,6	10	16	22	27	32	38	42	48	56	68	85	99
Täkt 1b 25	5,9	9	14	18	22	26	32	36	43	51	68	87	99
Täkt 1b 26	6,1	9	14	19	23	27	33	38	44	53	67	87	100
Täkt 1b 27	5,9	9	14	18	22	26	31	36	42	51	63	81	99
Täkt 1b 28	6,5	10	15	20	24	28	35	40	47	57	70	87	98
Täkt 1b 29	6,8	10	16	22	27	33	39	44	51	59	69	84	99
Täkt 1b 30	6,9	10	16	22	27	32	38	43	49	57	69	87	99
Täkt 1b 31	7,7	12	18	25	31	37	44	50	57	65	75	90	99
Täkt 1b 32	6,9	11	16	22	27	32	38	43	50	60	70	88	99

Figur B4. Resultat Etapp 1 Provtagningsyta 1b.

	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5
Täkt 2 1	5,5	8	12	16	20	25	33	38	45	55	69	83	100
Täkt 2 2	5,8	8	12	16	20	26	34	40	48	56	66	80	99
Täkt 2 3	6,8	10	15	20	26	33	42	48	56	64	76	90	100
Täkt 2 4	5,4	8	11	14	18	24	31	37	45	53	63	79	98
Täkt 2 5	5,5	8	11	15	19	24	32	38	46	56	68	83	98
Täkt 2 6	5,6	8	11	15	19	25	33	39	46	55	68	83	99
Täkt 2 7	5,5	8	11	15	19	25	33	39	47	56	66	82	99
Täkt 2 8	5,2	8	11	14	18	23	30	36	42	50	62	77	98
Täkt 2 9	7,5	11	16	22	29	38	48	55	63	72	82	91	100
Täkt 2 10	5,4	8	11	15	19	24	31	36	44	53	67	80	98
Täkt 2 11	6,0	9	12	17	21	27	35	41	49	58	70	85	99
Täkt 2 12	6,1	9	12	16	21	27	36	42	49	59	73	87	98
Täkt 2 13	5,7	8	12	16	20	26	34	41	48	58	67	85	98
Täkt 2 14	6,0	9	12	16	21	27	36	42	49	58	70	87	100
Täkt 2 15	6,0	9	13	17	22	28	36	42	50	61	74	87	99
Täkt 2 16	5,9	9	12	16	20	27	35	41	49	59	72	89	100

Figur B5. Resultat Etapp 1 Provtagningsyta 2.

	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5
Täkt 3 17	5,1	8	11	16	21	27	34	40	48	57	72	86	99
Täkt 3 18	4,1	6	10	14	18	23	30	36	43	53	67	83	97
Täkt 3 19	4,5	7	10	14	19	24	32	38	46	56	68	85	98
Täkt 3 20	3,8	6	9	13	16	21	27	32	39	49	64	79	99
Täkt 3 21	3,8	6	9	12	16	19	25	30	37	45	62	79	100
Täkt 3 22	4,2	6	10	14	18	23	30	35	43	53	67	83	98
Täkt 3 23	4,0	6	10	14	18	22	29	35	42	53	65	82	99
Täkt 3 24	4,8	7	11	15	20	26	34	40	49	60	74	90	100
Täkt 3 25	5,4	8	12	17	23	29	38	44	53	61	74	88	98
Täkt 3 26	4,6	7	11	15	19	24	31	35	41	50	63	79	98
Täkt 3 27	4,7	7	11	16	21	26	34	40	48	60	72	86	99
Täkt 3 28	4,3	7	10	14	19	24	32	38	45	55	66	82	98
Täkt 3 29	5,0	7	12	17	22	28	36	42	50	60	70	88	100
Täkt 3 30	3,1	5	7	10	13	17	21	25	30	38	53	79	98
Täkt 3 31	4,1	6	10	14	18	23	30	36	43	53	66	83	98
Täkt 3 32	4,4	7	10	14	18	23	30	34	41	49	61	77	96

Figur B6. Resultat Etapp 1 Provtagningsyta 3.

	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5
Täkt 4 33	5,5	9	15	24	32	38	46	52	59	68	79	91	100
Täkt 4 34	6,1	10	17	27	35	42	51	56	63	70	82	93	99
Täkt 4 35	4,9	8	14	22	29	35	43	49	57	65	77	88	98
Täkt 4 36	5,3	8	14	23	30	36	44	49	56	63	77	90	100
Täkt 4 37	5,2	9	15	23	31	37	44	49	56	65	77	86	98
Täkt 4 38	5,4	9	15	23	31	37	45	50	57	66	75	87	98
Täkt 4 39	5,6	9	16	25	33	40	48	53	61	69	79	90	99
Täkt 4 40	5,2	9	15	23	30	36	43	48	55	62	71	83	96
Täkt 4 41	5,4	9	15	23	31	38	46	51	58	66	75	88	100
Täkt 4 42	5,5	9	15	23	31	37	44	49	57	65	77	90	100
Täkt 4 43	5,0	8	14	22	29	35	42	48	57	66	77	89	98
Täkt 4 44	5,1	9	14	22	30	36	42	48	55	64	76	88	100
Täkt 4 45	5,7	10	16	25	34	40	47	52	58	65	77	88	99
Täkt 4 46	5,6	9	16	24	32	39	47	53	59	66	79	92	99
Täkt 4 47	5,3	8	15	23	31	37	44	49	56	65	75	88	99
Täkt 4 48	5,8	10	16	25	34	40	47	52	59	67	75	86	98

Figur B7. Resultat Etapp 1 Provtagningsyta 4.

	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5
5-8 B	4,9	8	14	21	28	34	40	45	51	60	71	87	99
5-8 A	5,0	8	14	21	28	34	40	45	52	60	71	85	98
1-4 A	4,9	8	13	21	27	33	39	43	49	57	70	85	99
1-4 B	4,9	8	13	20	27	32	39	45	52	60	71	85	99
5A	4,4	7	13	20	26	31	37	42	48	58	69	85	100
6A	4,5	7	13	20	26	32	38	43	49	58	70	85	99
7A	4,9	8	14	22	29	35	42	47	54	62	72	88	100
8A	4,9	8	14	22	29	35	42	47	54	62	72	85	98
1A	4,7	8	13	21	27	33	39	43	50	58	70	84	98
2A	4,9	8	13	21	27	33	40	45	50	59	71	87	99
3A	4,8	8	13	21	27	33	40	45	51	60	70	84	99
4A	4,9	8	13	21	28	33	40	45	52	58	70	84	99

Figur B8. Resultat Etapp 2.

