

# MEROX

- Ett företag i SSAB-koncernen -

## Handbok

### Hyttsten typ M och Hyttsand i väg och anläggningsarbeten

---



En materialguide från SSAB Merox AB

Utgivningsår 2010

# Handbok

## Hyttsten typ M och Hyttsand i väg och anläggningsarbeten

---

### Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALBESKRIVNING HYTTSTEN OCH HYTTSSAND .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN FÖR HYTTSTEN .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Undre förstärkningslager/skyddslager</b>	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Hyttsten som förstärkningslager</b>	<b>10</b>
<b>3.3</b>	<b>Hyttsten som bärlager</b>	<b>11</b>
<b>3.4</b>	<b>Övriga tillämpningar</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>PROJEKTERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR HYTTSTEN .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>Materialegenskaper Hyttsten</b>	<b>14</b>
<b>4.2</b>	<b>Fortlöpande kontroll av Hyttsten</b>	<b>15</b>
<b>4.3</b>	<b>Kornstorleksfördelning Hyttsten</b>	<b>16</b>
<b>4.4</b>	<b>Dimensioneringsförutsättningar</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN FÖR HYTTSSAND .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1</b>	<b>Hyttsand som förstärkningslager</b>	<b>19</b>
<b>5.2</b>	<b>Hyttsand som undre förstärkningslager/skyddslager</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>PROJEKTERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR HYTTSSAND .....</b>	<b>21</b>
<b>6.1</b>	<b>Materialegenskaper Hyttsand</b>	<b>21</b>
<b>6.2</b>	<b>Dimensioneringsförutsättningar</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>MILJÖEGENSKAPER HYTTSTEN OCH HYTTSSAND .....</b>	<b>23</b>

<b>8</b>	<b>REDOVISNING I BYGGHANDLINGAR.....</b>	<b>24</b>
<b>9</b>	<b>REFERENSOBJEKT .....</b>	<b>25</b>
	<b>LITTERATURFÖRTECKNING .....</b>	<b>27</b>
	<b>BILAGOR .....</b>	<b>28</b>

## Definitioner

### Beteckningar

SS-EN	Europastandard utgiven av SIS och gällande i Sverige.
VVTBT	Vägverkets tekniska beskrivningstext
AMA	Allmän material och arbetsbeskrivning
KRAV	Märkning som står för Bra miljö, God djuromsorg, God hälsa och Socialt ansvar
P-märkt	Certifikat som utfärdas av SP (Statens Tekniska Forskningsinstitut)

### Benämningar

Ackrediterat organ	Organ godkänt av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll, SWEDAC
Bärighet	Högsta last, enstaka eller ackumulerad som kan accepteras med hänsyn till uppkomst av sprickor eller deformationer.
Certifierad produkt	Produkt certifierad av organ som ackrediterats av styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll, SWEDAC, eller av SWEDAC:s avtalspart. Certifiering utförs på basis av provning/besiktning enligt krav som anges för respektive produkt.
Cementerande egenskap	Hållfasthetstillväxt beroende på hydratationsprodukter (puzzolana reaktioner) i materialet.
E-modul	Elastisitetsmodul, ett tal som beskriver förhållandet mellan ett materials mekaniska spänning och deformation, d.v.s. styvheten
Hyttsand	Granulerad (vattenkyld) masugnsslagg med (amorf) glasstruktur
Hyttsten typ L	Luftsvälnad kristallin masugnsslagg som krossas till bestämda sorteringar. Typ L = Låg densitet
Hyttsten typ M	Luftsvälnad kristallin masugnsslagg som krossas till bestämda sorteringar. Typ M = Medium densitet
Kompressionskvot	Kvot mellan packad lagerhöjd och opackad lagerhöjd i fält. Erhålls ur sambandet $(1 - (\text{packad tjocklek} / \text{opackad tjocklek})) * 100$ . Utrycks i procent.

Korndensitet	Förhållandet mellan kornens massa och volym. I volymen ingår de inneslutningar (porer) som finns i kornen, i massan ingår det vatten som finns adsorberat på kornen
Lagertjocklek	Tjockleken på lagret bestäms efter avsedd packning.
Masugnsslagg	Den produkt som tillsammans med råjärn bildas i masugnprocessen. Masugnsslaggen består huvudsakligen av oxider av olika slag så som kalk- och kiseloxid.
Naturlig ballast	Naturgrus eller krossat berg.
Obundna lager	Bärlager, förstärkningslager samt eventuellt skyddslager.
Optimal vattenkvot	Den vattenkvot vid vilken ett material får maximal torrdensitet vid laboratoriepackning. Bestäms i vikts-%.
Packningsgrad	Kvot av torrdensitet som uppnås i fält vid packning och maximal torrdensitet som uppnås med standardiserad metod.
Porositet	Förhållande mellan porvolym och total volym. Porositet kan uttryckas som en funktion av torrdensitet och kompaktdensitet.
Skrymdensitet	Förhållandet mellan ett materials totala massa och totala volym.
Sorption	Med sorption avses i detta sammanhang att föroreningar kemiskt transformeras till en svårlakbar form.
Styvhetsmodul	Materialparameter som används vid dimensionering av överbyggnad.
Torrdensitet	Skrymdensitet för torrt material. Anger förhållandet mellan de fasta kornens massa och den totala volymen.
Vattenkvot	Kvoten av det ingående vattnets vikt och den vattenfria massans vikt.
Värmeledningstal	Värmeledningsförmåga. Den värmemängd som vid en temperaturskillnad på 1 <sup>o</sup> passerar per ytenhet av ett material.
Överbyggnad	Den del av vägkonstruktionen som ligger ovanför terrassen och som normalt består av bär-, förstärknings- samt skyddslager.

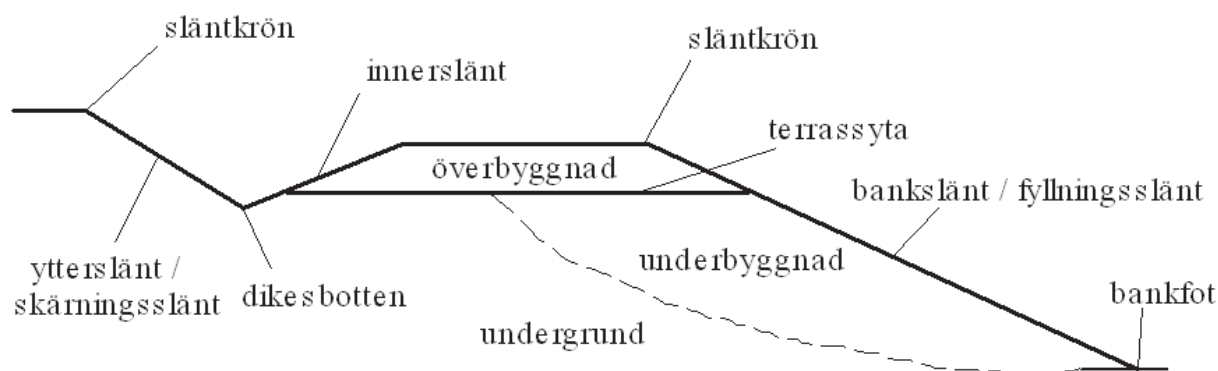
## 1 INLEDNING

Hyttsten har använts till obundna överbyggnadslager under många decennier i väg- och anläggningskonstruktioner inom Sverige. Utomlands går erfarenheterna ytterligare ett antal decennier tillbaka i tiden. Erfarenheterna att använda Hyttsten till dessa applikationer är överlag goda. Användandet av Hyttsten spar på naturresurserna, jungfruligt material, samtidigt som mängden transporter reduceras. Ett ökat användande av denna produkt ligger därmed väl i linje med regeringens miljömål ”God bebyggd miljö”.

Hyttsand har liksom Hyttsten använts inom anläggningsområdet under ett par tre decennier. Hyttsand har karaktären av ett lättfyllnadsmaterial som tack vare sin ringa tunghet fungerar bra där en lätt överbyggnad eftersträvas. Hyttsand har, liksom Hyttsten, cementerande egenskaper vilket ger materialet högre styvhet än jämförande lättballastmaterial. Tack vare denna egenskap kan vägen/konstruktionen dimensioneras tunnare och därmed erhålls en lättare överbyggnad med bibehållen bärighet. Hyttsand används framförallt i undre förstärkningslager men kan i vissa fall även användas i förstärkningslager.

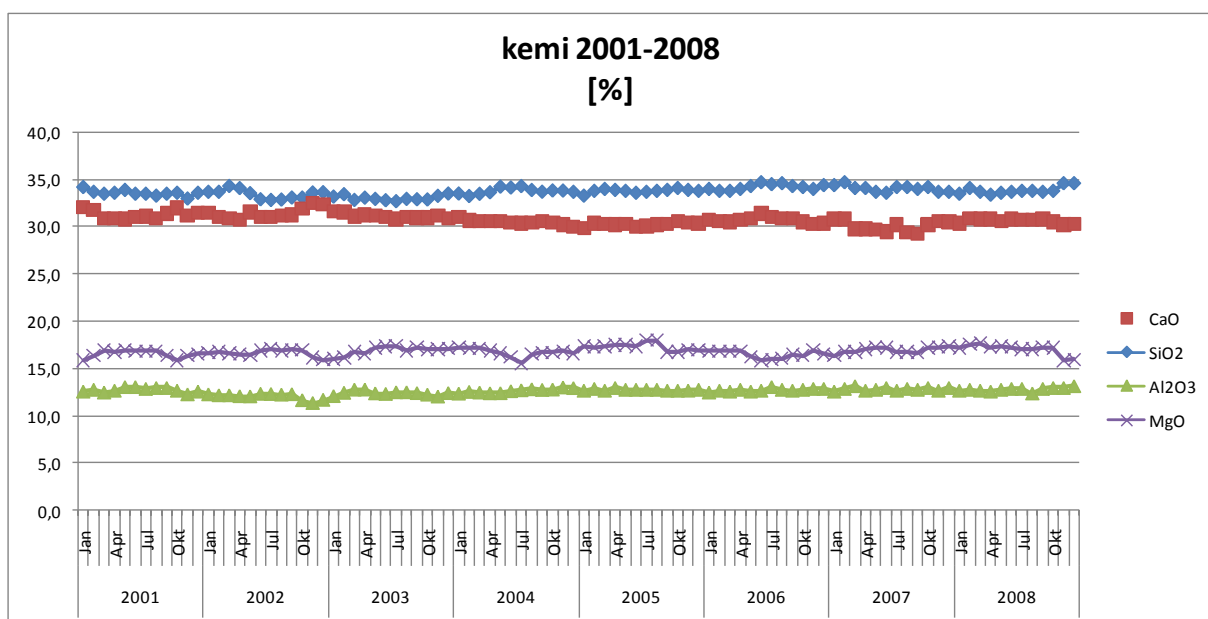
Syftet med denna handbok är att beskriva både de tekniska och miljömässiga egenskaperna hos Merox Hyttsten typ **M** (Medel densitet) och Hyttsand så att materialen med dess unika egenskaper används på ett så optimalt och korrekt sätt som möjligt. Nyttjas materialens fördelar, bl.a. dess låga vikt, cementerande egenskaper, tjälisolerande förmåga samt höga E-modulvärden på rätt sätt finns en stor potential att göra både en betydande ekonomisk vinning och ett hushållande av naturresurser vid byggande och underhåll av vägar och andra anläggningskonstruktioner.

Det finns för närvarande två typer av Hyttsten på marknaden i Sverige idag. Hyttsten typ **M**, producerad i Oxelösund och Hyttsten typ **L** (Låg densitet), producerad i Luleå. De båda materialtyperna har olika egenskaper och denna skrift beskriver endast Hyttsten typ **M**. För Hyttsten typ **L** hänvisas till [www.hyttsten.se](http://www.hyttsten.se) som länkar till BDx. Genomgående i denna handbok där Hyttsten används i texten avses Hyttsten typ **M**.



Figur 1: Principskiss av vägkonstruktion (1).

Råvaran till Hyttsten och Hyttsand är masugnsslagg. Masugnsslaggen framställs parallellt med råjärn i masugn. Till masugnen sätts i huvudsak järnoxider i form av pellets, kalksten som flussmedel och kol/koks som reduktionsmedel. Denna blandning hettas upp till ca 1500 °C varefter råjärn och masugnsslagg tappas för att vidareförädlas var för sig. Den flytande masugnsslaggen kan vidareförädlas på två olika sätt. En långsam avkyllning ger ett material med huvudsakligen kristallin struktur som då det krossats till olika sorteringar säljs under namnet Hyttsten. Kyls däremot masugnsslaggen snabbt i vatten, vid s.k. granulering, erhålls en amorf/glasig produkt kallad Hyttsand. De cementerande egenskaperna i materialen erhålls till största delen tack vare den amorfa/glasiga strukturen och andelen kalk/kisel. Masugnsslaggen har genom åren haft en mycket väldefinierad kemisk sammansättning då den metallurgiska processen kräver det och följaktligen är noga styrd och kontrollerad. Detta leder till att materialkaraktistika hos Hyttsten förhåller sig lika över tiden. I figur 2 nedan, ses hur liten variation det är av de största ingående oxiderna i masugnsslaggen mellan åren 2001 till 2008. Dessa oxider är de som i huvudsak bidrar till hyttstens unika materialegenskaper.



Figur 2. Kemanalys mellan åren 2001-2008.

Hyttsten 0/32 är certifierat enligt SS-EN 13242 "Ballast för obundna och hydrauliskt bundna material till väg- och anläggningsbyggande", med tillverkarförsäkran enligt användning med höga säkerhetskrav, system 2+. Hyttsten sortering 0/16 och 0/63 certifieras enligt system 4.



Ytterligare en produkt som kan omnämnas men som inte behandlas i denna publikation är Merit 5000. De erhålls genom vidareförädling av Hyttsand respektive Hyttsten. Merit 5000 är en finmald produkt av Hyttsand som är CE-märkt enligt EN 15167 (certifieringsnummer 0402-CPD-301802). Produkten är även P-märkt med godkännande bevis 1112/87. Merit 5000 är ett latent hydrauliskt bindemedel, tillsatsmaterial typ II, som används i betong, bruk och injekteringsbruk. Egenskaper hos betong som erhålls med inblandning av Merit är bl.a. ökad sulfatresistens, alkali/kiselsyra resistens, bättre reologi, högre sluthållfasthet, lägre värmeutveckling etc. Andra användningsområden för Merit 5000 som bindemedel är bl.a. vid stabilisering/solidifiering av lösa och/eller förorenade jordar. Fält och laboratorieundersökningar visar på att inblandning av Merit 5000 tillsammans med cement eller kalk i olika andelar ger ett bättre resultat både vad gäller sorption som hållfasthet än vad som uppnås om endast ett bindemedel används. Ytterligare applikationer för Merit 5000 är som bindemedel vid pelar- och terrasstabiliseringar.

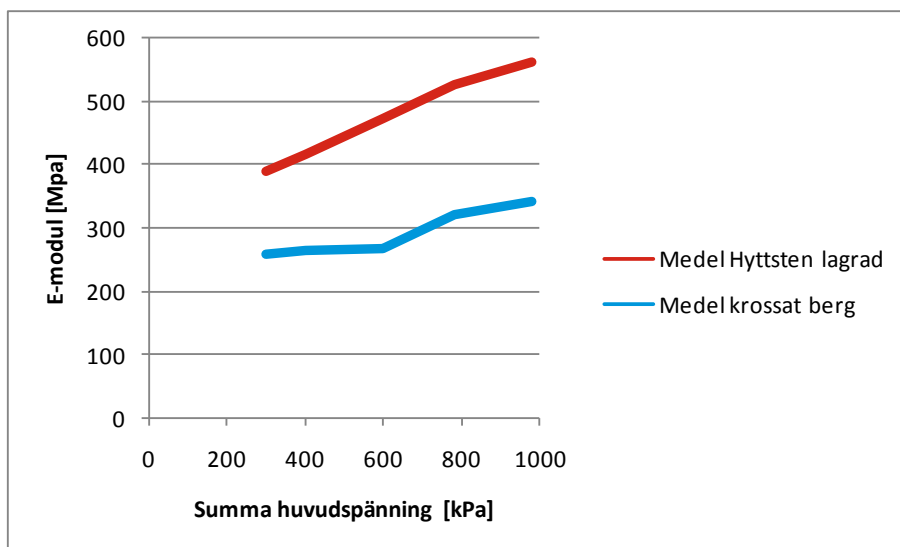


### 3 ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN FÖR HYTTSTEN

Hyttsten kan i princip användas till alla applikationer inom väg- och anläggningssektorn där bergkrossprodukter normalt används. Hyttstens lägre densitet, högre styvhetsmodul samt dess lägre värmeledningstal jämfört med bergkross är faktorer som ska beaktas och utnyttjas vid dimensionering.

I dynamisk treaxiell provning, VTI notat 53-2001, har bestämning av styvhet och stabilitet för Hyttsten (förstärkningslagertest) och Hyttsand (skyddslagertest) utförts vid flera belastningsnivåer med olika provningsnivåer. Provningsnivåerna är benämnda efter de vanligaste tillämpningarna på VTI efter läge i väggkroppen. Hyttsten uppvisade betydligt lägre permanenta deformationer i testet jämfört med bergkrossprodukten som var referens. Storleken på deformationernas medelvärden vid förstärkningslagertest låg på 1,9 mm för Hyttsten mot 9,8 mm för bergkross.

E-modulen beskriver ett materials förmåga att fördela last till underliggande lager, ju högre E-modul desto styvare material. Med stabilitet menas ett lagers förmåga att motstå omlagring. Ju stabilare ett material är desto mindre permanenta deformationer undergår materialet. Testresultaten samt in situ mätningar på Hyttsten visar på mycket goda egenskaper både vad gäller styvheten (E-modulen) samt stabiliteten (motstånd mot permanenta deformationer) hos materialet. (1,2)



Figur 3. E-modul, förstärkningslagertest, för lagrad Hyttsten samt krossat berg (2).

Vidare i testet konstateras att materialet uppvisar cementerande egenskaper av vilket finandelen i sorteringen är det som bidrar mest till cementeringen. Till skillnad mot konventionella material är högre finandel i sorteringarna hos Hyttsten enbart positivt. Den cementerande egenskapen och effekten hos Hyttsten har inte påvisats för något konventionellt material i någon studie. Tack vare materialets cementerande egenskaper kan konstruktioner dimensioneras tunnare med bibehållen livslängd. Alternativt kan en minst dubblerad teoretisk

livslängd erhållas vid samma lagertjocklekar jämfört med en konstruktion byggd med konventionella material. Vid bibehållen lagertjocklek finns teoretiskt en möjlighet att lägga ett tunnare asfaltlager vilket leder till betydande besparingar för en nyanlagd vägsträcka. Hyttstens lägre värmegenomgång ger dessutom ett ökat tjälskydd åt konstruktionen. Hyttsten är inte tjällyftande och tillhör tjälfarlighetsklass 1.

Treaxialprovning visar att olagrad (ej cementerad) Hyttsten har ca 30 % högre styvhet än ett krossat förstärkningslager. Teoretiska beräkningar (2) visar att redan vid en 30 % -ig styvhetsökning på Hyttstenslagret jämfört med krossat berg går det att göra betydande besparingar på en vägs överbyggnadstjocklek och i de flesta fall kan undre förstärkningslagret/skyddslagret helt utelämnas. De mätningar som gjorts i fält med Hyttsten i förstärkningslagret visar på styvhetsökningar i storleken av 100-200% efter ett år (1) och verifierar väl de uppnådda laboratorieresultaten via triaxiell provning som utförts hos Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI), med god säkerhetsmarginal.

### **3.1 Undre förstärkningslager/skyddslager**

Skyddslager benämns ”undre förstärkningslager” i AMA.

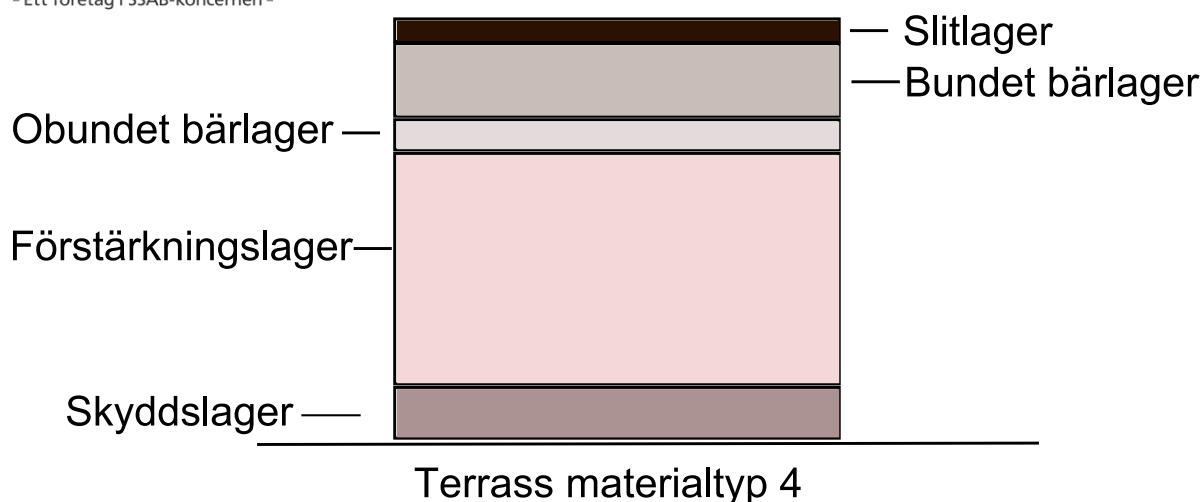
Hyttsten typ M uppfyller de krav som finns i Vägverkets tekniska beskrivningstext (2) för undre förstärkningslager. Finns det risk för tjällyftning i terrassen fungerar materialet även som isolering. Detta ger ett bättre tjälskydd åt konstruktionen med påföljden att ojämn lyftning av undergrunden minimeras.

### **3.2 Hyttsten som förstärkningslager**

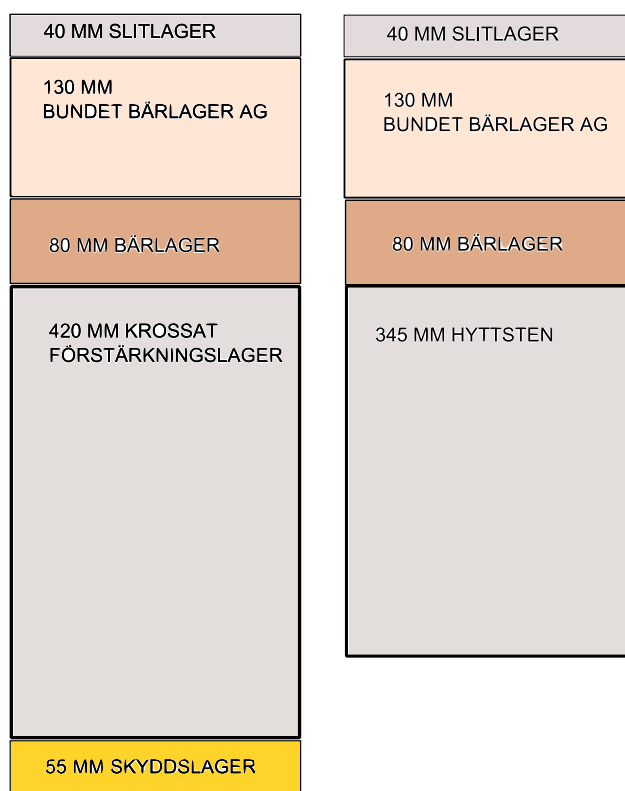
Hyttsten kan användas till alla typer av förstärkningslager och uppfyller alla materialkrav och lagertjocklekar i Vägverkets tekniska beskrivningstext (2). Vid bärighetsberäkningar i PMS Objekt och andra beräkningsprogram kan styvhetsmodulen ansättas till 600 MPa för alla årstider. Värdeets rimlighet bedöms utifrån dels de resultat triaxialtestet givit i kombination med de mätdata och teoretiska livslängdsberäkningar som framtagits via fallviktsmätningar gjorda på befintliga vägar byggda med Hyttsten (1) och dels den erfarenhet som byggts upp genom åren med användandet av Hyttsten typ M i vägkonstruktioner.

Som jämförelse vid dimensionering av lagertjocklek mellan bergkross och Hyttsten i förstärkningslager kan teoretiskt ett förstärkningslager med Hyttsten minskas med mellan 65-120 mm beroende på trafikklass vid ekvivalent dimensionering (1).

Packning ska utföras enligt AMA anläggning; DCB.2 - Förstärkningslager för väg, plan o d.



Figur 4: Principiell uppbyggnad av en överbyggnad (1).



Figur 5: Exempel på två överbyggnader med lika egenskaper beräknat vad gäller bärlighet, dimensionerad för 9 miljoner standardaxlar med materialtyp 4 i terrassen.. Vid en vägbredd på 7 meter skulle teoretiskt en besparing på ca 910 m<sup>3</sup> material/km väg kunna göras om förstärkningslagret anläggs med Hyttsten i stället för bergkross. (3)

### 3.3 Hyttsten som bärlager

Som bärlager kan Hyttsten användas i gång- och cykelvägar samt till grusvägar. För grusvägar gäller att Material/varukrav, Kontroll och Krav på nivå ska uppfylla kraven enligt VV TBT Obundna lager.

Hyttstens låga värmeledningstal gör det tveksamt att lägga materialet nära ytan på belagd väg då risk för oförutsedd frosthalka kan uppstå. Enligt (4) får materialet inte vara närmre än 250 mm från vägytan på belagd väg.

På ytor med stor risk för belastningsskador t.ex. busshållplatser, parkeringar för tunga fordon, flygfält etc. ger Hyttsten en markant bärighetsförbättring tack vare materialets bättre styvhet och stabilitet gentemot konventionella material.

### 3.4 Övriga tillämpningar

*Bullervallar.* Lämplig sortering Hyttsten 0/125.

*Hyttsten till halkbekämpning.* Hyttsten sortering 2/4 kan med fördel användas till halkbekämpning. Dess kantiga struktur ger ett högre friktionstal än vad som gäller för naturgrus. Liksom för naturgrus/bergkross som använts till halkbekämpning går även Hyttsten att återanvända till samma ändamål efter sopning och siktning.

*Rörgravsfyllning.* Hyttsten går utmärkt att lägga i botten på rörgravar då det ger ett stabilt och isolerande lager. Hyttsten bör dock ej läggas över eller som kringfyllning i rörgravar eftersom materialet cementerar med tiden vilket kan försvåra en eventuell friläggning av rörgraven.

*Cirkulationsplatser.* Ett vägavsnitt som utsätts för relativt stora påfrestningar av bl.a. svängande krafter och spårbunden trafik är cirkulationsplatser. De vägtekniska problem man stöter på vid anläggande av cirkulationsplatser är inte enbart knutet till slitlagrets beständighet/instabilitet eller dubbdäckspåverkan. Då cirkulationsplatser ofta är högtrafikerade är det besvärligt att utföra underhållsåtgärder av hög kvalitet, därför är det lönsamt att investera i konstruktionen för att uppnå längre livslängd

En del av cirkulationsplatsen som är utsatt för stora påkänningar är till och frånfarterna i cirkulationsplatsen. Där sker ibland ett större slitage än på övriga delar av vägarna. Det är framförallt den tunga trafikens spårbundenhet samt inbromsning/acceleration som utgör den största påverkan. Den extra stabilitet och bärighet som användande av Hyttsten ger åt konstruktionen innebär att tidpunkten för underhållsåtgärder förlängs samt att kostnaderna för det totala underhållet hålls på en lägre nivå.

*Busshållplatser.* Liksom för till- och frånfarter i cirkulationsplatser är busshållplatser ytor som utsätts för extra stora påfrestningar som ger spårbildning och permanenta deformationer. Påfrestningarna är av samma art som för till- och frånfarter i cirkulationsplatser. Används Hyttsten med dess goda stabilitet i dessa konstruktioner minimeras uppkomsten av spårbildning och permanenta deformationer och man erhåller en betydande livslängdsökning även för dessa konstruktioner.

*Tillfällig väg.* Hyttsten har via erfarenhet så pass hög bärighet att det kan användas som tillfällig väg vid reparationer/ombyggnationer av vägar där trafiken tillfälligt måste ledas vid sidan av. Hyttstens höga inre friktionsvinkel bidrar till den extra stabiliteten den tillfälliga vägen får.

*Gång- och cykelvägar, (GC-vägar).* Normalt dimensioneras gång- och cykelvägar även för lättare fordon (för att klara t.ex. snöröjning). Vid en kartläggning, utförd av Merox 2008-2009, av några gång- och cykelvägar runt Nyköping uppvisar ett flertal GC-vägar betydande skador. Skadorna är av karaktären bärighetsskador med uttalad sprick och spårbildning samt tjälskador i form av sprickbildning. När väl spårbildning utvecklats accelererar problemen med beständigheten p.g.a. att avrinning av vatten försvåras eller uteblir. Två sträckor byggda med Hyttsten på var sida om en konventionellt byggd GC-väg vid Bergshammar visar klart och entydigt på de fördelar materialet har vad gäller bärighet och tjälskydd gentemot de som anlagts med konventionella material. Konstruktionen med Hyttsten klarar tjällyftning utan att knäckas. Bilderna nedan påvisar några av effekterna som erhålls med Hyttsten som konstruktionsmaterial.



Figur 6 t.v. GC-väg Bergshammar anlagd 1985. Byggd med naturgrus i väggroppen. Sträckningen uppvisar stora skador av flera olika typer och är i akut behov av åtgärd.

Figur 7 t.h. GC-väg Bergshammar anlagd 1985. Hyttsten i bär- och förstärkningslager. GC vägen uppvisar inga eller få skador. Inget reparations eller underhållsarbete behövs på sträckningen.

## 4 PROJEKTERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR HYTTSTEN

### 4.1 Materialegenskaper Hyttsten

Parameter	Hyttsten
$M_{DE}$	12
LA-tal	< 25
Styvhetsmodul bärlager [MPa]	> 600
Styvhetsmodul förstärkningslager [MPa]	> 600
Styvhetsmodul skyddslager [MPa]	> 450
Frostbeständighet	F <sub>1</sub> (0,5 %)
Värmekonduktivitet [W/mK]	0,38 (torrt) 0,78 (4,4 % fukt)
Kompaktdensitet i fält	0/32 2,1 ton/m <sup>3</sup> (2 % fukt)
(egna mätningar)	0/63 2,1 ton/m <sup>3</sup> (5 % fukt)
Max. torrdensitet, vibrobord	0/32: 2,1 ton/m <sup>3</sup> 0/63: 2,2 ton/m <sup>3</sup>
Optimal vattenkvot	6 %
Rasvinkel (opackad)	35°
Inre friktionsvinkel	51°-54°
Kompressionskvot i fält	0/32: 23 %
(egna mätningar)	0/63: 21 %
Dicalsiumsönderfall	U.a.
Järnsönderfall	U.a.
Vattenlösligt sulfat	0,2 %

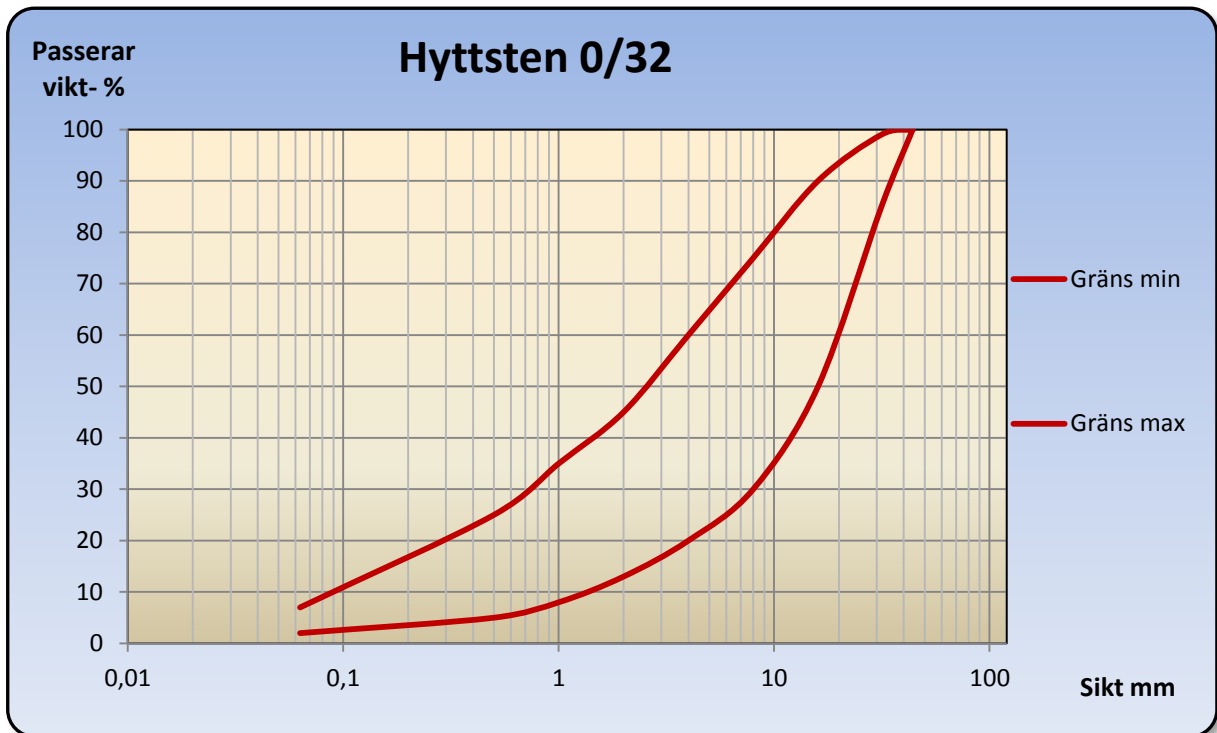
## 4.2 Fortlöpande kontroll av Hyttsten

Omfattning och frekvens

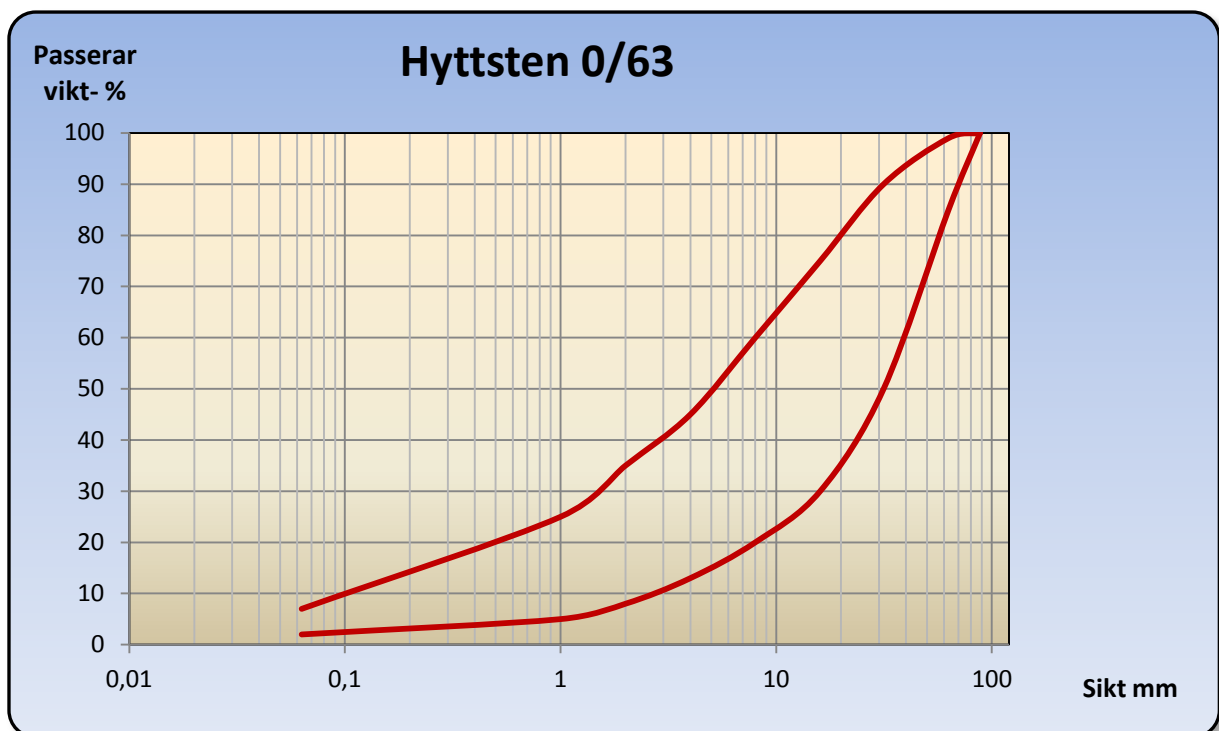
Analys	Metod/standard	Frekvens	Kommentar
<b>Totalhaltsanalys</b>	SS-EN 13656	1 gång/år	
<b>Totalhalt S</b>	EN 1744-1	1 gång/år	
<b>Vattenlösligt sulfat</b>	EN 1744-1	NPD	Gjordes i samband med typprovningen.
<b>Syalösligt sulfat</b>	EN 1744-1	1 gång/år	
<b>Perkolationstest</b>	CEN/TS 14405	NPD	Gjordes i samband med typprovningen.
<b>Skakförsök</b>	SS-EN 12457-3	1 gång/år	
<b>Motstånd mot nötning</b>	EN 1097-1	1 gång/år	
<b>Motstånd mot fragmentering</b>	EN 1097-2	1 gång/år	
<b>Värmekonduktivitet</b>	SS-EN 12664 SS-EN 12667	NPD	
<b>Frostbeständighet</b>	EN 1097-6, EN 1367-1, EN 1367-2	NPD	
<b>Kornstorleksfördelning</b>	EN 933-1	2 ggr/år*	*Avser extern kontroll. Egenkontroll sker kontinuerligt enligt produktionsmanual.
<b>Optimal vattenkvot</b>	EN 13286	NPD	Gjordes i samband med typprovningen.
<b>Dikalciumsilikatsönderfall</b>	EN 1744-1	NPD	Gjordes i samband med typprovningen.
<b>Järnsönderfall</b>	EN 1744-1	NPD	Gjordes i samband med typprovningen.
<b>Laboratorietorr densitet</b>	EN 13286	NPD	Gjordes i samband med typprovningen.



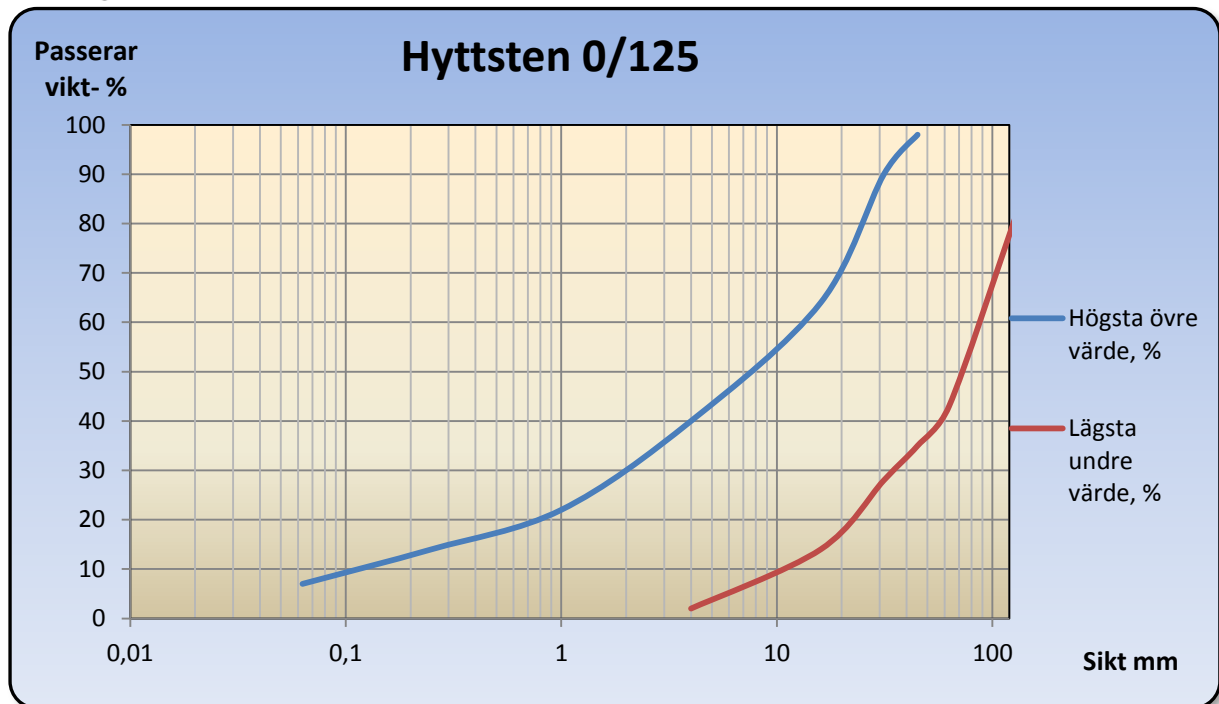
## 4.3 Kornstorleksfördelning Hyttsten



Figur 8. Gränskurvor för kornstorleksfördelning för Hyttsten 0/32. Materialet uppfyller kraven för kategori  $G_{A,85}$  enligt SS-EN 13242 samt SS-EN 13285.



Figur 9. Gränskurvor för kornstorleksfördelning för Hyttsten 0/63. Materialet uppfyller kraven för kategori  $G_{A,85}$  enligt SS-EN 13242 samt SS-EN 13285.



Figur 10. Gränskurvor för kornstorleksfördelning för Hyttsten 0/125.

#### 4.4 Dimensioneringsförutsättningar

Material till förstärkningslager ska uppfylla kategorin  $M_{DE}20$  enligt SS-EN 13242

Sorteringarna 0/63 eller 0/125 kan användas i förstärkningslager. Minsta tillåtna lagertjocklek för 0/63 är 125 mm och för 0/125, 250 mm. Vid användande av 0/125 i förstärkningslager ska tjockleken på bärlager vara minst 120 mm.

Ska Hyttsten användas som bärlager ska det ligga minst 250 mm under vägytan.

##### 4.4.1 Bärighet

Dimensioneringsvärdet vid bärighetsberäkningar för sorteringarna 0/32 och 0/63 ansätts styvhetsmodulen till 600 MPa. Värdet uppnås inom ett år från datum för anläggandet (1). Begynnelsevärdet på styvhetsmodul som kan användas är 450 MPa. Styvhetsmodulen gäller för alla årstider.

För sortering 0/125 kan styvhetsmodulen 450 MPa ansättas för alla årstider.

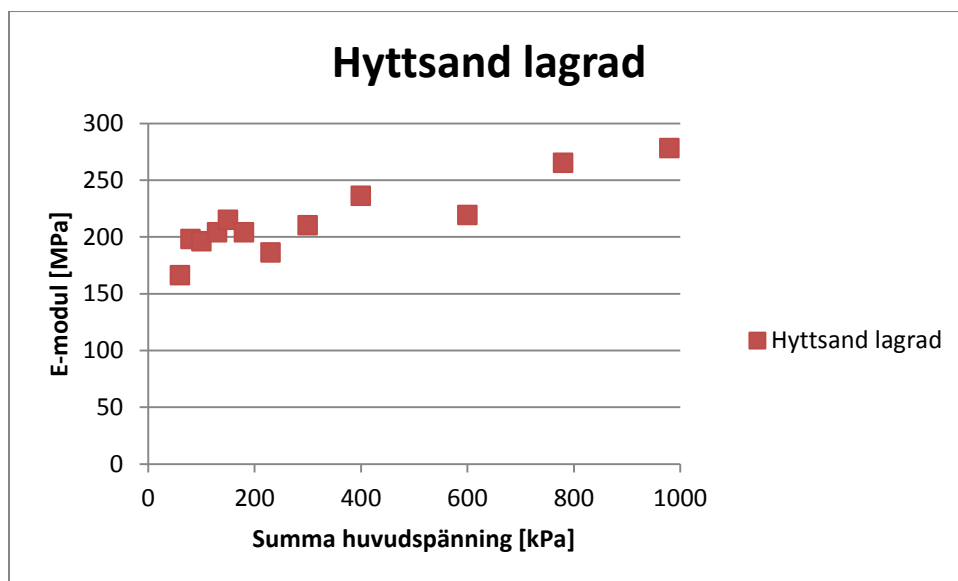
Styvheten för materialet har påvisats med fallviktsmätningar och hänsyn till styvhetsökningen ska göras i samband med dimensioneringen enligt ovan (1).

##### 4.4.2 Tjäle

Hyttsten är inte tjällyftande och tillhör tjälfarlighetsklass 1. Vid tjäldimensionering ansätts värdet 0,78 W/mK både för fruset och ofruset material. Värdet gäller vid 4,4 % fukthalt.

Hyttsand låga egen tyngd, dimensionerande tunghet 11 kN, gör den lämpligt att använda bl.a. som lättfyllning i bankar och som ersättning vid utskiftningar av dåliga undergrundsmaterial. Jämfört med konventionella material är den lämplig att använda när man vill hålla ner egen vikten och därmed minska risken för att sättningar kan uppkomma/utvecklas i undergrunder med lösa kompressibla jordar.

Hyttsand ger en styvhet som är minst lika eller högre än vad som gäller för konventionella skyddslagrar. Skyddslagrets uppgift är bl.a. att minska tjällyftning i områden med stor köldmängd och tjälfarligt material i undergrunden. Hyttsand ger tack vare sitt låga värmeledningstal extra isolering åt konstruktionen. Vid finkorniga undergrunder fungerar skyddslagret dessutom som materialskiljande lager som förhindrar att finkornigt material från undergrunden tränger upp i förstärkningslagret. Eftersom Hyttsand cementerar är omlagringen i materialet försumbart vilket ger en hög stabilitet. Cementeringen ”låser” materialet och därmed förhindras materialtransport inom lagret.



Figur 11. E-modul, skyddslagertest, för Hyttsand (2).

## 5.1 Hyttsand som förstärkningslager

Hyttsand har i många fall tillräcklig bärlighet och fukthållande förmåga för att kunna fungera som förstärkningslager på lågtrafikerade vägar/ytor. Vid beräkningar ansätts E-modulen 200 MPa.

## 5.2 Hyttsand som undre förstärkningslager/skyddslager

Hyttsands låga egentygnd samt låga värmeledningstal gör materialet väldigt lämpligt att använda som undre förstärkningslager/skyddslager. Används Hyttsand i förstärkningslager kan i de flesta fall undre förstärkningslager uteslutas.

## 5.3 Lättfyllning

Material med en egentygnd mindre än 12 kN brukar räknas som lättfyllnadsmaterial. Hyttsand med sina 11 kN i är därmed lämplig att använda som lättfyllnad där undergrunden är så beskaffad att ett konventionellt material blir för tungt. Den cementerande effekten hos Hyttsand gör i dessa sammanhang att en större lastfördelande yta till undergrunden erhålls, vilket medför att sättningarna blir betydligt mindre än vad som gäller för andra material med samma tunghet.



Figur 12. Hyttsandsutläggning på riksväg 57 vid Gnesta.

## 5.4 Övriga tillämpningar

Motfyllning mot bro.

Hyttsand är ett mycket bra material att använda vid övergången mellan vägkropp och brokonstruktion. Den svacka som ofta uppkommer med en konstruktion byggd med konventionella material vid övergången mellan väg och bro kan förhindras/elimineras genom att bygga övergången med Hyttsand. Goda erfarenheter finns bl.a. från väg 52 vid Malmköping och kustvägen mellan Nyköping och Trosa (1). Hyttsand ger tack vare sin låga egyptyngd ett lägre mottryck mot brokonstruktion och med dess cementserande egenskaper erhålls de förutsättningar som krävs för att ge en tillräckligt stark konstruktion för att undvika problemen vid övergången mellan bro och väg.

## 6 PROJEKTERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR HYTTSSAND

### 6.1 Materialegenskaper Hyttsand

Parameter	Hyttsand
<b>Glashalt</b>	> 99 %
<b>Styvhetsmodul förstärkningslager [MPa]</b>	200 MPa
<b>Styvhetsmodul skyddslager [MPa]</b>	200 MPa
<b>Frostbeständighet</b>	Ej aktuellt
<b>Värmekonduktivitet [W/mK]</b>	
<b>Max. torrdensitet, Proctor</b>	1,45 ton/m <sup>3</sup>
<b>Torrdensitet enligt EN-1097-3 (ej packad)</b>	Ca 1,1 ton/m <sup>3</sup>
<b>Optimal fukthalt</b>	12-20 %
<b>Rasvinkel (opackad)</b>	30°
<b>Inre friktionsvinkel</b>	61°
<b>Dimensionerande tunghet</b>	11 kN
<b>Packningsgrad [%] (5)</b>	75-82%

Sikt (mm)	0,075	0,5	1	2	4	10
<b>Passerande vikts- %</b>	0,5	7	28	70	90	95

Tabell 1. Kornstorleksfördelning för Hyttsand.

## 6.2 Dimensioneringsförutsättningar

### 6.2.1 Bärighet

Vid dimensionering med hyttsand ansätts värdet på styvhetsmodulen till 200 MPa. Värdet gäller för alla årstider.

### 6.2.2 Tjäle

Hyttsand är inte tjällyftande.

### 6.2.3 Dimensionerande tunghet.

Tungheten sätts till 11 kN vid bärighetsberäkningar.

### 6.2.4 Packning

Vid maximal packning erhålls ett Proctorvärde på 1,45 mg/m<sup>3</sup>. Vid konstruktion av lätt vägbank packas Hyttsand till 70 % av Proctorvärdet. Vid konstruktion av lätt vägbank bör Hyttsand läggas ut till full tjocklek innan packningsarbetet påbörjas.



Huvudbeståndsdelarna i Hyttsten och Hyttsand är kalcium (Ca), kisel (Si), aluminium (Al) samt magnesium (Mg). För en mer komplett redovisning se tabell 2. Dessa ämnen föreligger till stor del i olika komplex som t.ex. mineralet Åkermanit i Hyttsten. Tack vare dess innehåll av Ca och Mg har materialet en effekt att höja pH i dess omgivning

	totalhalt %
CaO	30,5
SiO <sub>2</sub>	34,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,3
MgO	16,2
FeO	0,5
MnO	0,6
TiO <sub>2</sub>	2,2
Na <sub>2</sub> O	0,6
K <sub>2</sub> O	0,6
S	1,1

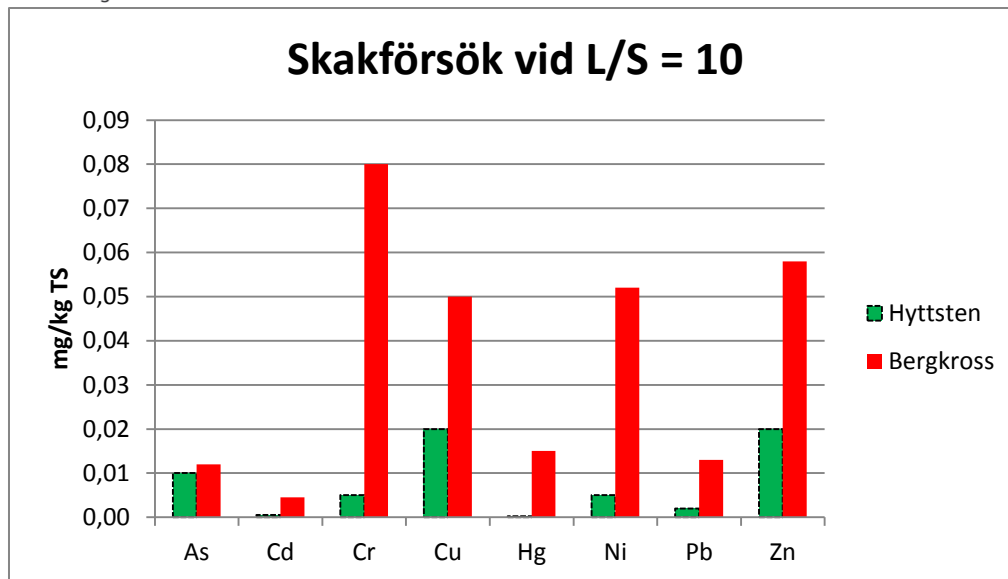
Tabell 2. Totalhalter i vikts- % i Hyttsten. Observera att värdena är omräknade till oxidform.

I lakteter utförda på Hyttsten/Hyttsand respektive bergkross uppvisar bergkross högre utlakning av flertalet tungmetaller (figur 12). Detta beror huvudsakligen på att totala innehållet av tungmetaller är mycket lågt i Hyttsten respektive Hyttsand.

I verkligheten sker en sorption (fastläggning) av metaller till Hyttsten och Hyttsand snarare än en utlakning. Sorption är ett samlingsnamn på olika processer där ett material fastlägger/binder ämnen från vätskefas till den fasta fasen (filtret). Inom begreppet sorption inkluderas adsorption (jonbyte, komplexbindning och hydrofob adsorption), utfällning samt fysikalisk blockering. Sorption förekommer naturligt överallt i naturen, men man kan även tillverka filter där funktionen är att rena smutsigt vatten med hjälp av filtret.

Hyttsten och Hyttsand har testats i flertalet studier i syfte att binda tungmetaller, fosfor och även vissa organiska föroreningar. Tanken med att binda fosfor (från sista steget i avloppsreningen) är att filtret efter mättnad ska spridas som fosforberikat jordbrukskalk.

Hyttsten/Hyttsand i en väggkropp kan fungera som ett filter och därmed kan ev. föroreningar från trafiken bindas till filtret istället för att nå recipienten. Hyttsand har bl.a. undersökts av Hallberg (2007) i syfte att binda tungmetaller från dagvatten vid Fredhällstunneln i Stockholm (4).



Figur 12. Lakning av tungmetaller från Hyttsten (2006). Lakttesterna är gjorda enligt standarden EN 12457-3 hos ALS Scandinavia. Bergkrossvärdena kommer från Ekvall et.al (2006) och är medelvärden på testat material vid skakförsök enligt samma metod.

Under vissa omständigheter kan en vit-gulaktig fällning förekomma i anslutning till användning av Hyttsten och Hyttsand. Detta kan bero delvis på materialets innehåll av reducerade svavelföreningar och kalkinnehåll samt delvis omgivningsfaktorer så som grundvattennivå och syremättnad i marken. Fällningen är ofarlig.

Hyttstens miljöpåverkan är i princip i samma storleksordning som för bergkross! Utnyttjas materialets egenskaper fullt ut kan en vägöverbyggnad byggas tunnare vilket leder till en betydande minskning av CO<sub>2</sub> utsläpp orsakade av transporter i samband med byggandet.

## 8 REDOVISNING I BYGGHANDLINGAR

Utöver normal redovisning ska för vägkonstruktioner med Hyttsten hänvisning göras till (2) samt till denna publikation. För Hyttsand gäller utöver normal redovisning hänvisning till denna publikation.

Nedan beskrivs mycket kortfattat några få objekt där Hyttsten eller Hyttsand använts. Mer ingående information om de olika objekten finns att läsa i de notat som upprättats av bl.a. VTI. Det går även bra att kontakta Merox för ytterligare information ([www.merox.se](http://www.merox.se)).

## Katrineholm

Riksväg 52 är byggd med Hyttsten i förstärkningslager. Vägen har varit föremål för en mer ingående och omfattande uppföljning och är väl dokumenterad sen uppförandet. Mätdata framtagna av VTI finns tillgängliga i (1)

## Bergshammar

På en gång- och cykelväg mellan Bergshammar och Svalsta väster Nyköping finns två sträckor med Hyttsten. Mellan de båda sträckorna finns en sträcka med krossat berg. Det går tydligt att se hur sträckan med bergkross uppvisar kraftigt försämrade egenskaper jämfört med sträckorna med Hyttsand (bilder finns under avsnitt 3.5). Trots att vägen inte är dimensionerad som en normal vägkonstruktion utfördes fallviktsmätningar på sträckorna.

## E4:an.

Söder om Nyköping på Europaväg 4 mellan Gammelsta och Nyköpingsbro byggår 1985 samt 1996 är förstärkningslagret utfört med Hyttsten.

Norr om Nyköping vid Lästringe har Hyttsand använts som lättfyllning vid ombyggnation p.g.a. stora sättningar i undergrunden.

## Väg 627/628 Skavsta

Vid ombyggnation av väg 627/628 samt ny infart till Skavsta flygplats har förstärkningslagren i vägen byggts med Hyttsten .

Förlängning av start/landningsbanan är utförd med Hyttsten liksom en del av taxibanan för flygplanen framför terminalbyggnaden.

## Riksväg 53 Malmköping

Söder om Malmköping på Riksväg 53 finns en ca 300 m lång sträcka där Hyttsand använts i skyddslagret då det finns en svag undergrund intill ån som rinner bredvid.

Den nya förbifarten (2007) har delvis Hyttsten i förstärkningslagret.

Utskiftning av befintligt undergrundsmaterial som ersatts med ca 1m Hyttsand på dåliga undergrundsförhållanden.

## Riksväg 57 Gnesta

Vid den västra infarten till Gnesta anlades en sträcka med Hyttsand i undergrunden åren 1994-1996. Sträckan ligger lågt i terrängen med en nära anslutning till en sjö och hade dålig bärighet varför Hyttsand sågs som ett bra alternativ. Mätningar är även gjorda på en referenssträcka intill där enbart konventionella material använts (1).

## Litteraturförteckning

1. **Carlsson, Håkan.** *Vägavsnitt med hyttsten och hyttsand – inventering genom provbelastning.* u.o. : VTI notat 16-2008, 2008.
2. **Vägverket.** *VVTBT 2007:117.* 2007.
3. **Carlsson, Håkan.** *Dimensionering av vägöverbyggnader med hyttsten.* Linköping : VTI, 2010. Dnr:2010/0291-202.
4. **Hallberg, M., Renman, G., Lundbom, T.** Treatment of highway runoff – Impact of road salt on removal of dissolved metal pollutants using reactive filters. u.o. : Opublicerad, 2007.
5. **Arvidsson, Håkan.** Treaxiell provning av hyttsten och granulerad hyttsand. *VTI notat-53.* 2001.
6. **VVK väg 2009-09.** u.o. : Vägverket, 2009:120. ISSN 1401-9612.

## BILAGOR

### Hyttsten 0/32 mm

Sikt (mm)	0,063	0,5	1	2	4	8	16	31,5	45	63
<b>Gräns max övre</b>	7	25	35	45	60	75	90	99	100	-
<b>Gräns egen övre</b>	7	16	23	35	49	66	90	99	100	-
<b>Riktvärde (%)</b>	4	11	18	26	38	55	79	99	100	-
<b>(Deklarerad typisk kurva)</b>										
<b>Gräns egen undre</b>	2	6	13	17	27	44	68	85	100	-
<b>Gräns min undre</b>	2	5	8	13	20	30	50	85	100	-

Anm. Kornstorleksfördelningen är definierad i enlighet med SS-EN 13242 samt SS-EN 13285

### Hyttsten 0/63 mm

Sikt (mm)	0,063	1	2	4	8	16	31,5	63	90	125
<b>Gräns max övre</b>	7	25	35	45	60	75	90	99	100	-
<b>Gräns egen övre</b>	7	16	23	35	49	66	90	99	100	-
<b>Riktvärde (%)</b>	4	11	18	26	38	55	79	99	100	-
<b>(Deklarerad typisk kurva)</b>										
<b>Gräns egen undre</b>	2	6	13	17	27	44	68	85	100	-
<b>Gräns min undre</b>	2	5	8	13	20	30	50	85	100	-

Anm. Kornstorleksfördelningen är definierad i enlighet med SS-EN 13242 samt SS-EN 13285

<b>SS-EN 13242</b>	
<b>Ballast för obundna och hydrauliskt bundna material till väg- och anläggningsändamål</b>	
<b>Sortering</b>	<b>0/31,5</b>
<b>Kornstorleksfördelning</b>	<b>G<sub>A</sub> 85</b>
<b>Kornform hos grov ballast</b>	<b>NPD</b>
<b>Korndensitet</b>	<b>NPD*</b>
<b>Vattenabsorption</b>	<b>NPD*</b>
<b>Renhet:</b> Finmaterialhalt Finmaterialkvalitet	<b>f<sub>7</sub></b> <b>NPD</b>
<b>Andel korn med krossade och brutna ytor hos grov ballast</b>	<b>NPD</b>
Vidhäftning mellan grov ballast och bituminösa bindemedel	<b>NPD</b>
<b>Motstånd mot fragmentering hos grov ballast</b>	<b>LA<sub>25</sub></b>
<b>Sammansättning/halt:</b> Syralösligt sulfat Total svavelhalt Beståndsdelar som förändrar bindnings- och hårdnandeförloppet hos hydrauliskt bundna material	<b>AS<sub>1,0</sub></b> <b>S<sub>2</sub></b> <b>NPD</b>
<b>Motstånd mot nötning hos grov ballast</b>	<b>M<sub>DE</sub>20 **</b>
<b>Farliga ämnen:</b> Utsläpp av tungmetaller genom lakning Utsläpp av andra farliga ämnen	<b>NPD**</b> <b>NPD</b>
”Sonnenbrand” hos basalt	<b>NPD</b>
Frostbeständighet	<b>F<sub>1</sub> *</b>
<b>Volymstabilitet:</b> Dikalciumsilikatsönderfall Järnsönderfall	<b>NPD*</b> <b>NPD*</b>

\* Analyserat 2008 i samband med typprovning – Analysresultat kan erhållas på begäran.

\*\* Analyseras 1 ggr/år – Analysresultat kan erhållas på begäran.



## Deklaration enligt EN 13285 och Vägverkets krav VV Publ. 2005:39

Sikt (mm)	0,063	0,5	1	2	4	8	16	31,5	44	63
Gräns max övre	7	25	35	45	60	75	90	99	100	-
Gräns egen övre	7	16	23	35	49	66	90	99	100	-
Riktvärde (%) (Deklarerad typisk kurva)	4	11	18	26	38	55	79	99	100	-
Gräns egen undre	2	6	13	17	27	44	68	85	100	-
Gräns min undre	2	5	8	13	20	30	50	85	100	-

<b>Sortering</b>	<b>0/31,5</b>
<b>Renhet:</b>	
Finmaterialhalt minsta	LF <sub>2</sub>
Finmaterialhalt största	UF <sub>7</sub>
<b>Överkorn</b>	<b>OC<sub>85</sub></b>
<b>Kornstorleksfördelning</b>	<b>G<sub>c</sub></b>
<b>Laboratorietorrdensitet</b>	<b>NPD*</b>
<b>Optimal Vattenkvot</b>	<b>NPD*</b>
<b>Vattenlösligt sulfat</b>	<b>NPD*</b>
<b>Värmekonduktivitet</b>	<b>NPD*</b>
<b>Totalhaltstest</b>	<b>NPD**</b>

\* Analyserat 2008 i samband med typprovning – Analysresultat kan erhållas på begäran.

\*\* Analyseras 1 ggr/år – Analysresultat kan erhållas på begäran.