



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R11: 1977

242

Ökad användning av bergkrossmaterial

Byggnadsstatik

**Bedömning av möjligheter och
erforderliga åtgärder för att
spara naturgrusmaterial**

Lennart Wickman

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R11:1977

ÖKAD ANVÄNDNING AV BERGKROSSMATERIAL

Bedömning av möjligheter och erforderliga
åtgärder för att spara naturgrusmaterial

av civ ing Lennart Wickman

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
740300-5 från Statens råd för byggnadsforskning
till Orrje & Co - Scandiaconsult, Stockholm.

Nyckelord:
betongballast
materiallegenskaper
grushushållning
naturgrus
krossmaterial
stenkrossning
fördelning grus/bergkross

UDK 622.36
622.7
691.322

R11:1977

ISBN 91-540-2659-8
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1977

INNEHÅLLSFÖRTECKNING		Sid
INLEDNING		5
FIGURFÖRTECKNING		6
TABELLFÖRTECKNING		7
BETECKNINGAR OCH FÖRKORTNINGAR		8
1	LITTERATURGENOMGÅNG	9
1.1	Litteraturstudiernas omfattning	9
1.2	Gällande bestämmelser och anvisningar	10
1.2.1	Betongkonstruktioner	10
1.2.2	Vägar	11
1.2.3	Övriga anläggningar	11
1.3	Materialegenskaper och kvalitetsaspekter	12
1.3.1	Betongkonstruktioner	12
1.3.2	Vägar	13
1.3.3	Utländska materialsynpunkter	14
1.4	Brytnings- och behandlingsmetoder	15
1.5	Kostnadsaspekter	16
1.6	Förutsättningar för ökad berganvändning	16
1.7	Sammanfattning	18
2	MATERIALEGENSKAPER OCH KVALITETSASPEKTER	19
2.1	Inledning	19
2.2	Materialegenskaper hos betongballast	20
2.2.1	Bergarter	20
2.2.2	Kornfördelning	20
2.2.3	Halt av organiska föroreningar	21
2.2.4	Fukthalten i ballast	21
2.2.5	Krossytegrad	21
2.2.6	Kornform, ytstruktur, vidhäftning	22
2.2.7	Hållfasthet m m	22
2.2.8	Beständighet	23
2.2.9	Beläggningar på kornytor, klumpar etc	24
2.3	Materialegenskaper hos vägballast	24
2.3.1	Bergarter	25
2.3.2	Kornfördelning	25
2.3.3	Hållfasthet	26
2.3.4	Övriga synpunkter	27
2.4	Materialegenskaper för material till några övriga ändamål	28
2.5	Sammanfattning	29
3	BRYTNINGS- OCH BEHANDLINGSMETODER	31
3.1	Naturgrusproduktion	31
3.1.1	Brytning	31
3.1.2	Transporter	32
3.1.3	Sortering	32
3.1.4	Krossning	32
3.1.5	Lagerläggning och distribution	33

	Sid	
3.2	Produktion av bergkrossmaterial	33
3.2.1	Borrning och sprängning	34
3.2.2	Lastning och transport till krossverk	34
3.2.3	Förkross	34
3.2.4	Utjämningslager	34
3.2.5	Efterkross	34
3.2.6	Eftersortering och lagerläggning	35
3.2.7	Sammanfattning	35
4	PRISSÄTTNINGSAKTORER	38
4.1	Inledning	38
4.2	Råmaterial	39
4.3	Brytning	39
4.4	Behandling	39
4.5	Administration, marknadsvariationer, vinst etc	40
4.6	Tillämpningsexempel	40
4.7	Transporter	42
5	ÖKAD ANVÄNDNING AV BERGKROSSMATERIAL	47
5.1	Marknaden	47
5.1.1	Nuvarande fördelning på naturgrus och krossmaterial	47
5.1.2	Framtida materialfördelning	48
5.1.3	Erforderlig marknadsstorlek	48
5.2	Grusbristområden	49
5.3	Grus- eller bergtäkt. Påverkande faktorer	50
5.3.1	Myndigheternas styrning av materialhanteringen	50
5.3.2	Materialanvändarens önskemål	51
5.3.3	Företagens val mellan grustäkt och bergtäkt	51
5.4	Lokalisering av bergtäkter	52
5.5	Kan nuvarande förbrukningsmönster ändras?	53
5.6	Standardisering av krossverk och materialfraktioner	53
5.7	Ökning av bergkrossandelen	54
Bilaga 1	NATURGRUS- OCH BERGKROSSMATERIAL: BENÄMNINGAR OCH FRAKTIONER	58
Bilaga 2	REFERENSER	60
Bilaga 3	BIBLIOGRAFI	64
	SAMMANFATTNING OCH REKOMMENDATIONER	70
	REFERAT	75

INLEDNING

Landets naturgrustillgångar är begränsade. Förbrukningen av material har under efterkrigstiden ökat markant och detta har medfört att bristregioner redan uppstått. Naturgruset används ofta för ändamål, där man i stället skulle kunna utnyttja bergkrossprodukter.

För att skaffa underlag för bedömning av vilka områden, som från användningssynpunkt skulle beröras om bergkrossanvändningen ökades, har föreliggande studier av olika teknisk-ekonomiska faktorer utförts. Avsikten med utredningen har varit att studera hur materialvalet i produktion och konsumtion sker. Utredningen syftar också till översyn av möjligheterna att förändra bestämmelser och brytningsmönster, så att större andel av förbrukningen kan överföras till bergkrossmaterial för att uppnå bättre hushållning med landets resurser.

Utredningen har omfattat litteraturgenomgång av svensk och utländsk litteratur, studier av erforderliga tekniska materialkrav för användningsområden såsom betong, vägar etc. I utredningen har vidare som orientering behandlats olika brytnings- och behandlingsmetoder i produktionen jämte faktorer som påverkar materialpriset. Slutligen har diskussion av förutsättningarna för ökad användning av bergkrossmaterial genomförts.

Förutom från litteraturstudier har material erhållits från olika inom branschen verksamma företag. Några fältstudier har ej genomförts.

Värdefulla synpunkter och råd har under arbetets gång erhållits från en referensgrupp av följande sammansättning:

Civ. ing.	Mauritz Rahlén, ordf. f.d. överingenjör vid AB Skånska Cementgjuteriet
Avd. dir.	Arne Krigström, Statens Naturvårdsverk
Civ. ing.	Tord Lindahl, Svenska Byggnadsentreprenörföreningen
Lab. chef	Göran Ottosson, Statens Provningsanstalt
Avd. dir.	Rune Wiklund, Statens Vägverk
Ingenjör	Torsten Selin, AB Armerad Betong

FIGURFÖRTECKNING

Sid

Figur 1.	Rekommenderat läge för siktkurva för betongframställning	20
2.	Kantighet - flisighet	22
3.	Tryckhållfasthet hos några svenska bergarter	23
4.	Rekommenderat läge för siktkurva för bärlager	25
5.	Samband mellan sprödhetstal och flisighetstal	26
6.	Sliptalsområden för några bergarter	27
7.	Beteckningar för rörgravsfyllning	28
8.	Flödesschema för behandling av naturgrusmaterial	36
9.	Flödesschema för behandling av bergkrossmaterial	37
10.	Principiellt samband mellan tätkkapacitet och materialpris	38
11.	Sammanställning av materialpriser år 1975 (exkl transportkostnader) vid ett antal grus och bergtäkter i Stockholms-området	43
12.	Grusprisets ungefärliga sammansättning beroende på ingående delkostnader	44
13.	Transportkostnader - jordmassor och sprängsten	45
14.	Transportkostnader för jord- och sprängsten vid vägklass I	46
15.	Avståndsdifferens tätort - grustäkt contra bergtäkt	46

TABELLFÖRTECKNING

Sid

Tabell 1.	Fördelning av utvalda referenser	9
2.	Delkostnader för grus- och bergkrossframställning	40
3.	Priser i Stockholms-området (1975) för singel och makadam	41
4.	Medelpriser för några utvalda fraktioner	41
5.	Förbrukningens fördelning på naturgrus och bergkrossmaterial	47
6.	Antagen framtida förbrukningsfördelning	48

BETECKNINGAR OCH FÖRKORTNINGAR

Ballastmaterial	Benämning på material av sten, grus eller sand som blandas med bindemedel, t ex med asfalt till asfaltmassa utgör material till väggroppen över terrassytan
Bergkrossmaterial	Produkt framställd genom krossning av berg.
Krossgrus	Produkt framställd genom krossning av naturgrusmaterial. Av materialet krossas endast en del, medan återstoden passerar genom krossen utan att påverkas.
p	= person
Mkr	= 1 000 000 kronor
1 Mt = 1 megaton	= 1 000 000 ton
1 Gt = 1 gigaton	= 1 000 000 000 ton

1 LITTERATURGENOMGÅNG

1.1 Litteraturstudiernas omfattning

Föreliggande litteraturgenomgång omfattar olika aspekter på material av naturgrus- eller bergkrosstyp. Studierna har omfattat anvisningar och bestämmelser, som gäller för materialet i dag och egenskaper, som närmare undersöks, innan materialet kan godkännas. Litteraturgranskningen har vidare omfattat nu tillämpade metoder för framställning av sten- och grusmaterial, vilka faktorer som bestämmer produktens pris samt nuvarande trender i valet mellan naturgrus- och bergkrossmaterial.

Litteratursökning har skett dels genom Institutet för Byggdokumentation, dels genom biblioteket vid Statens Väg- och Trafikinstitut. Dessutom har genomgång gjorts vid andra bibliotek såsom Tekniska Högskolans, Cement- och Betonginstitutets etc.

Totalt har 365 referenser studerats. Av dessa har 48 referenser bedömts som direkt användbara för projektet och finns angivna under "Referenser". Därjämte har ytterligare 82 referenser av visst intresse valts ut och redovisats under "Bibliografi".

En fördelning av dessa 130 utvalda referenser på betongfrågor, vägfrågor och övriga anläggningar (fyllningar för vägbankar, rörgravar, planerade ytor, grundkonstruktioner etc) jämte allmänna frågor redovisas i tabell 1.

	Svensk litteratur	Utländsk litteratur	Summa referenser
Betongfrågor	23	8	31
Vägfrågor	22	25	47
Övriga anläggningar	34	18	52
Summa	79	51	130

Tab 1. Fördelning av utvalda referenser.

Den utländska litteraturen inom det studerade området föreföll något mer begränsad enligt de efterforskningar som utförts. Detta torde bero på att det i de flesta andra länder råder helt andra förhållanden i Sverige på sten- och grusområdet.

1.2 Gällande bestämmelser och anvisningar

1.2.1 Betongkonstruktioner

Bestämmelser för betongkonstruktioner, B5, 1973, behandlar i sina materialrekommendationer såväl naturgrus- som bergkrossmaterial. Bestämmelserna upptar en rad kvalitetsfordringar samt krav på provning av materialet. Krossytegraden hos levererad stenfraktion får således variera högst 15 procentenheter inom viss leverans. Enligt bestämmelserna jämförelses bergkrossmaterial med naturgrusmaterial.

Grus- och Makadamföreningens "Kvalitetsbestämmelser för grus- och makadammaterial att användas som betongballast" ger regler för tillverkning, kvalitetsfordringar och kontroll enligt övriga gällande bestämmelser, varvid naturgrus jämförelses med bergkrossmaterial.

FAB 1974, Bestämmelser för tillverkning och kontroll av fabriksbetong jämförelses också naturgrus- och bergkrossmaterial i sitt materialval. Fordringarna överensstämmer i huvudsak med de i B5 ovan angivna.

Vattenfalls Betonghandbok 1972 ger speciellt riktlinjer för utförande av Vattenfalls uppdrag och är därmed ingen allmän anvisning.

Handboken tar upp såväl naturgrus- som bergkrossmaterial, men anger dock "... Där så är möjligt, bör man använda natursand och singel till betong, eftersom naturmaterial i regel har en bättre kornform och därigenom ger en smidigare och mer lättarbetad betongmassa än krossmaterial. Krossand medför normalt en väsentlig ökning av betongmassans vattenbehov och bör därför endast användas i tvingande fall, då lämplig natursand ej kan erhållas till rimlig kostnad...".

Det heter vidare "... Vid användning av krossand och makadam får man dock räkna med att betongmassans vattenbehov ökar med 20 à 25 % jämfört med betong av naturmaterial. Cementhalten måste därför ökas, dock ej helt i proportion till vattenhaltsökningen...". Handboken avviker således i sin bedömning från betongbestämmelserna ovan.

1.2.2 Vägar

BYA, 1975, Byggnadstekniska anvisningar från Statens Vägverk, föreskriver att det ofta är "... fördelaktigt om bär- och förstärkningslager kan utföras av utsorterad sprängsten eller särskilt tillverkad skärv, sedan först eventuellt erforderligt tätningslager utlagts. Härigenom sparas grus- och sandtillgångarna och erhålles en god överbyggnad...".

Av BYA framgår att vid utförande av bärlager "... stabiliteten ökas ytterligare om materialet är skarpkantigt, enär den inre friktionen då är större...".

Under senare år har Vägverket i allt högre grad övergått till bergkrossmaterial och därvid förlagt nya vägar så att material från bergskärningar kunnat utnyttjas. I BYA 1975 har tillkommit ett nytt kapitel (kap 345) speciellt om bergarbeten. I detta kapitel definieras en ny överbyggnadstyp

BBÖ = berg - bitumen - överbyggnad

Denna består av

bitumenöst slitlager
bitumenstabiliserat bärlager, typ BG
bitumenbundet förstärkningslager bestående av
ett eller flera bergkrosslager och eventuellt
tätningslager

Den nya överbyggnaden är användbar för olika väg- och terrasstyper.

Mark-AMA 72 innehåller också regler för utförande av förstärknings- och bärlager. Även i denna bestämmelse likställs naturgrus- och bergkrossmaterial. I Mark-AMA:s dimensioneringstabeller för vägöverbyggnad rekommenderas något lägre lagertjocklekar än vad BYA gör för motsvarande underbyggnadstyper och fordonsintensiteter.

SJ:s materialbestämmelser upptar huvudsakligen makadam som lämpligt material. Naturgrus används ofta till bibanor eller bangårdar.

1.2.3 Övriga anläggningar

Svensk Byggnorm, BABS 1967, upptar bl a regler för grundkonstruktioner - utförande av fyllning, varvid naturmaterial och krossmaterial jämställs. För fyllning av sprängsten gäller som särskilt villkor, att materialet skall bestå av ovittrad bergart och ha beständighet mot vittring.

Mark-AMA 72 jämställer också naturgrus- och bergkrossmaterial med undantag för viss fyllning i rörgrav, där det heter "... skarpkantigt material får inte ingå i bädd avsedd för ledning av plast och ledning med speciellt yttre korrosionsskydd, såsom ledning av varmförzinkade rör och rör lindade med väv eller binda...".

Hus-AMA 72 berör grus- och bergkrossmaterial mycket litet, huvudsakligen i samband med rekommendationer till puts- och murbruk. Enbart material av naturgrus behandlas därvid.

1.3 Materialegenskaper och kvalitetsaspekter

Förbrukningen av grus- och bergkrossmaterial har stigit kraftigt från cirka 20 megaton/år (Mt/år) år 1945 till 130 å 140 Mt/år år 1975. Därvid har naturgrustillgången sinat på en del håll och sämre material har börjat användas. Samtidigt har kraven på betong och vägar ökat. Inträffade materialproblem har stimulerat intresset för studium av materialens egenskaper och sammansättning.

Materialegenskaper och kvalitetskrav är inte helt lika för naturgrusmaterial och bergkrossmaterial. Undersökningsmetoder för naturgruset är därför inte alltid helt tillämpbara för bergkrossmaterial.

1.3.1 Betongkonstruktioner

Kvalitetskrav på ballast för betong har allmänt redovisats i "Testmetoder och kvalitetskriterier för ballast till betong" av L Johansson, 1975. I artikeln redovisas dels de egenskaper, som vanligen undersöks i dag, dels sådana egenskaper, som bör undersökas i framtiden. Av faktorer, som speciellt berör krossprodukter, kan märkas exempelvis stenmjöl som fyller i betong och ballastens kornform. Denna beror till stor del på använt krossningsförfarande. Enligt artikeln används till betong för närvarande krossmaterial endast för fraktioner större än 4 å 8 mm, bortsett från viss del okontrollerad inblandning av finare material, som kan förekomma. Lokalt lär man i praktiken "dryga ut" betonggrus med bergkrossmaterial.

Beläggning på kornytor är en annan faktor som kan förekomma både vid naturgrus- och bergmaterial. Vissa bergarter har vid krossning stor benägenhet att bilda finmaterial som avsetts på kornytorna och sedermera lossnar, varvid betongens vattenbehov ökar.

Kvalitetsaspekter redovisas även i "Ballastens funktion i betong" av G Fagerlund, 1975. Denne studerar bl a samverkan mellan ballast och cementpasta. Fagerlund nämner också att ballastkornens struktur ej tycks påverka vidhäftningshållfastheten mellan cement och ballast. Naturligt material tycks ibland ge sämre vidhäftning än krossat material, vilket kan bero på föroreningar av naturmateriallets yta.

Betong med krossad ballast får vidare högre böjdraghållfasthet än med naturligt material, vilket troligen beror på ökad vidhäftning mellan stenpartiklar och cementpasta.

Den övervägande delen av den genomgångna svenska litteraturen om betongballast tar inte upp frågor som avser användning av krossat material. De faktorer som behandlas avser oftast speciella egenskaper såsom ballastens finmaterial, risken för alkalikiselsyrareaktioner, kismaterialproblem, inverkan av humus, vissa mineral som glimmer etc. Som ballastmaterial utgår författarna därvid från naturgrus. Om problemen med nämnda faktorer ökar vid en övergång till krossat material framgår ej av genomgången litteratur.

1.3.2 Vägar

Litteraturen om vägars ballastfrågor är inte lika omfattande som den om betongproblemen. Det är framför allt i frågor rörande sprödhet, flisighet, tjälfarlighet, glimmerinverkan etc hos naturgrusmaterial som dominerar. På senare år har ballasten i vägbeläggningar tilldragit sig stort intresse genom de problem dubbdäcken förorsakat.

Kvalitetskrav på ballast för vägändamål har behandlats av bl a Peet Höboda i hans "Bergmaterial till vägbyggnad", 1969, och hans "Provningsmetoder för ballastmaterial", 1975. Enligt Höboda är de provningsmetoder, som utvecklas för krossprodukter, mer av empirisk än fysikalisk natur, enär det ej är möjligt att med tillräcklig noggrannhet bedöma krossprodukters kvalitetsegenskaper från undersökningar gjorda på provkroppar.

Enligt Höboda kan det ibland vara ekonomiskt att bygga vägbärlager av bergkrossmaterial, enär detta ger bättre stabilitet än naturgrus.

Bergmaterial som innehåller viss halt av sönderfallsbenägna beståndsdelar som glimmer, vittringsprodukter eller spröd kalksten anrikas i finmaterialet vid sprängning och krossning och materialet blir flisigt, långsträckt och innehåller mikrosprickor. Detta är inte fallet med naturgrus, som består av vattentransporterade, runda och stabila korn, som alltså är den starkaste delen av ursprungskornet och som har klarat istidens nötning. Naturmaterial är därför i regel mindre sönderfallsbenäget än berggrus. Höboda nämner också undersökning av spårbildning vid simulerad trafik med lastbil. Spårbildning uppstod vid bärlager utfört av naturgrus, men endast i mindre grad vid bärlager av bergkrossmaterial.

I "Vägbyggnadsteknikens materialproblem", 1975, redogör Eric Ström för bl a olika överbyggnadstyper, som bärighetsmässigt är av samma kvalitet. Genom användning av sprängsten i stället för naturgrus kan bärlagertjockleken reduceras. Enligt Ström ersätts numera i allt högre grad naturgrus i vägar med utsprängt och krossat berg genom att vägar avsiktligt förläggs så att stora bergskärningar erhålls.

1.3.3 Utländska materialsynpunkter

De nordiska bestämmelserna är relativt lika. Skiljaktigheterna består huvudsakligen i olika gränsvärden. I Danmark innehåller ballasten olika flinttyper, vilket orsakar problem med alkalisketsyrreaktioner i betong. Detta framgår bl a av Poul Nerensts "Prøvning af grus", 1961.

I Norge finns enligt R Selmer-Olsens "Generelle bemærkninger om norske grusforekomster" relativt begränsade naturgrustillgångar, ofta ogynnsamt placerade i förhållande till förbrukningsorterna. Stora delar av landet är därjämte uppbyggt av svaga kristallina skifferar med begränsad inblandning av bergarter med goda styrkeegenskaper. Arild Colbjørnsen redogör i sin artikel "Knust sand som tilslag i betong", 1972, för försök med krossmaterial till betong.

Utomlands är förhållandena på ballastområdet i allmänhet helt annorlunda jämfört med de nordiska länderna. Det finns inga åsar med lämpligt material framställt av inlandsisen, och även det hårda urberget saknas. I stället finns lösare, sedimentära bergarter som tidigt ställt stora krav på undersökningar vid tillverkning av ballast för betong och för vägar. Detta återspeglas i litteraturen, som upptar undersökningsmetoder för ett antal olika materialegenskaper.

I engelska (British Standard) och amerikanska (ASTM) normer föreskrivs sålunda undersökningar av ett flertal olika materialegenskaper.

I "Quality concrete with crushed stone aggregate" av National Crushed Stone Association, 1974, beskrivs olika egenskaper och provningsmetoder för tillverkning av betong med ballast av enbart krossmaterial.

Utomlands varierar kraven på kvalitet för material till överbyggnader mellan länder med olika klimat och materialförutsättningar. En del av dessa variationer redovisar P Höbeda i "Översikt av några olika länders föreskrifter för bär- och förstärkningslagergrus", 1972. I England är rundat åsgrus ej tillåtet som material till bärlager utan materialet skall bestå av krossat berg.

Även i Frankrike skall bärlager för den högsta trafikbelastningen bestå av krossmaterial. Här föreligger även krav på ballastens hållfasthet som enligt Höbeda många svenska urbergsmaterial ej skulle klara.

I Tyskland gäller olika föreskrifter för bärlager av naturgrus och krossat berg. I det senare fallet tillåts något högre finmaterialhalt. Vid val av lämpligt stenmaterial till krossad ballast är enligt Höbeda slaghållfastheten på grovmakadam avgörande.

I Österrike krävs att bärlagertjockleken ökas med faktorn 1.16 om naturgrusmaterial väljs i stället för krossat material.

1.4 Brytnings- och behandlingsmetoder

Litteraturen om brytnings- och behandlingsmetoder av grus- och bergmaterial är relativt begränsad.

För naturgrusets del har en god sammanställning av olika metoder gjorts i artikeln "Grusproduktion" av Lars Löfstedt, 1975. Författaren anger bl a en rad faktorer som bestämmer produktionsmetoder samt beskriver olika moment i produktionskedjan.

För framställning av bergkrossmaterial har sammanställning av olika metoder gjorts av Boje Bojesson i "Makadamproduktion", 1975. Artikeln behandlar utförligt momentet borrhning och sprängning av berg och ger även synpunkter på krossmetoder och olika lagerproblem.

En omfattande genomgång av metoder för grus- och stenkrossning lämnas i "Miljöproblem vid krossverksanläggningar", Statens Naturvårdsverk, 1972. I utredningen redovisas de vanligaste krossverksutrustningarna jämte beskrivning av ett antal typiska krossverk med tillhörande flödesscheman.

Artikeln "Makadamframställning" av K Wickberg, 1967, ger även synpunkter på tillverkning av bergkrossmaterial.

Ytterligare belysning av utrustningar för makadamtillverkning lämnas av J Kellgren i "Transportabla krossanläggningar", 1971.

Övrig genomgången litteratur är antingen inaktuell eller behandlar någon speciell anläggning.

Utomlands är litteraturen om brytnings- och behandlingsmetoder också tämligen ringa. Genomgången litteratur är även här inaktuell eller behandlar speciella problem av typ gruvbrytning. I "Quarrying to-day" av D Patey, 1973, ges emellertid olika aspekter på olika metoder. I kapitlet "Quarrying enters the push button age" anger författaren att dagens trend inom grus- och berghantering går mot allt större utrustningsenheter och tåktor samtidigt som anläggningarna alltmer automatiseras och kontrollen centraliseras. Miljöhänsyn påverkar även i England utformning av metoder och anläggningar.

1.5 Kostnadsaspekter

Grus- och bergtäkters ekonomiska situation är föga dokumenterad i litteraturen. Priset för ett tillverkat material varierar inom vida gränser beroende på lokala förutsättningar, läge i landet samt inte minst på tillgång och efterfrågan. Priset är även beroende av storleken på täkt, täktens beskaffenhet och utrustning, av hur rationellt anläggningen är anordnad samt av produktionens omfattning.

Materialpriset kan indelas i fyra huvuddelar:

I	Grundkostnad (kostnad för råmaterial)
II	Brytnings- och behandlingskostnad
III	Transportkostnad
IV	Administration, marknadsvariation, vinst

Litteratur om punkterna I och II saknas helt. Synpunkter på dessa delar har erhållits vid kontakter med olika materialproducenter.

Transportsidans litteratur är bättre tillgodosedd. Av "Avtal mellan Statens Vägverk och Svenska Akeriförbundet", 1975, framgår kostnader för transporter av olika typer av jord- och bergmassor.

Ekonomiska synpunkter på transporter har vidare lämnats i "Utredning rörande Stockholmsregionens grusförsörjning" av N O Rydstern, 1967, samt i "Teknisk-ekonomisk utredning av möjligheten att använda morän i vägöverbyggnad" av A Johansson och G Haglund, 1970. Liknande synpunkter framgår även i "Grusförsörjning och grustransporter i västra Skåne 1971" av B Andersson, S-J Elmstål och B Friman, 1972.

Utomlands är också litteraturen för detta område mycket begränsad. Vissa kostnadsaspekter och fördelning av material på olika användningsområden i vägar framgår av "Quantities and prices in new road construction", 1969, av J G James, England.

Synpunkter på produktion och kostnader lämnas även av ovannämnda D Patey i artikeln "Quarry men face a trebled target", 1973.

1.6 Förutsättningar för ökad berganvändning

Studier över användandet av andra material än naturgrus i betong och vägar synes ha tilltagit under den senaste 10-årsperioden men gäller huvudsakligen ersättningsmaterial för vägbyggnad. Detta beror på den minskade tillgången på lämpligt naturgrusmaterial.

Förutsättningar för ökad användning av bergkrossmaterial till betong har redovisats i bl a "Testmetoder och kvalitetskriterier för ballast till betong" av L Johansson, 1975, vilken artikel behandlats i punkt 1.3.1. Ytterligare synpunkter på förutsättningarna lämnas också i den under samma punkt nämnda "Ballastens funktion i betong" av G Fagerlund, 1975.

I ett examensarbete från Tekniska Högskolan i Lund, "Undersökning av möjligheterna att använda krossat material i stället för naturgrus vid betongtillverkning" av P G Burström, L Carlsson och L G Mattisson, 1969, erhöles en bra krossbetong med goda gjutegenskaper och bra hållfasthetsvärden vid ringa ökning av cementhalten.

Enligt L Johanssons artikel används för närvarande krossat material till betong huvudsakligen för fraktioner större än 4 à 8 mm, men har börjat användas lokalt även för mindre fraktioner.

Frågor rörande ökad användning av krossmaterial diskuteras också i examensarbetet "Materialförsörjning vid vägbyggen i grusbristområden", 1970, av L Douhan och B Forss. I utredningen redogörs även för olika problem såsom hög glimmerhalt i bergmaterial i vissa områden.

Med ett större grusförsörjningsområde som grund belyser G Knutsson i utredningen "Stor-Göteborg. Grusförsörjning", 1969, hur förhållandena i ett utpräglat grusbristområde framtvingar ökad användning av andra material - bergkrossmaterial inräknat.

Av C R Mareks artikel "Supplemental Aggregates for Construction", 1972, framgår den nuvarande och beräknade ballastproduktionen i USA. Enligt artikeln ökar användningen av bergkrossmaterial från cirka 43 % år 1956 till cirka 51 % år 1985 (procent av total produktion).

Enligt Derek R Pateys ovannämnda "Quarry men face a trebled target", 1973, ligger den engelska förbrukningen för närvarande på cirka 300 megaton/år, varav bergkrossandelen utgör cirka 56 %. Denna siffra beräknas öka till 60 % år 1985.

I Sverige är den årliga förbrukningen för närvarande cirka 130 Mt/år. Detta material består av cirka 100 Mt/år naturgrus och 30 Mt/år bergkross, den senare delen utgör alltså 20 à 25 % av den totala förbrukningen. De lokala variationerna är stora. I Göteborgs-området utgör bergkrossandelen cirka 65 %. De svenska siffrorna är dock osäkra på grund av att tillförlitlig statistik saknas.

1.7 Sammanfattning

Av genomgången litteratur framgår att valet av material till betong och vägar såväl enligt gällande bestämmelser och anvisningar som från tekniska kvalitetssynpunkter kan ske i stort sett fritt mellan naturgrus- och bergkrossmaterial.

På naturgrusmaterialens pluskonto ligger bättre bearbetbarhet, mindre benägenhet för sönderfall av partikelkorn, större täthet vid betongkonstruktioner samt ett oftast lägre pris.

Fördelarna med bergkrossmaterial är bl a att det ger bättre böjdraghållfasthet och vidhäftning vid betongkonstruktioner. Som material till vägar ger krossmaterial bättre stabilitet och bärighet än okrossat material, vilket kan nyttjas antingen för att reducera materialkvantiteterna och eventuellt även kostnaderna eller för att underlätta vägbyggnadsarbetet.

Brytnings- och behandlingsmetoder jämte kostnadsaspekter är i litteraturen föga behandlade.

Utomlands, där tillgången på naturgrusmaterial som regel är mer begränsad än hos oss, har bergkrossmaterial kommit till större användning. Andelen bergkross, som i Sverige utgör 20 å 25 % av den totala förbrukningen, ligger sålunda i USA på omkring 45 % och i England på 55 å 60 %.

2 MATERIALEGENSKAPER OCH KVALITETSASPEKTER

2.1 Inledning

Det ballastmaterial, som ingår i betong eller i en väggkropp, måste enligt gällande normer uppfylla vissa kvalitetskrav beroende på användningsområdet.

För betongens del utgör ballasten huvudbeståndsdelen med cirka 70 % av betongens fasta volym. Från början betraktades ballasten, som namnet anger (= onyttig last), mer som ett fyllnadsmaterial i betongen i stort sett utan nämnvärd teknisk funktion.

Det ballastmaterial, som finns i Sverige, har dock som regel gett en betong av godtagbar kvalitet. Vid undersökning av skadeorsaker beroende på exempelvis alkali-kiselsyrareaktioner, glimmermaterial, humushaltig sand, kislermaterial etc, har ballastens funktion alltmer kommit att uppmärksammas. Den är fortfarande inte helt klarlagd, men studier pågår främst av olika materialegenskaper.

Enligt de statliga betongbestämmelserna, B5 - 1973, skall rutinmässig kontroll av betongballast göras av använd ballastfraktion, kornfördelning, halter av organiska föroreningar och fina partiklar samt av krossytegrad och stenmjölmängd.

Nedan studeras hur egenskaperna hos betong varierar med ingående mängd krossat material.

Vid anläggning av vägar har Vägverket under senare år alltmer sökt förlägga vägsträckningar till bergterräng så att bergskärningar uppkommer, varvid uttaget material kan användas för uppbyggnad av den blivande vägens terrassyta. Överskottsmassor utnyttjas till uppbyggnad på väggkroppen på terrassytan. Sådana massor ingår inte i de värden på årlig förbrukning av sten och grus, som redovisas under punkt 5.1.1.

Övrigt ballastmaterial till vägar används dels till uppbyggnad av väggkroppens förstärknings- och bärlager, dels ingående i vägbeläggningar. Metoder för undersökning av några materialegenskaper utvecklades tidigt - främst då provning av slag- och tryckhållfasthet. Senare kom bestämning av materialens flisighets- och sprödhetstal, ballastfraktioner och lämpliga kornfördelningar. Därjämte har materialens egenskaper att motstå inverkan av trafik, t ex genom användning av däckdubbar, behandlats.

Under punkt 2.3 studeras nuvarande synpunkter på erforderliga kvaliteter för material till vägar jämte eventuella för- och nackdelar vid övergång till krossprodukter vid vägbyggnad.

2.2 Materialegenskaper hos betongballast

2.2.1 Bergarter

Enligt de statliga betongbestämmelserna skall ballastmaterial till betong vara beständigt. Detta innebär att i ballasten ingående bergarter lämpligen utgörs av granit, gnejs, kvartsit, grönsten eller hård, tät kalksten.

De bergarter, som bör undvikas, är vittrande bergarter, skifferar, material med hög glimmerhalt, lösa och porösa kalkbergarter, kishaltiga bergarter samt material innehållande alkalilöslig kiselsyra (finns i flinta, fyllit och i kvartsitiska bergarter från främst fjällregionen).

De i ett material ingående bergarterna bestäms genom petrografisk granskning i mikroskop.

2.2.2 Kornfördelning

Enligt betongbestämmelserna skall ballasten uppdelas på erforderligt antal fraktioner. För en fraktion skall kornfördelningen vara sådan att siktkurvan för materialet faller inom i fig 1 angivet område.

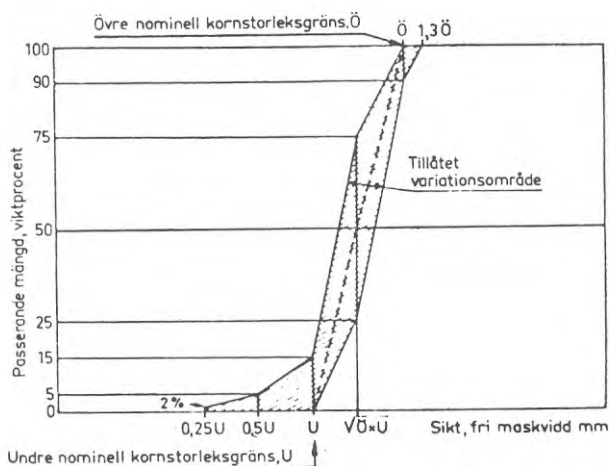


Fig 1. Rekommenderat läge för siktkurva för betongframställning.

Figuren innebär att

Högst 10 % av materialet får vara större än övre kornstorleksgränsen Ö
 Maxstorlek 1,3 Ö
 Högst 15 % får vara mindre än undre kornstorleksgräns U
 Minimistorlek 0,25 U

Förhållandet $f = \frac{\bar{O}}{\bar{U}}$ får vara

Betongklass I
2,5

II, III
3,4

Alltför fin- eller grovkornigt material gör att den färdiga betongen får stort vattenbehov, dålig sammanhållning och bearbetbarhet. Graderingen bör vara sådan, att så få hålrum som möjligt uppkommer.

Som kvalitetskriterium för ballastens gradering används även "finhetsmodulen", vilken utgörs av ytan ovanför siktkurvan i ett diagram ned till 0,125 mm kornstorlek. Varierar graderingen, varierar även finhetsmodulen, vilket påverkar betongens vattenbehov och vid konstant cementhalt även betongens slutliga hållfasthet. Väsentligt är därför att hålla variationerna i siktkurvan till ett minimum.

Fillerhalten - dvs material mindre än 0,125 mm - har stor betydelse för betongens egenskaper såsom konsistens (arbetbarhet), hållfasthet och täthet.

Vid användning av naturgrus- eller bergkrossmaterial kan samma kornfördelningar erhållas. Skillnaden mellan materialen ligger huvudsakligen i kornformen.

2.2.3 Halt av organiska föroreningar

Enligt Betongbestämmelserna skall ballastens halt av organiska föroreningar, humus, undersökas. Provet blir huvudsakligen aktuellt på naturgrusmaterial.

2.2.4 Fukthalten i ballast

Ballastens fukthalt består dels av ytfukt mellan och på de enskilda kornen, dels av fukt inne i kornens porer. Varierar fukthalten påverkar detta vattencementtalet och därmed betongens konsistens och hållfasthet. Provning av materialets fuktkvot måste därför enligt bestämmelserna ofta göras.

2.2.5 Krossytegrad

Med krossytegrad menas hur stor viktprocent av ett material som består av naturliga ytor, allt krossytor, varvid naturmaterial har krossytegrad = 0 och material med krossytor på alla sidor krossytegraden = 100. Krossytegraden 30/40 anger att 30 viktprocent av materialet består av sten med krossytor på alla sidor och att 40 viktprocent består av helt okrossat material. Enligt betongbestämmelserna får krossytegraden variera högst 15 procentenheter i en leverans.

De ovan beskrivna kvalitetsegenskaperna kontrolleras i dag vid betongframställning. Vid användning av bergkrossmaterial behöver ytterligare egenskaper beaktas.

2.2.6 Kornform, ytstruktur, vidhäftning

Kornformen hos svensk natursand och naturgrus är vanligen mer eller mindre rund. De finare fraktionerna är däremot obetydligt nötta och alltså relativt kantiga.

Kornformen hos krossprodukter är mycket flisigare än hos naturprodukten. Kornformen kan påverkas betydligt genom lämpligt val av krossningsmetod.

Ytstrukturen, dvs en beskrivning av om kornets yta är slät, skiffrig eller skrovlig, beror på materialets petrografiska sammansättning.

Kornformen brukar normalt beskrivas med flisighet, kubicitet, kantighet, rundning. Flisigheten belyser förhållandet mellan kornets bredd och tjocklek, men tar inte hänsyn till kornlängden, se figur 2.

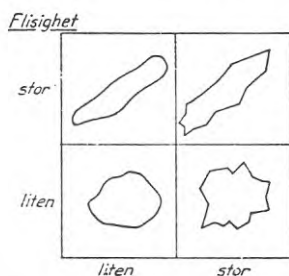


Fig 2. Kantighet - flisighet

Kornformen har stor betydelse främst för den färska betongens egenskaper. Vid ett flisigare material ökar bl a materialets hålrumsprocent.

Den råare ytan hos krossmaterial gör att en betong med detta material får högre hållfasthet än om naturmaterial använts. Ytans struktur tycks däremot ej påverka cementets vidhäftning, men denna blir dock ofta högre vid krossmaterial än vid naturmaterial. Detta anses bero på bl a naturmaterialets föroreningar. För närvarande är mycket litet känt om vidhäftningsegenskaperna.

Vid övergång från naturgrus till krossmaterial med kontrollerad kornform bör alltså en viss ökning av hållfasthet och vidhäftning kunna uppnås. Av speciellt intresse blir detta i framtiden, då kraven på högre hållfastheter kommer att öka - enligt uppgift till hållfasthetsklassen 100 MPa och högre.

2.2.7 Hållfasthet m m

De svenska bergartsmaterial, som används till betong, har vanligen tryckhållfastheter, som betydligt överstiger den eftersträlvade betongtryckhållfastheten.

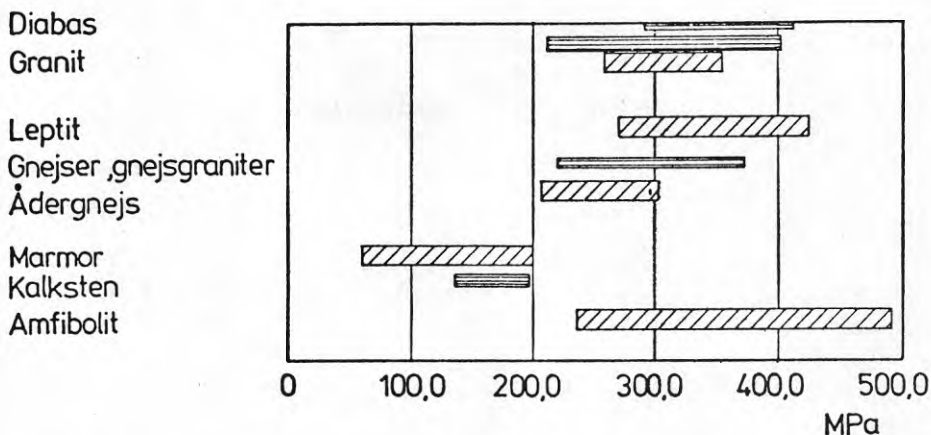


Fig 3. Tryckhållfastheten hos några svenska bergarter enligt L Johansson, Cement- & Betonginstitutet, 1975.

Ballastens hållfasthet bör vara cirka 2 å 2,5 gånger den önskade betongbrotthållfastheten.

2.2.8 Beständighet

Det använda materialet måste vara sådant att det inte faller sönder vid påverkan av vatten, temperaturväxlingar, frost eller kemiska reaktioner.

För att motstå normala temperaturväxlingar erfordras att ballastens temperaturutvidgningskoefficient överensstämmer med cementpastans. Avvikande material i detta avseende är produkter innehållande stora kalkspatkristaller.

Frostens inverkan beror på materialets uppbyggnad. För god frostbeständighet krävs låg porvolym, som ger låg vattenuppsugning. Material innehållande porös kritkalksten och skifferar har ofta sämre motståndsförmåga mot frost. Rekommendationer anger halten skifferar till högst 10-15 % för att ge frostbeständig betong.

I Sverige har av kemiska reaktioner mellan ballast och cement främst uppmärksammats alkali-kiselsyrareaktionerna och reaktioner från kishaltiga bergarter. I den förra reagerar ballastens kiselsyra med alkali i cementet med skador på betongen som följd. Alkalilöslig kiselsyra förekommer i flinta, i fylliter samt i blå kvartsitiska bergarter i fjällkedjan.

Kishaltiga bergarter har i Sverige orsakat svåra betongskador genom sulfatreaktion, varigenom betongen sväller och förstörs. De bergarter som bör undvikas för betong är främst magnetkis och svavelkis.

2.2.9 Beläggningar på kornytor, klumpar etc

På ballastkornen kan ibland förekomma beläggningar av finmaterial, t ex lera och mjäla. Mellan kornen kan klumpar av sammankittade fina korn förekomma. I krossat material kan vissa bergarter orsaka en hopkittning av finmaterial.

Vid betongtillverkning medför sådana beläggningar och klumpar stundom för hög finmaterialhalt och oftast så stora variationer i densamma, att betongens kvalitet försämras. Med material från rationellt drivna bergkrossverk kan dessa olägenheter undvikas.

2.3 Materialegenskaper hos vägballast

Grus- och bergkrossmaterial, som används vid vägbyggnad, går i princip till följande anläggningsdelar i vägens överbyggnad:

- slitlager (beläggning)
- bärlager
- förstärkningslager
- tättningslager.

Därvid ställs olika krav på materialets kvalitet beroende på funktionen.

Enligt BYA: "Vägens överbyggnad skall uppta och till materialet under terrassytan fördela de av trafiken förorsakade påkänningarna utan att några nämnvärda, bestående deformationer uppkommer vare sig i överbyggnad eller i materialet under densamma...". Påkänningarna på väggropen är störst vid vägytan, varför kvalitetskraven på materialet avtar mot djupet.

Överbyggnadens dimensioner bestäms med hjälp av dimensioneringstabell i BYA med hänsyn till i terrassen befintligt material och blivande trafikbelastning.

För förstärkningslagrets ballast är kraven huvudsakligen god hållfasthet, lämplig kornfördelning och kornstorlek samt ej tjälfarligt material. Till gruppen icke tjälfarliga jordarter hänförs enligt BYA "alla mineraljordarter, vilkas siktkurva faller under 16 % vid 0.074 mm sikt. Siktningsanalysen skall utföras på den del av materialet, som är mindre än 16 mm. Till denna grupp hör även de mineraljordarter, som har en kapillaritet, som är mindre än 1,0 m".

För bärlagret gäller motsvarande kvalitetskrav samt dessutom krav på största kornstorlek och för krossmaterial lägsta krossytegrad.

För asfaltbeläggningar finns krav på vissa bergarter med god hållfasthet mot krossning och nötning. Materialet skall vidare ha föreskriven kornfördelning, god renhet etc.

2.3.1 Bergarter

För förstärkningslager och bärlager önskas som regel en bergart med god hållfasthet mot nedkrossning. De vanliga svenska urbergsmaterialen uppfyller normalt detta krav. Vittrade eller glimmerrika bergarter bör dock undvikas.

Till beläggningar eftersträvas en hård, seg bergart, motståndskraftig mot krossning och nötning. BYA rekommenderar här finkornig granit, diorit, diabas, basalt och kvartsit. Det är framför allt nötning från dubbdäck under de senaste decennierna, som ligger bakom denna rekommendation. På grund av angrepp från däckdubbar ställs speciella krav på slitlagret i beläggningar. När en däckdubb angriper beläggningssytan, avlägsnas först asfaltmassan mellan ballasten så djupt dubben når, varefter ballastkornen slits loss. Enligt Sillén skall ballastmaterialet vara finkornigt, ha starka kornfogar och vara sammansatt av hårda mineralkorn med hög slitstyrka.

2.3.2 Kornfördelning

Material till förstärkningslager får ej vara tjälfarligt - enligt BYA skall högst 10 % av materialet under 50 mm passera sikt 0.074 mm. Största stenstorlek får ej uppgå till mer än halva förstärkningslagrets tjocklek. Med material av sprängsten kan enligt BYA exempelvis fraktionen 60-200 mm väljas. Materialet 0-60 mm har då bortsorterats och uppdelats på lämpliga fraktioner till tätningslager på terrassyta samt till tätning och avjämning av förstärkningslagrets överyta.

För bärlagret skall enligt BYA naturgrus eller bergkross ha sådan sammansättning att dess siktkurva överallt faller inom i figur 4 angiven zon. Siktkurvan skall ha ett kontinuerligt förlopp jämnloppande med gränskurvorna och fraktioner mindre än 8 mm får ej skära mer än högst två av de streckade linjerna.

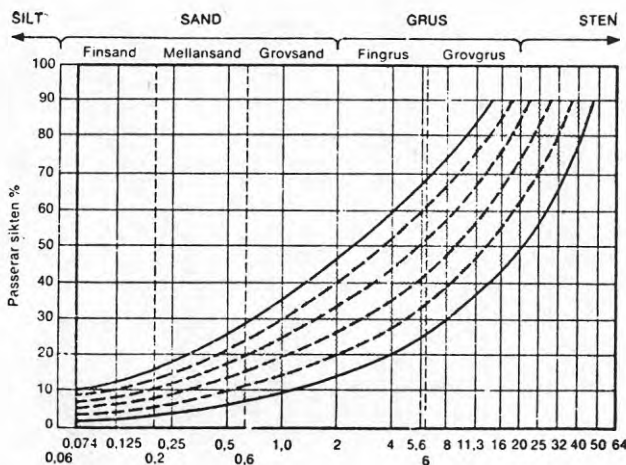


Fig 4. Rekommenderat läge för siktkurva för bärlager.

Särskilt eftersträvas så låg finjordshalt som möjligt. Största stenstorlek skall normalt vara mellan 30 och 50 mm. Det är väsentligt att i olika väglager använt material ej bryts ned till mindre fraktioner under byggnadstiden, då lagren utsätts för viss trafik. Speciellt måste undvikas att finmaterialet ökar.

2.3.3 Hållfasthet

I BYA finns inga direkta krav på hållfasthet hos bär- och förstärkningslager. Det föreskrivs endast att materialet skall "vara av så god beskaffenhet att det ej krossas i nämnvärd grad under trafikens inverkan eller vittrar sönder".

Vid framställning av beläggingsmaterial (slitlager) undersöks i regel materialets styrkegrad enligt BYA med samband enligt figur 5.

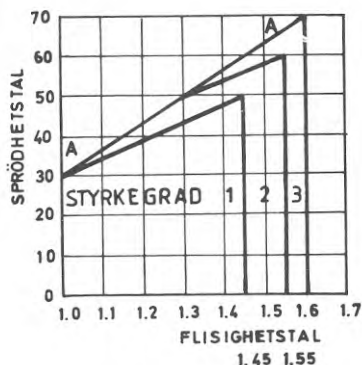


Fig 5. Samband mellan sprödhetstal och flisighetstal.

För att bestämma styrkegraden beräknas materialets flisighetstal och sprödhetstal enligt följande.

Vid bestämning av flisighetstalet används dels en kvadratisk sikt, dels en s k stavsikt. Förhållandet mellan siktkurvornas kornstorlek vid 50 viktsprocent passerande mängd anger flisighetstalet. Talet bestäms vanligen för vägmateriäl men som regel inte för betongmateriäl.

För vägmateriäl bestäms vidare det s k sprödhetstalet, vilket är den procentuella materiälmängd, som är mindre än tidigare undre kornstorleksgräns efter ett standardiserat slagprov med upprepade slag.

För krossmateriäl erhålls ogynnsammare värden på sprödhetstal än för naturmateriäl av samma bergart beroende på kornformen. Krossat, flisigt materiäl går lättare sönder vid en slagprovning.

Materialets styrkegrad kan dock variera beroende på t ex använd kross och krossningsmetod. Styrkegrad är alltså ingen materialkonstant.

För ett materials hållfasthet väsentliga faktorer är kornstorlek hos ingående mineral, kornfogning och vittring. Material med stora mineralkorn får i regel dålig hållfasthet. Vissa mineral, såsom glimmer, ger i regel dålig kornfogning och låg hållfasthet.

För beläggningsmaterial är även nötningmotståndet av intresse efter dubbdäckens införande. Arbete med att finna lämplig provningsmetodik pågår. En metod som undersöks är att bestämma sliptalet för en viss fraktion av en bergart. Materialet placeras härvid under belastning under en slip-skiva, som roterar ett visst antal varv. Enligt P Höbeda har därvid ungefärliga sliptal erhållits för några olika bergarter. Dessa redovisas i figur 6.

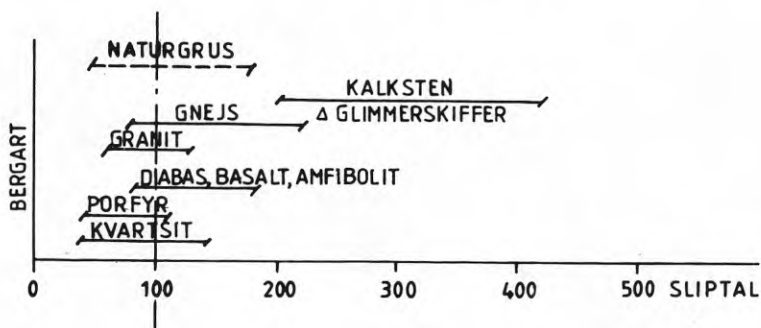


Fig 6. Sliptalsområden för några bergarter.

2.3.4 Övriga synpunkter

Vid tillverkning av bituminösa beläggningsmassor ställs mycket hårda krav på stenmaterialet med avseende på kornform, kornfördelning, densitet, hållfasthet och vidhäftningsegenskaper. Massan ges sådan sammansättning att den efter kompression innehåller 3 ä 4 % hålrum, vilket endast är möjligt om man arbetar med ett likformigt material. Med hänsyn till vidhäftningen måste allt stenmaterial torkas vid temperaturer över 100°C.

Efter torkningen sorteras materialet i varmt tillstånd i så många fraktioner att siktkurvan kan hållas konstant under arbetets gång. Material av konstant densitet är därvid nödvändigt. Krossanläggningar för framställning av material för beläggningsändamål kännetecknas av att sorteringsutrustningen är omfattande och att krossgodset utsorteras i samma fraktioner, som erfordras för styrning av krosskurvan efter materialets torkning.

2.4 Materialegenskaper för material till några övriga ändamål

Övriga områden med behov av ballastmaterial är exempelvis

grundkonstruktioner för hus
 fyllning för planerade ytor (gräsmattor, parkeringsplatser)
 fyllning för vägbankar
 fyllning i rörgravar för ledningar
 framställning av puts- och murbruk m m.

Bestämmelser för utfyllnadskonstruktioner finns bl a i Statens Planverks "BABS" samt i Mark-AMA 72.

Enligt BABS gäller för fyllning av friktionsjord typ naturgrusmaterial:

Fyllningens halt av finjord - jordmaterial med kornstorlek mindre än 0.074 mm - bör vara högst 10 % räknat på den del av materialet, vars kornstorlek är mindre än 16 mm.
 Fyllningens största stenstorlek bör normalt vara högst 100 mm.
 Beroende på packningsmetod kan som största stenstorlek 150 mm tillåtas.

För fyllning av sprängsten gäller att materialet skall utgöras av ovittrad bergart och ha tillfredsställande beständighet mot vittring. Största stenstorlek bör uppgå till högst 2/3 av lagertjockleken.

Samma regler för sprängsten gäller enligt Mark-AMA 72. För fyllning med sprängsten för grundläggning av hus får därjämte finkornshalten inte överstiga 10 %.

Ledningsbädd för kulvertledning utförs enligt Mark-AMA med "singel 16-32 mm eller makadam 16-25 mm. Överytan avjämnas med singel 8-16 mm eller finmakadam".

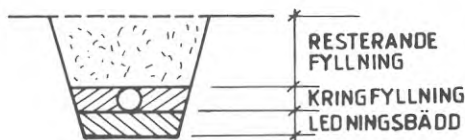


Fig 7. Beteckningen för rörgravsfyllning.

För ledningsbädd för rörledning, se figur 7, kan naturgrus eller bergkrossmaterial användas. Största stenstorlek får dock uppgå till högst 50 mm. För ledning av plast och ledning med speciellt yttre korrosionsskydd får skarpkantigt krossmaterial ej användas.

För kringfyllning gäller i huvudsak samma regler som för ledningsbädd för rörledning.

För resterande fyllning kan användas såväl naturgrus som bergkrossmaterial, i vilket får ingå "sprängskärv, krosskärv eller samkross". Största stenstorlek får uppgå till högst 2/3 av lagertjocklek efter packning, dock högst 300 mm jämnt fördelade i fyllningen.

Till bruk för murning och putsning används enligt Dürrkop m fl gnejs, kalksten och kvarts och andra material med god hållfasthet och beständighet, medan exempelvis skiffer, sandsten, glimmermaterial och täljsten undviks. För materialet gäller att det skall ha gynnsam kornform och lämplig kornstorleksfördelning. Fraktionsområdet ligger vanligen i området 0-5 mm. Såväl naturmaterial som bergkrossmaterial kan användas. Vid valet beaktas ofta önskemål om speciell färg eller annan estetisk effekt för den färdiga produkten. Exempelvis används ofta krossad dolomit.

Utöver här nämnda användningsområden för ballastmaterial finns ytterligare behov för t ex tillverkning av lättbetong (Ytong och Siporex) och för tillverkning av speciellt värmebeständiga eller höghållfasta betongmaterial. Jämfört med behovet för normalbetongtillverkning och för vägändamål är dock dessa användningsområden kvantitetsmässigt små och förbigås därför i denna utredning.

2.5 Sammanfattning

De studerade materialegenskaperna och aspekterna på lämplig kvalitet har avsett skillnaderna mellan naturgrus- och bergkrossmaterial till betong, vägar och övriga ändamål såsom grundkonstruktioner, fyllningar i olika byggnadsobjekt, framställning av puts- och murbruk. Övriga användningsområden har i förhållande till de uppräknade bedömts som kvantitetsmässigt små och därför inte behandlats.

För betong har valet av ballast stor betydelse. Ballastens egenskaper är dock ännu ej helt klarlagda. För närvarande undersöks huvudsakligen använd bergart, kornfördelning, organiska föroreningar, fukthalt och krossytegrad.

Vid en ökad användning av bergkrossmaterial kan kontroll av bl a kornform, vidhäftning, ytstruktur, hållfasthet, beständighet etc erfordras.

För vägändamål kan noteras dels uppbyggnad av väggroppens underlag, terrassytan, dels uppbyggnad av själva väggroppen. För att få lämpliga massor till vägbyggnaden finns på senare år en medveten strävan hos Vägverket att förlägga vägar så att bergskärningar uppkommer, som ger material till uppbyggnad av terrassyta och väggropp.

Kraven på kvalitet för tillverkning av bituminösa beläggningssmassor är mycket stora till en del beroende på dubbdäckens inverkan.

Genom inverkan av de allt tyngre arbetsmaskinerna, som trafikerar bärlager under byggnadstiden, har kraven på bärlagrets kvalitet alltmer skärpts. Vid användning av bergkrossmaterial till bärlager erhålls en fördelaktig ökning av lagrets stabilitet genom kilverkan mellan de grova skarpkantade stenarna.

Genom användning av bergkrossmaterial eller sprängsten i förstärkningslagret kan bärighetsmässigt bättre egenskaper erhållas jämfört med användning av naturmaterial. Genom denna inverkan kan den sammanlagda tjockleken av slitlager och bituminöst bärlager reduceras, om överbyggnaden utförs med sprängsten i stället för grus. E Ström vid Statens Vägverk gav i föredrag vid Gruvföreningens ballastdagur år 1975 följande exempel på bärighetsmässigt jämnstarka konstruktioner. För kostnadsberäkningen har antagits att grus- och bergmaterial har hämtats från sidotag. Priserna varierar givetvis beroende på lokala förutsättningar, men i exemplet angivna priser kan betraktas som medelvärden gällande i juni 1975.

<u>Grusöverbyggnad</u>		<u>Sprängstensöverbyggnad</u>	
	kr/m ²		kr/m ²
50 mm Ab	15	50 mm Ab	15
200 mm BG	31	100 mm BG	16
100 mm grusbärlager	4	850 mm krossad sprängsten	30
650 mm sandigt grus	16		
1 000 mm överbyggnad	66 kr	1 000 mm överbyggnad	61 kr

där Ab = Asfaltbetong
BG = Bitumenstabiliserat Grus

I det angivna exemplet har gruspriset antagits vara 25 kr/m³ och priset för krossat berg 35 kr/m³. Genom användning av sprängsten eller krossat material kan alltså kostnaderna för en vägkropp komma att reduceras trots att krossmaterial är dyrare än grusmaterial.

För grundkonstruktioner, fyllningar etc kan och får bergkrossmaterial användas enligt gällande normer. Dock undantas fyllningar kring ledningar av plast eller med sådant yttre korrosionsskydd, som kan skadas av skarpkantigt material.

Hur ser framtiden ut? Kommer kvalitetskraven ytterligare att skärpas? Hur påverkar en allt större övergång till bergkrossmaterial kvaliteten? För betongtillverkning såväl som för vägbyggnad pågår en kontinuerlig forskning. För ett flertal kvalitetsfaktorer kommer troligen säkrare och bättre provningsmetoder. För betong såväl som för vägar kommer högre kvalitet att eftersträvas för att bli söka minska höga underhållskostnader. Ett utnyttjande av bergkrossmaterialets fördelar torde därför komma att göras i allt högre omfattning.

3 BRYTNINGS- OCH BEHANDLINGSMETODER

Metoderna för brytning och behandling av naturgrus och berg är i flera avseenden olika, men slutresultatet utgörs i båda fallen av korngropper av olika dimensioner och sammansättning. Den mest iögonfallande skillnaden är att berg måste brytas med hjälp av borrar och sprängning. Dessa moment har för naturgrusets del så att säga redan utförts av inlandsisen, som brutit loss berg och krossat det, varefter krossprodukten slipats i vatten vid isens avsmältning och ofta även sorterats vid lagringen.

Den gemensamma målsättningen vid brytning och behandling av såväl naturgrus som berg torde vara att uppnå lämpliga slutprodukter till fördelaktiga kostnader.

3.1 Naturgrusproduktion

Vid val av lämplig brytningsmetod för naturgrus måste hänsyn tas till rådande förhållanden vid den tilltänkta grustakten.

Dessa förhållanden kan lämpligen klarläggas i den grustäcksplan som bör upprättas över grusfyndigheten och som ligger till grund för ansökan om täktstillstånd hos myndigheterna. Grustäcksplanen syftar till en bestämning och utformning av brytningsområdet med klarläggande av områdets geologiska och topografiska förhållanden. Genom undersökningar erhålls kunskap om i takten ingående materialkvaliteter och förekomst av t ex berg och lera. Av täktplanen framgår även fastighetsindelningen vid takten samt hur takten skall iordningställas efter avslutat materialuttag.

3.1.1 Brytning

Valet av metod och utrustning för brytning av grus påverkas bl a av

1. Grusfyndighetens form - hög ås eller flack utbredning med låg bankhöjd.
2. Materialsammansättningen i fyndigheten. Är materialet grovt eller finkornigt, blandat eller separerat?
3. Önskvärd maximal kapacitet i anläggningen.

Själva brytningen sker numera nästan uteslutande med hjul-lastare, som har stor lastningskapacitet även i hårt material och förflyttar sig snabbt mellan olika arbetsplatser. Brytning sker även med grävmaskin och bandtraktor.

3.1.2 Transporter

Transporten mellan brytningsplats och grussorteringsverk utförs vanligen med hjullastare, som alltså både bryter och transporterar.

För transporter används ofta lastbilar, men i större grustäcker är tipptruckar på 20-35 ton vanliga.

Vid stora kvantiteter och relativt korta transportavstånd är transportband ekonomiska.

3.1.3 Sortering

Den bearbetning, som normalt erfordras av naturgrusmaterial för väg- och betongändamål, är sortering och krossning. Mera sällan förekommer tvättning av material för att avlägsna finkorniga beståndsdelar av lera och mjåla.

I det enklaste fallet används gruset direkt som fyllnadsmassor, dvs lastas på bil för transport till byggnadsplats. Materialet benämns då osorterat fyllnadsgrus eller rörgravsgrus.

För att förbättra kvaliteten kan någon typ av sortering göras. Materialet kan då förbättras med avseende på entydiga fraktionsgränser genom bortsortering av material av större eller mindre kornstorlekar. Någon förbättring av kornfördelningen i materialet kan dock ej uppnås, såvida inte någon form av proportionering tillgrips.

3.1.4 Krossning

För förädling av grovt naturgrusmaterial kan någon form av gruskrossverk ordnas.

Mottagning av hjullastarens material i t ex ett enstegs gruskrossverk sker normalt i en med galler försedd ficka med underliggande mataranordning. Det tillförda gruset matas till överänden av en sikt, som avskiljer mindre fraktioner medan material med större dimension passerar sikten, krossas i en kross och återförs till sikten nära dess mitt. Från sikten erhålls därvid s k samkrossmaterial, dvs en blandning av naturmaterial och krossmaterial. Förfarandet möjliggör att allt grovkornigt material kan användas, att grusets kornkurva kan förbättras och att vanligen förekommande överskott av sand kan frånskiljas.

I ett tvåstegs gruskrossverk kan relativt finkorniga samkrossprodukter uppnås genom anordnande av ytterligare en kross, vanligen en konkross.

3.1.5 Lagerläggning och distribution

Sedan materialet är färdigsorterat läggs det i upplag, som kan anordnas som markupplag eller, från miljöskyddssynpunkt bättre, över en tunnel. Denna lagerläggning är lämplig för utjämning av variationer i försäljning och som magasin för eventuella driftavbrott.

Från upplagen sker lastning på lastbilar med hjullastare, via transportband eller genom tappluckor i tunneln.

3.2 Produktion av bergkrossmaterial

Vid framställning av bergkrossmaterial måste metod och behandling också anpassas efter rådande lokala förhållanden. Huvudmomenten vid bergkrossframställning blir borrar, sprängning och analogt med grusframställning lastning, transport, krossning, siktning, lagerläggning och distribution.

Råvaran kan vara fast berg, som brutits vid exempelvis bergtäkter, grundsprängningar, bergskärningar vid vägarbeten, tunnelbyggnad etc. Därvid transporteras ofta råvaran lång väg till krossverket. Vanligen utgörs råvaran dock av fast berg, som brutits för krossverket och detta ligger då vid bergtäkten.

Vid val av lämplig bergtäkt måste som regel först en inventering av landskapet göras. Täkten bör innehålla ekonomiskt godtagbar volym, vara lämpligt belägen nära transportväg och förbrukningsort, men i sådant område att bebyggelse saknas och störningar får en minimal inverkan.

För brytning av berg fordras myndigheternas täkttillstånd baserat på täktplan av i princip samma utformning som för en grustäkt. Av täktplanen skall framgå hur landskapet skall se ut, när täkten är färdigutbruten. Vid upprättande av planen bör även bergets kvalitet undersökas. Det är synnerligen viktigt att hitta ett berg med godtagbar kvalitet, eftersom investeringen i krossverk ofta blir något eller några tiotal miljoner kronor och ett misstag därför dyrbart.

Sedan berget är lokaliserat kan lämplig etappindelning för den kommande brytningen upprättas. Därvid bestäms brytningsriktningar och lämplig placering av bergkrossverk.

3.2.1 Borrning och sprängning

Det är i princip billigare att spränga sönder berg än att krossa det. Sprängningen bör därför utföras på sådant sätt att sönderslagningen blir stor och så att skutskjutning behöver förekomma endast undantagsvis. Maximal blockstorlek bestäms av storleken på förkrossens intagsöppning. Detta ger ej optimal ekonomi på täktverksamheten, men däremot på kombinationen täktverksamhet och krossning.

Vid brytningen eftersträvas stor pallhöjd - lämpligen cirka 20 meter. Med tanke på driftavbrott under sprängningarna bör stora salvor skjutas med kortintervalltändning. Dessa salvor motsvarar ofta en eller flera veckors eller månaders krossning.

3.2.2 Lastning och transport till krossverk

Tendensen i brytningen har de senaste åren varit en övergång till allt färre och större maskiner. En vanlig lastningsmaskin är grävmaskinen, men även hjullastare används.

Transporten från brytningsplats till förkross sker vanligen med tiptruckar med mellan 10 och 35 tons lastförmåga.

3.2.3 Förkross

Förkrossar, som kan ta emot stora block, förenklar sprängningsarbetet och medger användning av större lastmaskiner och transportfordon och ger därigenom god ekonomi. Förkrossen utgörs i regel av en käftkross. I allmänhet avskiljs den nollfraktion, som erhålls efter krossen och används som samkrossmaterial. Materialet består av krossgods och av jord som följt med sprängstenen. Vid framställning av kvalitetsmakadam tvingas man stundom att avskilja nollfraktionen efter nästa krossteg. Dessa två fraktioner sammanförs i så fall till en enhetlig samkrossprodukt.

3.2.4 Utjämningslager

Efter förkrossen kan ett lager av förkrossat material anordnas för att undvika driftstörningar vid avbrott i tillförseln.

3.2.5 Efterkross

Övrigt material nedkrossas normalt till önskad storlek i konkrossar eller spindelkrossar i olika steg. Dessa krossningssteg är väsentliga för att önskad kornform och kvalitet skall kunna erhållas.

För exempelvis ballastmaterial till bituminösa beläggningar ställs mycket höga kvalitetskrav, som normalt kan uppfyllas endast med speciell krossmetodik. Sprängstenen nedkrossas i flera steg och med användning av allt finare krossar. Efter varje steg avskiljs färdigkrossat material och allt krossgods sorteras i fraktioner med trånga gränser. Genom proportionering kan önskade siktkurvor uppnås.

3.2.6 Eftersortering och lagerläggning

Det krossade materialet transporteras med band eller elevatorer mellan olika siktar för uppdelning av materialet i önskade fraktioner. Dessa lagras i skilda fickor, varifrån vissa fraktioner kan återföras för ytterligare nedkrossning och sortering beroende på varierande efterfrågan på olika fraktioner.

Den ojämna efterfrågan på material framtvingar vanligen en lagerläggning i stora öppna upplag. Genom säsongsmässiga variationer och en mångfald fraktioner kan lagerhanteringen bli mycket omfattande.

3.2.7 Sammanfattning

I figurerna 8 och 9 visas schematiskt de olika behandlingsleden vid naturgrus- och bergtäkter för att åstadkomma olika typer av slutprodukter.

Brytning och behandling är i princip likartad och slutprodukten är material av olika kornstorlekar, kornfördelningar och kvaliteter. För bergkrossmaterial är själva brytningen med borrhning och sprängning det mest avvikande momentet.

Materialbehandlingen utgörs huvudsakligen av sortering, förkrossning och efterkrossning samt lagerläggning. Beroende på hur långt behandlingen drivs erhålls material av olika kvalitetstyper såsom

för naturgrus: fyllnadsgrus, betonggrus, singel, bärlagergrus

för bergkross: samkross och makadam

Olika fraktionsgränser kan därjämte uppnås inom de olika slutprodukterna beroende på lokala förutsättningar, sorteringsgrad etc.

Vid krossning kan i viss mån även önskad kornform uppnås genom lämpligt val av krossningsmetod.

ALT.

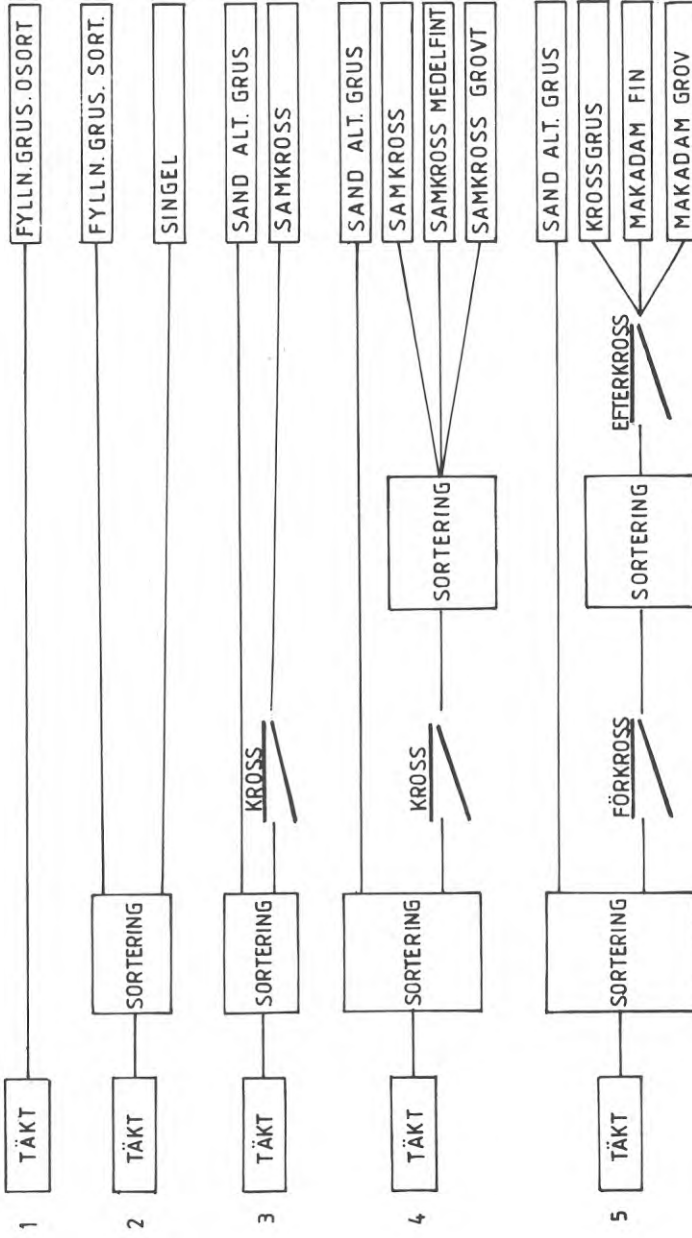


FIG. 8 FLÖDESCHEMA FÖR BEHANDLING AV NATURGRUSMATERIAL

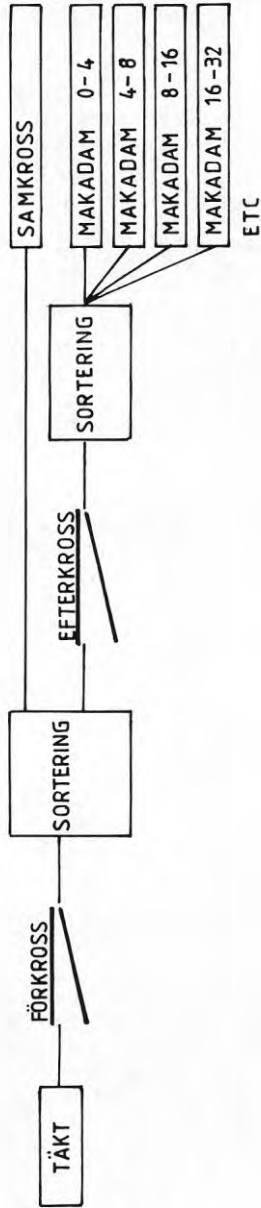


FIG. 9 FLÖDESSCHEMA FÖR BEHANDLING AV BERGKROSSMATERIAL

4 PRISSÄTTNINGSAKTORER

4.1 Inledning

Priserna på grus- och bergkrossmaterial varierar i olika delar av landet. De påverkas av ett flertal olika faktorer. Framställningskostnader och transportkostnader dominerar visserligen, men även tillgång och efterfrågan på material styr priset.

I vissa delar av landet råder redan brist på naturgrusmaterial. Den knappa tillgången påverkar priset på det material, som finns kvar. Konkurrerande material av samma fraktion från täkt belägen långt bort belastas av höga transportkostnader.

I andra delar av landet finns gott om naturgrus och här styrs priserna av rådande konkurrenssituation. Alla tvingas att hålla ungefär samma prisnivå för att få sälja.

I våra större städer finns i allmänhet ett flertal krossanläggningar, som inbördes tävlar om marknaden och där transportkostnaderna blir någorlunda likvärdiga. Där torde priserna för skilda grus- och bergkrossprodukter bäst svara mot framställningskostnaderna.

Priset påverkas också av tillgängliga fyndigheters storlek. En stor täkt med god omsättning och rationell skötsel kan hålla lägre priser på jämförbara kvaliteter, se figur 10, än vad en liten begränsad täkt kan göra.

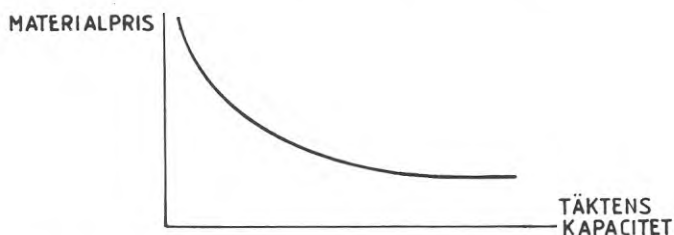


Fig 10. Principiellt samband mellan tätkapacitet och materialpris.

Rent allmänt kan sägas att ju mer förädlat ett material är, desto dyrare blir det. Att få fram ett väl sorterat material innebär större investeringar och mer arbete än för leverans av ett enklare material. För att tillverka ett ballastmaterial av hög kvalitet av hårt berg åtgår mer energi och sprängmedel, maskinerna nöts mer etc. Allt detta kostar pengar och påverkar priset.

Om en viss fraktion är föga efterfrågad kan en omkrossning erfordras. Kostnaden för detta extra arbete kan sedan komma att belasta även andra fraktioner. Vid omkrossning såväl som vid krossning erhålls stenhöj. Efterfrågan på detta kan vara begränsad och kostnaden för materialförlust till stenhöj måste därför belasta andra fraktioner.

Alla dessa faktorer, som påverkas av olika marknadskrafter, ger tillsammans med råmaterialkostnaden materialets slutliga pris.

4.2 Råmaterial

I botten på det slutliga produktpriset ligger råmaterialkostnaden. Denna varierar för närvarande ungefär mellan gränserna 0,50 - 2,50 kr/t för naturgrus och 0,50 - 1,00 kr/t för berg beroende på tillgång och efterfrågan och var i landet täkten ligger.

4.3 Brytning

Brytningskostnaderna omfattar för grus- och bergkrossmaterial förberedelser för täktarbetet (skogsavverkning, avbaning etc), för grus själva grusbrytningen (lastning med maskin) och för berg borrhning, sprängning, behandling av skut och upplastning av utsprängt material. Brytningskostnaden för grus ligger för närvarande i storleksordningen 1,00 kr/t inklusive framtransport till sorteringsverk. För bergkrossmaterial är motsvarande kostnad cirka 4,00 - 4,50 kr/t.

4.4 Behandling

Det mesta av det material, som levereras, förädlas i någon form genom sortering och delas in i olika fraktioner. Kostnaden för detta arbete beror på omfattning av sorteringsutrustning och hur många fraktioner materialet skall delas upp i etc.

Grövre naturgrusmaterial avskiljs som regel och krossas i ett gruskrossverk. Utsprängt berg behandlas först i en förkross till lämplig kornstorlek.

I gruskrossverk kan krossningen drivas ytterligare i ett andra och tredje steg för att åstadkomma produkter med önskade egenskaper. I bergkrossverk sker finkrossningen normalt i ytterligare två eller tre steg beroende på vilken produkt som önskas.

Materialets interna transporter inom krossverken kan ordnas på olika sätt, t ex med transportband eller med lastmaskiner.

För utjämning av säsongsmässiga variationer i förbrukning erfordras utrymmen för upplag av färdigt material antingen vid tåkten eller i särskilda terminaler på annan plats. Vid tillverkningen erfordras vidare utjämningsfickor samt upplag som buffert vid störningar från fel i produktionen.

Kostnaden för de olika behandlingsåtgärderna är svåra att uppskatta, men torde ligga i storleksordningen 6,00 - 12,00 kr/t för såväl naturgrus- som för bergkrossmaterial. Denna kostnad kan i framtiden öka beroende bl a på övergång till mer miljöskyddad drift.

Behandlingskostnaderna är beroende av investeringskostnader i anläggningar och därav följande kapitalkostnader, driftkostnader, kapacitet på anläggningen etc. En riktig fördelning av kostnaderna på olika behandlingsmoment är därför svår att göra. En sådan uppdelning har ändå gjorts i fig 11 för att ge en ungefärlig bild av grusprisets uppbyggnad för några olika produkter. De i figuren angivna kostnaderna baserar sig på några olika företags uppskattningar av olika delkostnader.

4.5 Administration, marknadsvariationer, vinst etc

Till ovan beskrivna delkostnader skall läggas kostnader för administration, pristillägg för variationer i den aktuella marknaden, kostnader för materialförluster vid omkrossning, vinst etc. Dessa kostnader är svåra att uppskatta, men torde ligga i storleksordningen 1-2 kr/t.

4.6 Tillämpningsexempel

En sammanfattning av de beskrivna delkostnaderna (år 1975) ges i tabell 2.

	Kostnader	
	Naturgrus kr/t	Bergkross kr/t
Råmaterial	0,50- 2,50	0,50- 1,00
Brytning	1,00- 1,00	4,00- 4,50
Behandling i anläggning	6,00-12,00	6,00-12,00
Administr. marknadsvar. vinst	1,50- 2,50	1,50- 2,50
Summa	9,00-18,00	12,00-20,00

Tabell 2. Delkostnader för grus- och bergkrossframställning.

Som en jämförelse kan nämnas att kostnaden för naturgrusmaterial av viss fraktion i Göteborgsområdet för närvarande ligger på cirka 14 kr/t, medan motsvarande fraktion i bergmaterial ligger på cirka 17-20 kr/t (fritt täkt).

För Stockholms-området redovisas i tabell 3 priserna år 1975 för några fraktioner enligt följande

Fraktion	Singel (naturmaterial med viss krossmängd) kr/t	Makadam kr/t
8-12	13,50 - 16,10	17,30
8-16	13,40 - 16,50	16,65

Tabell 3. Priser i Stockholms-området 1975 för singel och makadam.

Priserna är hämtade från olika täkter med olika förhållanden och därför ej helt jämförbara men anger dock storleksordningen.

I figur 11 visas prisvariationerna grafiskt för olika materialfraktioner i ett antal olika täkter i Stockholmsregionen.

Med dessa priser som underlag har ett studium gjorts över olika delkostnader. Fraktioner enligt tabell 4 har därvid valts ut.

<u>Naturgrus</u>	Ungefärligt medelpris kr/t
Osorterat fyllnadsgrus	7,10
Osorterat rörgravsgrus	
Sorterat fyllnadsgrus	9,55
Betonggrus 0- 8 mm	10,70
Bärlagergrus 0-16 mm	14,50
Singel 8-16 mm	15,00
<u>Bergkrossmaterial</u>	
Makadam 16-25 mm	15,00
Makadam 8-16 mm	16,65
Makadam 4- 8 mm	18,85

Tabell 4. Medelpriser för några utvalda fraktioner.

I figurerna 8 och 9 visas schematiskt behandlingsmomenten för de olika slutprodukterna.

Med dessa moment blir den ungefärliga fördelningen på olika delkostnader för de olika fraktionerna enligt figur 12.

4.7 Transporter

De priser som redovisats ovan är sådana som uppkommer vid utbrytning och behandling av material.

För transporten från tåkten till kunden tillkommer kostnader. Ett begrepp om storleksordningen erhålls ur 1975 års avtal mellan Statens Vägverk och Svenska Åkeriförbundet angående "Utförande av vinterväghållning och transportarbeten i samband med vägbyggnads- och driftarbeten".

Enligt avtalet beräknas kostnaden ur tabeller i exempelvis kronor/ton för transport av jordmassor, vilka utgörs av sand, grus, krossat material (dock ej sprängsten) eller i speciell tabell för ren sprängsten.

Kostnaderna är förutom av transportlängden beroende av transportvägens högsta tillåtna axeltryck, 10 ton för tvåaxlig bil eller högsta boggitryck 16 ton för boggibil. Dessutom skall hänsyn tas till vägklass enligt följande klassificering:

Vägklass	Definition
I	Sådan väg, där normal körhastighet kan hållas
II	Sådan väg, där på grund av kurvor, backar, vägens bredd o d normal körhastighet inte kan hållas samt vägdel inom tätbebyggt samhälle
III	Väg under byggnad, där endast låg hastighet kan hållas
IV	Provisoriskt iordningställd väg

Enligt tabellerna erhålls därvid kostnader enligt ekvationer, som framgår i figur 13.

Ekvationerna redovisas grafiskt i figur 14.

Av figur 15 framgår hur mycket närmare förbrukningsorten en bergtäkt med högre materialpris måste ligga för att kompensera sitt högre pris.

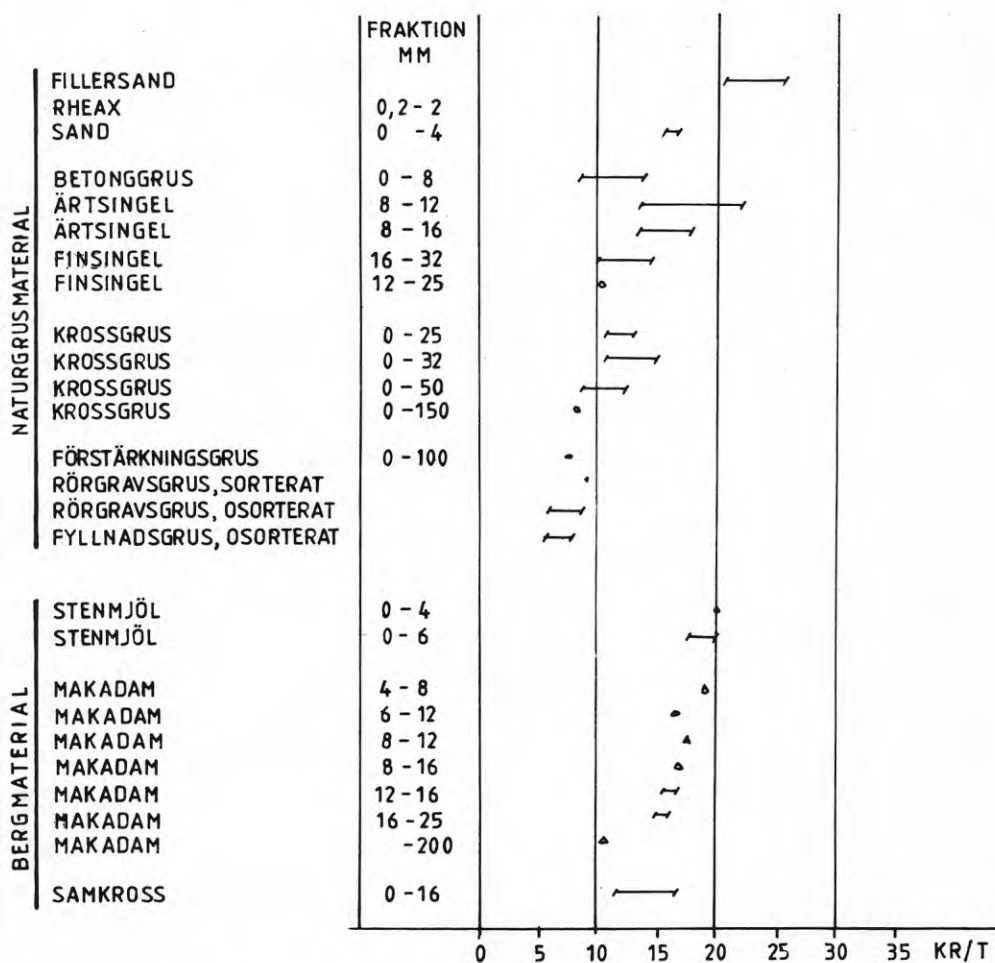


FIG. 11. SAMMANSTÄLLNING AV MATERIALPRISER ÅR 1975 (EXKL. TRANSPORTKOSTN.) VID ETT ANTAL GRUS - OCH BERGTÄKTER I STOCKHOLMSOMRÅDET

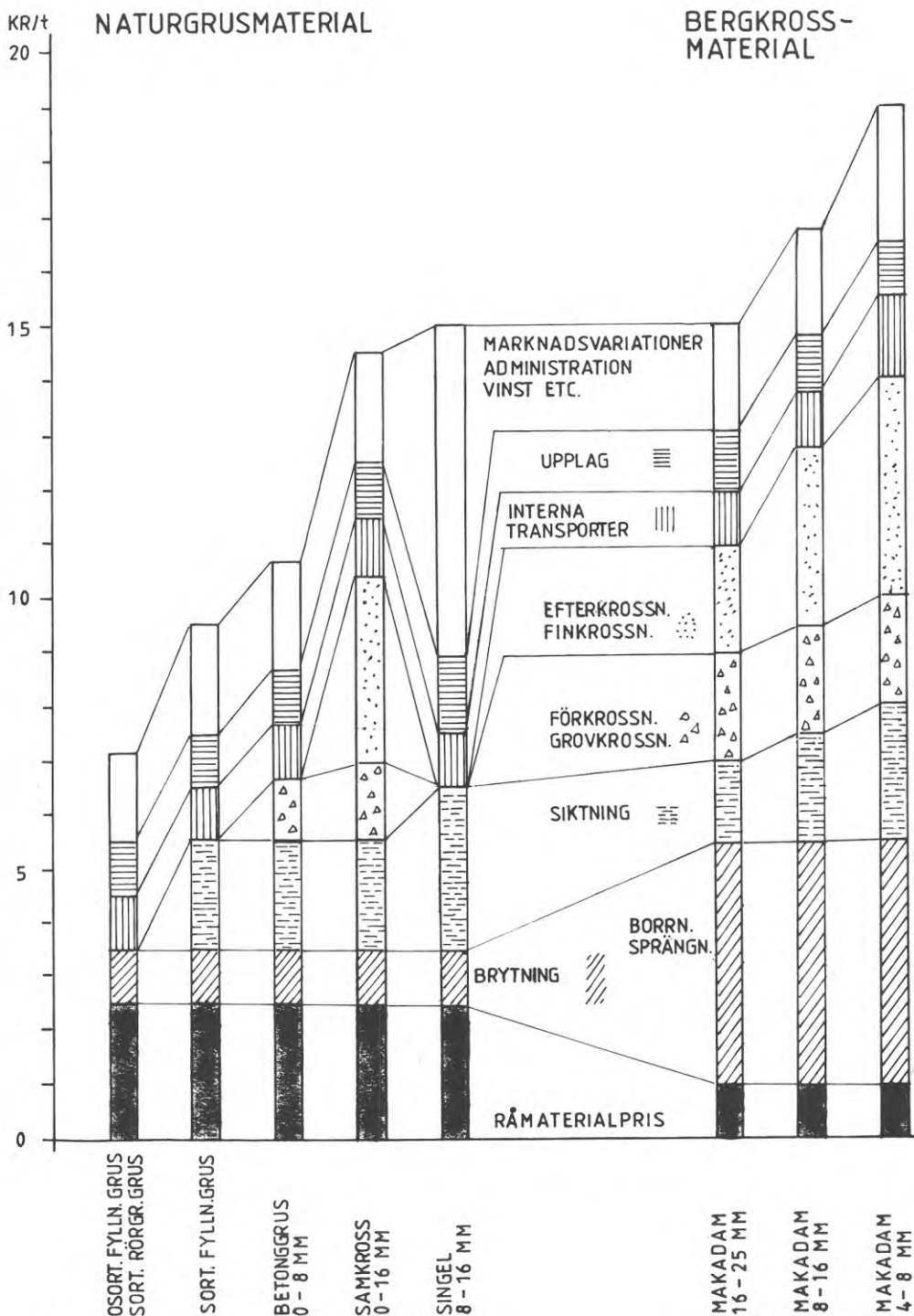


FIG. 12. MATERIALPRISETS UNGEFÄRLIGA SAMMANSÄTTNING BEROENDE PÅ INGÅENDE DELKOSTNADER

A Samtliga jordmassor

Tillåtet axeltryck = 10 ton, tvåaxlig bil, kostnad i kr/ton
(trp-längd X km)

Väggklass

$$\text{I} \quad K = 1,44 + 0,29 \cdot X \quad (\text{Normal hastighet på väg})$$

$X = \text{transportlängd i km}$

$$\text{II} \quad K = 1,50 + 0,34 \cdot X \quad (50 \text{ km/tim} - \text{väg o d})$$

$$\text{III} \quad K = 1,48 + 0,68 \cdot X \quad (0-3 \text{ km})$$

Tillåtet boggitryck = 16 ton, boggibil

Väggklass

$$\text{I} \quad K = 1,22 + 0,23 \cdot X$$

$$\text{II} \quad K = 1,26 + 0,27 \cdot X$$

$$\text{III} \quad K = 1,26 + 0,53 \cdot X$$

B Sprängsten

Tillåtet axeltryck = 10 ton, tvåaxlig bil, kostnad i kr/ton
(trp-längd X km)

Väggklass

$$\text{I} \quad K = 2,52 + 0,29 \cdot X$$

$$\text{II} \quad K = 2,65 + 0,34 \cdot X$$

$$\text{III} \quad K = 2,59 + 0,64 \cdot X$$

Tillåtet boggitryck = 16 ton, boggibil

Väggklass

$$\text{I} \quad K = 2,30 + 0,23 \cdot X$$

$$\text{II} \quad K = 2,40 + 0,27 \cdot X$$

$$\text{III} \quad K = 2,37 + 0,53 \cdot X$$

Fig 13. Transportkostnader - jordmassor och sprängsten

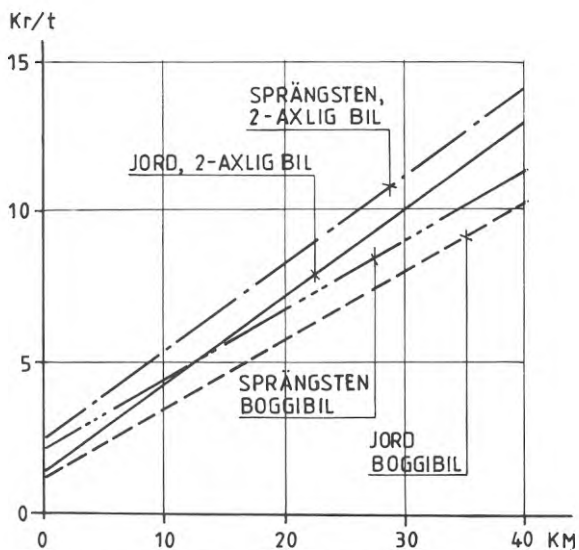


FIG. 14 TRANSPORTKOSTNADER FÖR JORD- OCH SPRÄNGSTEN VID VÄGKLASS I. (2-AXLIG BIL RESP. BOGGIBIL)

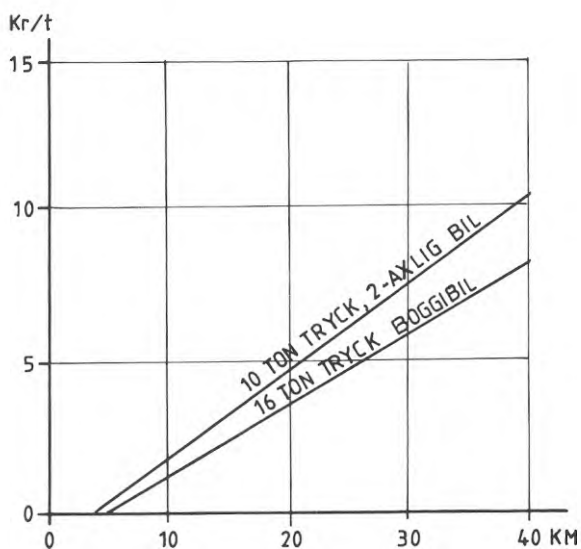


FIG. 15 AVSTÅNDSDIFFERENS TÄTORT - GRUSTÄKT CONTRA BERGTÄKT,

ENL. FIGUREN KAN FRAMSTÄLLN. KOSTN. FÖR BERGKROSS-MATERIAL VARA DRYGT 5 KR/TON HÖGRE OM EN BERGTÄKT LIGGER 21 KM RESP. 27 KM (BOGGIBIL) NÄRMARE EN KONSUMTIONSORT ÄN VAD KONKURRERANDE GRUSTÄKT LIGGER.

5 ÖKAD ANVÄNDNING AV BERGKROSSMATERIAL

5.1 Marknaden

5.1.1 Nuvarande fördelning på naturgrus och bergkrossmaterial

Genom avsaknad av statistik är det omöjligt att ange någon exakt förbrukning av naturgrus- och bergkrossmaterial. Enligt i litteraturen gjorda uppskattningar är dagens förbrukning av ungefärlig storleksordning 130 Mt/år, fördelade på 100 Mt/år naturgrus- och 30 Mt/år bergkrossmaterial. De totala krossprodukterna utgör 80 Mt/år.

Av förbrukningen beräknas ungefär hälften gå till vägar inklusive beläggningar, en fjärdedel till betong och en fjärdedel till övriga markarbeten. Med dessa uppgifter erhålls följande approximativa fördelning, se tabell 5.

Användnings- område	Förbrukn %	Total årsförbr Mt/år	Naturgrusmaterial		Bergkross- material	
			Grus Mt/år	Krossgrus Mt/år	Mt/år	%
Betong	27	35	30	3	2	2
Asfalt	10	13	-	7	6	4
Vägar	38	50	5	35	10	8
Markarbeten	25	32	15	5	12	9
Summa	100	130	50	50	30	23

Tabell 5. Förbrukningens fördelning på naturgrus och bergkrossmaterial. (Siffrorna ungefärliga och anger uppskattad storleksordning.)

Andelen krossat berg utgör i Sverige omkring 20 å 25 % av den totala förbrukningen, vilket ingår i underlaget för tabellen.

5.1.2 Framtida materialfördelning

Hur den framtida materialfördelningen utvecklar sig beror på en rad olika faktorer, som i dag är svåra att förut säga. I tabell 6 nedan studeras hur olika användningsområden skulle behöva förändra sin konsumtion av olika material, om den totala bergkrossandelen antas öka till 50 %.

Användningsområde	Förbrukn %	Total årsförbr Mt/år	Naturgrusmaterial		Bergkrossmaterial	
			Grus Mt/år	Krossgrus Mt/år	Mt/år	%
Betong	27	35	17	3	15	12
Asfalt	10	13	-	5	8	6
Vägar	38	50	5	20	25	19
Markarbeten	25	32	8	7	17	13
Summa	100	130	30	35	65	50

Tabell 6. Antagen framtida förbrukningsfördelning.

Enligt tabellen skulle naturgrusandelen minska från 100 till 65 Mt/år, medan bergkrossandelen stiger från 30 till 65 Mt/år. Ökningen har i tabellen till största delen lagts på vägar och betong.

5.1.3 Erforderlig marknadsstorlek

Enligt SNV 1972:11 fanns i landet år 1972 cirka 1 500 krossverk, av vilka 1 350 är naturgruskrossverk i grustäkter med en medelproduktion av 40 000 t/år.

Återstående 150 krossverk utgörs av bergkrossverk med en medelproduktion av 100 000 - 300 000 t/år. Endast ett fåtal verk har en produktionsstorlek över 1 Mt/år.

Finns grus tillgängligt och bergtäkter saknas, täcks förbrukningen helt av grusmaterial. Undantag blir den produktion som tillfälligt uppställda mobila krossverk kan ge exempelvis vid vägbyggen och enstaka sprängningsobjekt.

Finns både berg- och grustäkter som konkurrerar om marknaden kan här antas att bergtäkten svarar för cirka hälften.

Den nuvarande specifika förbrukningen uppskattas till cirka 10-20 t/p år. För närvarande ligger årsgenomsnittet i landet på cirka

$$\frac{130 \times 10^6}{8.1 \times 10^6} = 16 \text{ t/p år (specifik förbrukning)}$$

Denna s k specifika förbrukning varierar starkt mellan olika regioner beroende på folkmängd, pågående byggnadsverksamhet etc. Som exempel på några lokala beräkningar kan nämnas

	t/p år	
Stockholmsregionen	8	Rydstern, 1967
Göteborgsregionen	13	Knutsson, 1969
Västmanlands län	13	Söderberg, 1967
Uppsala-regionen	18	Rydstern, 1967
Värmlands län	19	Blomquist m fl, 1968

Siffrorna är hämtade från T Ingmar "Grus och natur", Sveriges Natur, Årsbok 1970 och har omräknats från m³/p år till t/p år.

För ett fast uppställt bergkrossverk på 200 000 t/år erfordras en region på uppskattningsvis minst 25 000 p för att få tillräckligt marknadsunderlag. För krossverk av storleksordningen 1 Mt/år kan motsvarande regionstorlek uppskattas till minst 100 000 p.

Marknadens erforderliga storlek är givetvis svår att ange och torde bero på många olika lokala faktorer. De här nämnda siffrorna får endast ses som ett försök att ange regionstorleken för krossverk av några olika kapaciteter.

5.2 Grusbristområden

Inom landet råder en viss obalans mellan tillgång på naturgrusmaterial och konsumtion. Naturgrusmaterialet är nämligen inte jämnt fördelat över landet. Vissa områden har stora tillgångar - exempelvis Siljanstrakten, södra delen av norrländska kustzonen, delar av sydsvenska höglandet etc. På höglandet är grusmaterialet ofta av sämre kvalitet genom sitt läge över högsta marina gränsen. I sådana områden har materialet ej tvättats och sorterats under istiden.

Andra områden har ringa fyndigheter, t ex Västkustens och Ostkustens berg- och lerområden, östra delarna av Stockholmsområdet, Blekinges berg- och lerområden etc och inom dessa områden har brist på naturgrus tidigt uppstått.

Brist på naturgrus gör sig som regel märkbar i de större tätorternas närhet, där den lokala efterfrågan på material länge varit stor. Alla grusfyndigheter går inte heller att utvinna. Många måste bevaras av olika orsaker - de kan vara grundvattenmagasin, naturskyddsobjekt eller bundna av bebyggelse eller vägar.

I framtiden kommer ytterligare brist på naturgrusmaterial att uppstå, främst kring större tätorter i delar av Södermanland, Uppland, Närke, Östergötland och Västergötland.

Den tilltagande materialbristen och de allt längre transportavstånden gör att berg i allt högre grad måste utnyttjas för den framtida materialförsörjningen.

5.3 Grus- eller bergtäkt. Påverkande faktorer

Valet mellan grustäkt och bergtäkt har hittills huvudsakligen varit beroende av materialtillgång och efterfrågan. I första hand tillgodogörs befintliga grusfyndigheter, eftersom dessa i regel är mer lättåtkomliga och brytningen av dem kan göras till lägre kostnader än brytning av bergmaterial. Bergtäkter öppnas enligt det föregående först när brist på naturgrus uppstått och de större brytningskostnaderna uppvägs av lägre transportkostnader eller när man av tekniska skäl vill använda makadam.

I landet saknas ännu anvisningar för valet mellan naturgrus- och bergkrossmaterial. Detta innebär att naturgrusmaterial ofta används för ändamål, exempelvis utfyllnadsarbeten, där kanske till och med sprängsten skulle ha kunnat användas.

Landets innehav av naturgrusmaterial är visserligen stort jämfört med vissa andra länder - cirka 75 å 100 gigaton. Med nuvarande förbrukning skulle detta räcka i 600 å 700 år uppskattningsvis. Som ovan framgår är materialet dock ojämnt fördelat över landet, en del är ej tillgängligt och blockeras av olika intressen etc. Grusbrist råder därför redan nu i vissa regioner.

Landets tillgångar på brytbart berg är ovanligt gynnsamma jämfört med andra länder. Över hela landet är berggrunden i allmänhet täckt av begränsade jordlager och alltså lätt-tillgänglig. Endast i förhållandevis små områden är berggrunden mer svåråtkomlig.

Huvuddelen av berggrunden utgörs av urberg. Berggrunden är dock mycket komplicerad. Inom vissa områden dominerar sådana bergarter som från kvalitetssynpunkt är olämpliga som ballastmaterial. Så är fallet exempelvis i sydvästra Sverige med glimmerrik gnejs i anslutning till förskiffringszoner, i fjällkedjans bergarter samt i sedimentära bergarter på olika håll i landet. Med geologisk inventering kan dock lämpligt material i regel lokaliseras inom de mer tätbefolkade delarna av landet.

5.3.1 Myndigheternas styrning av materialhanteringen

Myndigheternas styrning av materialhantering och -användning regleras dels av olika lagar, dels av olika normer och bestämmelser, som syftar till att tekniskt-ekonomiskt godtagbara produkter erhålls med minsta störning för natur och miljö.

Lagarna reglerar täktens placering och utformning. De viktigaste lagarna är naturvårdslagen och miljöskyddslagen. Därjämte finns bestämmelser om täktverksamhet i vattenlagen, fornminneslagen, fastighetsbildningslagen, byggnadslagen och lagen om enskilda vägar. Genom lagarna kan olika fyndigheter skyddas och täktens läge till lämplig lokal regleras.

Det utbrutna materialets kvalitet styrs därjämte av normer och bestämmelser för olika användningsområden. Dessa bestämmelser - exempelvis betongbestämmelserna - har tidigare be-lysts.

5.3.2 Materialanvändarens önskemål

De krav och önskingar, som den som använder ett material har, är som regel att få ett material med bestämda egenskaper. Upphandlingen av material sker ofta genom anbudsförfarande för att lägsta möjliga pris skall uppnås. Lägsta materialpris blir som regel bestämmande vid val mellan naturgrus- och bergkrossmaterial om inte andra speciella faktorer avgör valet.

Materialbeställaren har som regel mycket höga krav såväl på sorteringsgrad som på andra egenskaper. Framför allt önskas sådant material som är lättarbetat och färdigt att användas direkt på arbetsplatsen för att spara arbetskraftskostnader.

I Stockholms-området har för några speciella täkter förbrukningen av ärtsingel 8-16 mm de senaste åren stigit från 6 till 22 %, till viss del beroende på klenare byggnadsdimensioner och tätare armering, men huvudsakligen för att de som arbetar med materialet kräver det mer lättbearbetade singelmaterialet, eftersom annars ackordsarbetet blir lidande. Bergkross är ju från hanteringssynpunkt ett sämre material.

De förbrukare, som bor i områden som helt saknar bergtäkter, har ingen större möjlighet att påverka valet mellan naturgrus- och bergkrossmaterial. Befintligt naturgrusmaterial måste här användas till mycket okvalificerade fyllnadsmassor, där med fördel kanske ett sprängstensmaterial skulle ha kunnat utnyttjas. Stora volymer bra naturgrus förloras på detta sätt årligen till nackdel för den framtida grusförsörjningen.

5.3.3 Företagens val mellan grustäkt och bergtäkt

Täktinnehavaren styrs i regel av de lokala förhållandena - tillgång på grus- eller bergfyndigheter, täkternas lägen, miljöbetingelser samt rådande konkurrensförhållanden. Produktionen utformas givetvis så att de företagsekonomiska resultaten blir så gynnsamma som möjligt.

Av landets cirka 1 000 producerande företag har de 50 å 60 större företagen en produktion av 0.5 - 1.0 Mt/år, medan de återstående 950 företagens produktion ligger omkring 0.025 - 0.100 Mt/år. De större företagen, som utgör 6 % av företagen, bryter omkring 25 % av den totala produktionen, medan återstoden bryts av de mindre företagen.

Huvudparten av materialtillverkarna är alltså småföretagare, där konkurrensen med andra liknande företag spelar stor roll. Avståndet mellan täkt och konsument är därvid betydelsefullt, enär konsumentpriset ökar med cirka 3-5 kr/t och 10 km.

De olika större täkterna bryts som regel av eller i samarbete med lastbilscentraler eller åkerier, cementgjuterier eller fabriksbetongföretag.

Jämfört med grustäkter är kostnaden för bergtäktsverksamheten stor. Investeringskostnaderna är ofta av storleksordningen 5-20 Mkr. För lönsamhet krävs det en marknad enligt punkt 5.1.3 av kanske 25 000 - 100 000 personer. Det är därför svårt att etablera en verksamhet i områden, där man fortfarande har viss tillgång på naturgrusmaterial.

Inom täktbranschen går utvecklingen mot allt större enheter med ökade möjligheter till rationalisering och effektivisering och därmed ställs även ökade krav på täkternas kapacitet, vilket kommer att medföra ökade investeringsbehov.

Av angivna skäl och med hänsyn till att den utrustning, som används vid krossning och sortering av naturmaterial, ej är användbar vid krossning och sortering av berg, får man räkna med att småföretagare i branschen kommer att fortsätta med brytning av naturgrusmaterial så länge detta är möjligt.

Större företag torde däremot, om marknadsunderlag finns, ha möjlighet att öka bergtäktsverksamheten speciellt där bergtäkter från transportsynpunkt kan förläggas gynnsammare än grustäkterna. För en grustäkt med överskott på sand kan övergång till bergbrytning medföra en bättre balans i materialfördelningen.

5.4 Lokalisering av bergtäkter

Valet av plats för en bergtäkt kräver noggrann planering för att uppnå en tekniskt-ekonomiskt-miljömässigt optimal lösning.

Genom noggranna geologiska undersökningar måste bergart av lämplig kvalitet lokaliseras. Bergfyndigheten bör därjämte vara så stor att anläggningen kan avskrivas innan täkten är färdigutbruten.

Den tilltänkta bergtäkten bör vidare ligga fördelaktigt i förhållande till förbrukningsorten med vägar av godtagbar vägklass i närheten. Området bör även vara sådant att störningar på miljö och natur blir minimala. Med hänsyn till buller och damm bör avståndet till närmaste bebyggelse vara minst 500 meter.

Det är alltså en rad villkor, som bör vara uppfyllda, och i samband med pågående länsinventeringar borde för bergtäkter lämpliga lokaler reserveras för framtiden, så att bebyggelse i dess närhet kan undvikas.

5.5 Kan nuvarande förbrukningsmönster ändras?

Från teknisk användningssynpunkt är naturgrus och bergkrossmaterial numera i stort sett utbytbara. Ungefär samma slutresultat kan erhållas med båda produkterna. I vissa avseenden kan den ena produkten ge något bättre resultat, i andra åter kan den andra vara fördelaktigare. Såväl naturgrus som bergkrossmaterial kan levereras osorterade eller sorterade i önskade fraktioner.

I dagens ballastkonsumtion används ofta alltför kvalificerat material. Sorterat naturgrus används som fyllnadsmaterial, där en sprängstensprodukt kunde ha använts. I vissa fall används naturmaterial för att uppnå en bättre arbetbarhet och därigenom möjliggöra att ett arbete snabbare och lättare utförs.

Genom att använda krossmaterial och utnyttja dess bättre bärighetsegenskaper kan som ett exempel under punkt 2.5 visade den asfaltbundna tjockleken i vägen minskas med en gynnsam ekonomisk effekt som följd.

Nuvarande användningsmönster beror i många fall på lokala förhållanden, på avsaknaden av bergtäkter eller kanske rentav på slentrian hos författare till olika byggnadsprogram. Förutsättningar för förändring av förbrukningsmönstret finns dock och dessa bör på sikt kunna tillvaratas för att åstadkomma en minskning i naturgrusanvändningen.

5.6 Standardisering av krossverk och materialfraktioner

Utvecklingen inom sten- och grusindustrin går som inom andra områden mot allt större och effektivare företag med ökade rationaliseringsmöjligheter. Maskinerna blir därvid allt större och effektivare, varvid antalet erforderliga maskiner minskar.

I bilaga 1 har från några olika prislistor från grus- och makadamleverantörer sammanställts olika benämningar på ballastmaterial och fraktioner. Av bilagan framgår att benämningarna på naturprodukter är drygt trettio. Rent parentetiskt torde här finnas anledning att rekommendera en mera enhetlig terminologi för hela ballastområdet.

Kravet på viss fraktion till varje särskilt ändamål medför att såväl krossar som sorteringsutrustningar får ett investeringsbehov, som är större än som skulle vara fallet med begränsade fraktionsuttag. Även om det finns många användningsområden borde man i olika materialbestämmelser och -rekommendationer kunna enas om ett något mindre antal olika fraktioner för att därigenom möjliggöra enklare sorterings- och krossutrustningar. Detta skulle påverka materialpriset i gynnsam riktning.

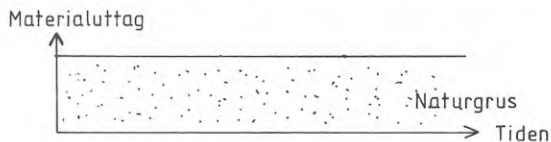
5.7 Ökning av bergkrossandelen

Förbrukningen av sten- och grusmaterial har stigit kraftigt under efterkrigsperioden. År 1945 bröts sålunda grus motsvarande 30 km/år av en tänkt grusås med tvärsnittsmåtten: bas 60 m och höjd 10 m. Fram till början av 1970-talet ökade förbrukningen till ett uttag motsvarande 150 å 200 km/år från en sådan ås, vartill kommer uttag av berg motsvarande cirka 50 km/år av ett tänkt berg med samma tvärsnittsmått som åsen. Genom nedgång i bostadsbyggandet torde en nedgång ha skett även för sten- och grusindustrin, men för detta finns ingen statistik.

Hur förbrukningen utvecklas i framtiden är svårt att avgöra men någon ytterligare större nedgång torde ej vara att vänta. Enligt bedömning i branschen torde förbrukningen åter öka mot 1980-talet.

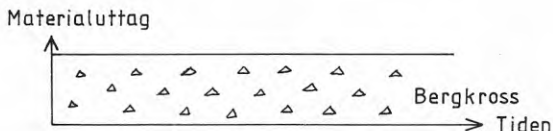
Vissa områden i landet har mycket små naturliga grustillgångar och kan därför karakteriseras som grusbristområden. Andra regioner har genom alltför stora grusuttag på senare år förvandlats till sådana områden.

Materialförsörjningen för en ort är ofta baserad enbart på naturgrusmaterial, varvid bergtäkter helt saknas. Man har då ett "materialflöde" som skulle kunna beskrivas av följande bild.

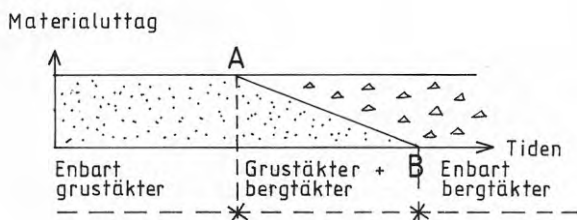


Bergmaterial förekommer då endast vid tillfällig krossning för anläggningsarbeten o d.

I vissa grusbristregioner, exempelvis Göteborg, kan bilden vara nästan den omvända med i stort sett enbart krossmaterial. Materialflödet får då följande utseende:

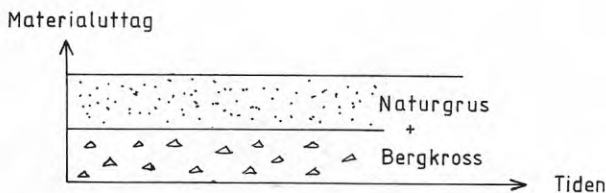


Som framgår av utredningen ovan finns i storleksordningen 150 bergkrossverk på ett antal orter främst i syd- och mellansverige. Materialflödet skulle för dessa orter kunna gestaltas av följande bild:



Orten befinner sig som regel i området A-B och brist på naturgrus börjar göra sig märkbar.

Tendensen i landet synes alltså vara att först använda allt tillgängligt naturgrusmaterial och därefter gå över till bergkrossmaterial. Syftet med föreliggande utredning är att undersöka om inte denna tendens kunde ändras, så att ett bättre utnyttjande av såväl naturgrus- som bergtillgångar kunde uppnås. Det skisserade nuvarande användningsmönstret för våra tillgångar synes inte vara förenligt med vare sig god miljövard eller ansvar för kommande generationers materialförsörjningsbehov. Den flödesbild, som borde eftersträvas, skulle kunna åskådliggöras av följande:



Båda materialtyperna utnyttjas här till fullo i alla delar av landet, alltså även i områden med goda grustillgångar, där det i dag enbart finns grustäkter. Det måste nämligen vara en misshushållning om användningen blir sådan, att exempelvis naturgrusmaterial utnyttjas som enkelt utfyllnadsmaterial i vägar, gator, parkeringsplatser etc enbart på grund av avsaknaden av bergtäkter på orten.

Enligt ovan betingar bergkrossmaterialet ett något högre pris än naturgrusmaterial. Det högre priset torde dock kunna kompenseras genom sådana fördelar som högre kvalitet på utförda anläggningar. För vägar kan tjockleken på vägens övre dyrare slitlagerzon minskas med en totalt billigare väg som följd.

För att ändra användningsmönstret till bergkrossprodukternas fördel kan olika åtgärder eller kombinationer av dem diskuteras.

1. Översyn av gällande bestämmelser och anvisningar

Det har ovan konstaterats att det är tekniskt möjligt att för de flesta användningsområden använda bergkrossmaterial. Olika bestämmelser och anvisningar ger även numera nästan full valfrihet mellan olika material. Denna valfrihet borde emellertid begränsas för exempelvis fyllningsändamål, vägändamål etc. I England är t ex rundat åsgrus ej tillåtet i vägarnas bärlager och i Frankrike skall bärlagermaterialet bestå av krossat berg vid vägkategorin med den högsta trafikbelastningen (enligt Höbeda). En översyn av gällande bestämmelser skulle kunna åstadkomma en hårdare styrning av materialanvändningen mot bergkrossmaterial.

2. Information till förbrukare

Det är väsentligt att myndigheter, entreprenörer, konstruktörer och övriga, som påverkar byggnadstekniska program och anvisningar, får kännedom om såväl aktuell situation för våra grustillgångar som om möjligheter och fördelar vid utnyttjandet av bergkrossmaterial. Därigenom torde felanvändning av material kunna undvikas och en övergång från naturgrus till bergkrossmaterial kunna uppnås.

3. Standardisering av fraktionsantal och krossverksutrustning

En gynnsam påverkan på priset för bergkrossmaterial borde uppnås om de tillverkade materialens fraktionsgränser standardiserades och därigenom reducerades till antal. Detta arbete bör ske redan vid översynen av de olika bestämmelserna ovan. Om fraktionsantalet minskas, skulle även antalet erforderliga typer av sorteringsutrustningar och krossar kunna reduceras högst väsentligt. Dessa utrustningar skulle lättare kunna standardiseras till förmån för materialpriserna.

4. Statistik över förbrukning och användning

En ytterligare väg till bättre kunskap om materialhanteringen skulle en förbättrad statistik över tillverkning och användning vara. Genom statistik över produktionen vid de olika täkterna jämte produktionens fördelning på material och fraktioner inom byggnadsindustrin skulle ett bättre samband mellan materialanvändning och materialkrav kunna erhållas. Genom en sådan statistik skulle det i framtiden bli lättare att via olika bestämmelser och anvisningar kunna styra användningen mot önskade materialslag. Det skulle också bli lättare att prognostisera den framtida materialanvändningen och det framtida behovet och studera hur kvarvarande materialtillgångar på lämpligaste sätt skulle kunna tillgodose detta behov.

5. Reservering av framtida täktområden

Det torde vara nödvändigt att utöver en kartläggning av landets materialtillgångar även fastställa och reservera områden för framtida täktverksamhet. Härigenom skulle konflikter mellan framtida allt större täkter och närliggande intressen kunna avsevärt reduceras.

6. Förbättrad undersökningsmetodik för bergtäkter

För att möjliggöra en säkrare bedömning av kvantitet och kvalitet hos presumtiva bergfyndigheter kan den nuvarande undersökningsmetodiken ytterligare behöva utvecklas och förbättras. Genom att säkra resultat kan erhållas utan förstörande ingrepp i naturen kan dyrbara felinvesteringar undvikas.

Naturmaterial - olika benämningar och fraktioner hämtade
ur några olika prislistor våren 1975

<u>Benämning</u>	<u>Fraktion</u>
Dammfri torrsand	0,2-5
Dammfri blästersand	0,2-1, 1-2
Fillersand	
Grus, tvättat	0,2-5
Gårdsgrus	10-15
Harpad sand	0-4
Kabelsand	0-8
Laddsand	0-5
Mursand	
Putssand	
Rheax - våtsorterad	0,2-2
Sand	0-4
Sandfyllnad	
Sandningssand	
Slipsand	0-4
Stenmjöl	0-6
Torkad mursand	0-2
Torrsand	0-1, 0-2, 0,6-1, 1-2, 1-3, 1-4, 3-5
Trossbottensand	0-5
Betonggrus	0-8
Bärlagergrus	0-32, 0-50, 0-70
Dräneringsgrus, sort och osort	
Förstärkningsgrus, sort och osort	0-150
Gjutgrus	0-10
Golvbetonggrus	0-8
Krossgrus	0-25, 0-50, 0-150
Rörgravsgrus, sort och osort	
Sprutbetonggrus	0-8
Sättgrus	0-8
Väggrus	0-20, 0-18
Samkross	0-16
Gångsingel	3-5, 5-8, 8-12
Ärtsingel	4-10, 8-12, 8-14, 8-16
Finsingel	12-25, 14-32, 15-32, 16-32, 16-40
Grovsingel	
Finfyllnadsgrus	

Bergkrossmaterial - olika benämningar och fraktioner hämtade
ur några olika prislistor våren 1975

<u>Benämning</u>	<u>Fraktion</u>
Asfaltmassa	0-4, 4-8, 8-12, 12-16, 16-25
Bärlagergrus	0-32
Krossgrus	0-8, 0-16, 4-8, 8-16
Samkross	0-8, 0-16, 0-20, 0-25, 0-30, 0-65, 0-40, 0-50
Väggrus	0-20
Makadam	0-50, 0-200, 4-8, 6-12, 8-12, 8-16, 12-16, 14-32, 16-25, 16-30
Finmakadam	4-8, 6-12, 8-12, 12-16, 12-18, 12-25, 12-27, 16-32
Medelmakadam	18-40, 25-40, 27-40
Grovmakadam	32-50, 40-65
Bergsubb	0-100
Filler	
Flis	8-16
Skärv	65-140, 65-150
Stenmjöl	0-4, 0-6, 0-8

REFERENSER

Andersson, B, Elmstål, S-J, Friman, B, 1972, Grusförsörjning och grustransporter i västra Skåne. (Lunds Tekniska Högskola, avd för geologi.) Lund.

B 5, 1973, Bestämmelser för betongkonstruktioner. Material och utförande. Betong. (Statens Betongkommitté.) Stockholm.

BABS, 1967, Svensk Byggnorm. Föreskrifter och anvisningar till byggnadsstadgan. (Statens Planverk.) Publ nr 1. Stockholm.

Bergström, S, 1975, Forskningsbehov inom ballastområdet. Föredrag vid Svenska Gruvföreningens "Ballastdagar" den 21-22 januari, 1975. Stockholm.

Bergström, S, Nielsen, A, Ahlgren, L, Fagerlund G, 1970, Allmän kurs i byggnadsmateriallära, del I-III. (Tekniska Högskolan i Lund.) Lund.

Bojesson, B, 1975, Makadamproduktion. Föredrag vid Svenska Grusföreningens "Ballastdagar" den 21-22 januari, 1975. Stockholm.

Bojesson, B, 1967, Ballast, ekonomiska synpunkter. Nordisk Betong 1967:3. Stockholm.

Burström, P G, Carlsson, L, Mattisson, L-G, 1969, Undersökningar av möjligheten att använda krossat material i stället för naturgrus vid betongtillverkning. (Tekniska Högskolan i Lund, Institutionen för byggnadsteknik.) Lund.

BYA, 1973. Byggnadstekniska anvisningar. Vägbyggnad. (Statens Vägverk.) Stockholm.

Byggnadsindustrin, 1974, nr 14, Höjda grus- och asfaltpriser påskyndar nya vägkonstruktioner. Stockholm.

Cement och Betong, 1968, nr 1 och 2, Transporter och materialhantering vid betongvarutillverkning. Stockholm.

Colbjörnsen, A, 1972, Knust sand som tillslag i betong. Nordisk Betong, 1972, nr 2 p 119-132. Stockholm.

Douhan, L, Forss, B, 1970, Materialförsörjning vid vägbyggen i grusbristområden. (Tekniska Högskolan, institutionen för vägbyggnad.) Stockholm.

Dührkopf, H, Saretok, V, Sneck, T, Svendsen, S D, 1966, Bruk, murning, putsning. (Statens råd för byggnadsforskning.) Stockholm.

FAB, 1974, Bestämmelser för tillverkning och kontroll av fabriksbetong. (Kontrollnämnden för fabriksbetong.) Stockholm.

Fagerlund, G, 1975, Ballastens funktion i betong, Väg- och Vattenbyggaren, 1975, nr 1-2, p 23-29. Stockholm.

Grennberg, T G, 1965, Hur kan vägbyggnadstekniken utvecklas? - En vägentreprenörs funderingar, Väg- och Vattenbyggaren, 1965, nr 6. Stockholm.

Hagerman, T H, Roosaar, H, 1960, Undersökningar av ballast för betong med avseende på risken för alkali-kiselsyrareaktioner. Nordisk Betong, 1960, nr 2, p 119-141. Stockholm.

Höbada, P, 1969, Bergmaterial till vägbyggnad. (Statens Väg-institut.) Specialrapport 84. Stockholm.

Höbada, P, 1972, Översikt av några olika länders föreskrifter för bär- och förstärkningslagergrus. (Statens Väg- och Trafikinstitut.) Internrapport nr 82. Stockholm.

Höbada, P, Bünsow, L, 1974, Inverkan av glimmer på packnings- och bärighetsegenskaper hos berggrus. (Statens Väg- och Trafikinstitut.) Rapport nr 55. Stockholm.

Höbada, P, 1975, Provningsmetoder för ballastmaterial. Föredrag vid Svenska Gruvföreningens "Ballastdagar" den 21-22 januari, 1975. Stockholm.

Högberg, E, Ljungfelt, I, 1968, Skånskt grusmaterial för betongtillverkning. Cement och Betong, 1968, nr 4, p 478-484. Stockholm.

Johansson, A, Haglund, G, 1970, Teknisk-ekonomisk utredning av möjligheten att använda morän i vägöverbyggnad. (Lunds Tekniska Högskola.) Lund.

Johansson, L, 1975, Testmetoder och kvalitetskriterier för ballast till betong. Väg- och Vattenbyggaren, 1975, nr 1-2, p 31-36. Stockholm.

KB 5, 1966, Kommentarer till 1965 års material- och utförandebestämmelser för betong. (Statens Betongkommitté.) Stockholm.

Kellgren, J, 1971, Transportabla krossanläggningar. Svenska Vägföreningens tidskrift, 1971, nr 58. Stockholm.

Knutsson, G, 1969, Stor-Göteborg: Grusförsörjning. (Sydsvenska Ingenjörbyrå.) Malmö.

Knutsson, G, 1974, Grusmaterialhanteringen - miljardindustri väsentlig för svensk ekonomi. Svenska Vägföreningens Tidskrift 1974, nr 1. Stockholm.

Knutsson, G, 1974, Gruskvalitetsfrågor i Sverige. Svenska Vägföreningens Tidskrift, 1974, nr 8. Stockholm.

Kvalitetsbestämmelser för grus- och makadammaterial att användas som betongballast, 1970. (Grus- och Makadamföreningen.) Stockholm.

Löfstedt, L, 1975, Grusproduktion. Föredrag vid Svenska Gruvföreningens "Ballastdag" den 21-22 januari, 1975. Stockholm.

Marek, C R, 1972, Supplemental Aggregates for Construction. Journal of Materials, JMLSA, Vol 7, No 1, March, pp 50-54. Philadelphia Pennsylvania, USA.

Mark-AMA, 1972, Allmän material- och arbetsbeskrivning för markarbeten. (Byggandets Samordning.) Stockholm.

Månsson, K, 1974, Två tredjedelar av byggnadsindustrins transporter måste ske med lastbil. Svenska Vägföreningens Tidskrift, 1974, nr 1, p 10-11. Stockholm.

NCSA, 1974, Quality concrete with crushed stone aggregate. (National Crushed Stone Association.) Washington. USA.

Nerenst, P, 1961, Prøvning af grus. Nordisk Betong, 1961, nr 2. Stockholm.

Patey, D R, Burgess, R, 1973, Quarrying to-day. Contract Journal, Sep, Volume 255, p 57-80. London.

Poijärvi, H, 1967, Betongballastens finmaterial. Cement och Betong, 1967, nr 4. Stockholm.

Rydstern, N O, 1967, Utredning rörande Stockholmsregionens grusförsörjning. (Orrje & Co - Scandiaconsult.) Stockholm.

Sandegren, E, 1968, Något om kvalitetskontroll av makadam och SJ nya makadambestämmelser. (Statens Järnvägars centralförvaltning, Geotekniska Kontoret.) Meddelande nr 18. Stockholm.

Selmer-Olsen, R, 1967, Generelle bemerkninger om norske grusforekomster, Nordisk Betong, 1967, nr 3. Stockholm.

Sillén, B, 1975, Ballastmaterial och däcksdubbar. Föredrag vid Svenska Gruvföreningens "Ballastdag" den 21-22 januari, 1975. Stockholm.

SNV, 1972, Miljöproblem vid krossverksanläggningar. (Statens Naturvårdsverk.) 1972:11. Stockholm.

Ström, E O, 1975, Vägbyggnadsteknikens materialproblem. Föredrag vid Svenska Gruvföreningens "Ballastdag" den 21-22 januari, 1975. Stockholm.

Vattenfalls Betonghandbok, 1972, Anvisningar för utförande och kontroll av betongarbete. (Statens Vattenfallsverk.) Stockholm.

Wickberg, K, 1967, Makadamframställningen. Svenska Gruvföreningens årssammanträde. Meddelande nr 124, Volym 8, p 14-22. Stockholm.

Öhrström, G, Junker, B, Ekberg, S, 1966, Det dyrbara gruset, Hagconsult, publ 11, Väg- och Vattenbyggaren, 1966, nr 7. Stockholm.

BIBLIOGRAFI

- Barksdale, R D, 1972, Repeated load test evaluation of base course materials. Final report. (Georgia institute of technology, school of civil engineering.) Atlanta. Georgia. USA.
- Betong, 1958, del I och II. (Natur och Kultur.) Stockholm.
- Bjurström, G, 1965, Underskatta inte berget, Byggnadsvärlden, 1965, nr 6. Stockholm.
- Borell, R, 1970, Bestämning av petrografisk sammansättning hos betongballast. (ER-nämnden.) Rapport 3. Stockholm
- Borgström, H, 1968, Stenhandboken. (Tekniska Högskolan och Sveriges Stenindustri Förbund.) Stockholm.
- Brand, W, 1968, Thoughts on and suggestions for a uniform german method of ensuring quality in rock material for road construction. (Strassen- und Tiefbau.) Heidelberg.
- Brand, W, Dinkgraeve, D, 1969, Strength as a measure of the suitability of natural rock for road construction in testing in accordance with german and american standards DIN 52109 and ASTM C131-66 and C535-65. (Schriftenreihe des Baustofflaboratoriums Brand und Nies.) Köln.
- Brännfors, S, 1973, Bergsprängningsteknik. (Esselte Studium.) Stockholm.
- Burénus, B, 1961, Grustäktplaner i naturvården, Teknisk Tidskrift, 1961, nr 43. Stockholm.
- Busk, G, 1969, Sättningar och stabilitetsproblem vid grundläggning på sprängstensfyllning. (Statens institut för byggnadsforskning.) Stockholm.
- Busk, G, 1972, Mätning av sättningar i packad sprängstensfyllning. (Byggforskningen.) Rapport 18. Stockholm.
- CECE, 1969, European Standard on Crushing Machinery. (Committee for European Construction Equipment.) Stockholm.
- Christensen, F, 1975, Entreprenörernas önskemål rörande ballastmaterial för asfalt. Föredrag vid Svenska Gruvföreningens "Ballastdagar" den 21-22 januari, 1975, Stockholm.
- Clare, K E, 1969, Roadmaking gravels and soils in central Africa. (Ministry of Transport Road Research Laboratory.) Overseas bulletin no 12, Crowthorne, Berkshire, England.
- Colin, A J, 1973, Quarrying and the environment. Study of bulk mineral extraction in Clwyd. (Country Officer.) Denbighshire, England.

Czernin, W, 1964, Cementkemi för byggare. (Svenska Cementföreningen.) Malmö.

Dansk Standard, 1942, Normer for sten- og grusmaterialer til vejbygning. (D S.) København.

Dhir, R K, Ramsay, D M, Spence, I M, 1974, Physical and petrological factors affecting aggregate impact and crushing values. (University of Dundee.) Angus, Scotland.

Estberger, B, 1967, Stenindustrin, Svenska Gruvföreningens årssammanträde, Meddelande nr 124, Volym 8, p 23-34. Stockholm.

Farmer, I W, Attewell, P B, 1973, The effect of particle strength on the compression of crushed aggregate. (Rock Mechanics Springer-Verlag.) Vienna, Austria.

Feller, M, 1972, Testing and Evaluation of fillers for bituminous road construction methods in East Germany. (Strasse.) Berlin, Germany.

Gatan - Handbok i gatubyggnad.

Gerlach, A, 1969, The bearing capacity of gravelly sand and broken stone mixtures. (Strassen- udn Tiefbau.) Heidelberg, Germany.

Giant crushed-rock plant provides multiple options, 1972. (Contactors and engineers magazine.) Berkshire common, Massachusetts, USA.

Gray, E W, Chen, C-F, 1966, An annotated bibliography on indigenous materials for highway construction. North Carolina State University at Raleigh, USA.

Hagerman, T, 1943, Om svenska bergarter och deras provning för konstruktionsändamål. (Statens Provningsanstalt.) Meddelande 85. Stockholm.

Haller, P, 1970, Die Prüfung von verschieden gekörntem Gesteinsmaterial aus Gruben und Steinbrüchen. (Des Eidg Departements des Innern.) Dübendorf.

Hallström, Lindell, 1967, Betongsammansättnings inverkan på hållfastheten. Nordisk Betong, 1967, nr 2, p 117-130. Stockholm.

Hyypä, J M I, 1964, The influence of the quality of mineral aggregates upon the optimum binder content of asphalt concrete pavements, as determined by Hveem-s cke method. (The state institute for technical research.) Helsinki.

Hyypä, J M I, 1965, The influence of the properties of mineral aggregate upon the quality of asphalt concrete pavement. (The state institute for technical research.) Helsinki.

- Hyyppä, J M I, 1966, Damage to road surfacings in Finland. (The state institute for technical research.) Helsinki.
- Hyyppä, J M I, 1966, On factors which decide the quality of asphalt concrete surfacings, based upon experience gained in Finland. (The state institute for technical research.) Helsinki.
- Hyyppä, J M I, Savolainen, K I, 1966, On segregation and density variations in asphalt surfacings. (The state institute for technical research.) Helsinki.
- Höbeda, P, 1966, Erfarenheter av hållfasthets- och kornformsbestämningar för stenmaterial till vägändamål. (Statens Väg-institut.) Specialrapport 41. Stockholm.
- Ingmar, T, 1970, Grus och natur. Sveriges Natur. Svenska Naturskyddsföreningens årsbok 1970. Stockholm.
- James, J G, 1972, Quantities and prices in new road construction, 1969. A brief analysis of 60 successful tenders. (Transport and Road Research Laboratory.) Report LR 513. Crowthorne, Berkshire, England.
- Jones, T R, Otten, E L, Machemehl, C A, Carlton, T A, 1972, Effect of Changes in gradation on strength and unit weight of crushed stone base. (Highw Res Rec.) Washington, USA.
- Karttunen, T, Sneck, T, 1958, Inverkan av humushaltig sand på betongens hållfasthet, Nordisk Betong, 1958, nr 4. Stockholm.
- Klian, G, 1971, Strassenbaugestein als Markenartikel - gezeigt am Beispiel des "Wölfrather Viadur". (Str U A). Bonn - Bad Godesberg, Deutschland.
- Kohler, G, 1971, Verhalten von Gesteinssplitten beim Durchgang durch Trockentrömmeln und Möglichkeiten zur Prüfung der Hitzebeständigkeit. (Stat Mischwerk Stein.) Offenback, Deutschland.
- Körnungen, 1972, Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Strassenoberbau, abschnitt: Körnungen. (Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen.) Köln, Deutschland.
- Larsen, G, 1959, Petrografisk undersøgelse af betongrus. - Hvorfor og hvordan. Beton-Teknik, 1959, årg 25. København.
- Larsen, G, 1962, Danske betongrusmaterialers kornform og kornoverflade. Nordisk Betong, 1962, nr 2. Stockholm.
- Leins, W, Huning, P, 1968, Road subgrade layers made of unbroken and broken coarse gravel and filled with gravelly sand, chippings and crushed stone sand. (Westdeutscher Verlag.) Research report from the country of North Rhine, Westfalia, Deutschland.

Lichtmanegger, O, Gämmerler, H, 1972, Modern gravel excavation and construction plants in Rumania. (Aufbereitungs-Technik Verlag.) Wiesbaden, Germany.

Lindgren, K E, 1964, Sand till mur- och putsbruk. Byggmästarren, 1964, nr 9. Stockholm.

Ljungfelt, I, 1966, Betongundersökningar med skånska grusmaterial. (Cement- och Betonglaboratoriet, Limhamn.) Cement och Betong, 1966, nr 3. Stockholm.

Martna, J, Sällström, S, 1967, Värdering och framställning av betongballast - erfarenheter från svenska kraftverksbyggen. Nordisk Betong, 1967, nr 3. Stockholm.

Miljövänlig bergkrossanläggning. Industriell Teknik, 1973, nr 5. Stockholm.

Nagel, J, 1969, Stresseing and testing of rock chippings. (Technische Hochschule Aachen.) Germany.

Nerenst, P, 1967, Praktiske erfaringer vedrørende lokaliserings og vurdering af grusforekomster. Nordisk Betong, 1967, nr 3. Stockholm.

Netteberg, F, Holleman, H A, 1973, Natural materials. Investigation of technical properties in roads, such as hardness, durability, self-cementing, influence of salts etc. (National institute for road research.) Pretoria, South Africa.

Nilsson, B, 1966, Fabrikstillverkat betonggrus i Kvidinge. Cement och Betong, 1966, nr 3. Stockholm.

Oberbuchner, S, Experience in flexible pavement construction near the Weilheim road construction office, Bitumen, 1969. Hamburg, Germany.

Oksala, N, 1962, Über die Faktoren mit Einfluss auf die Stabilität von Asphaltbelägen. (Staatliche technische Forschungsanstalt.) Helsinki.

Poijärvi, H, 1967, Inverkan på betongens egenskaper av ballastens fina partiklar. Nordisk Betong, 1967, nr 3. Stockholm.

Roosaar, H, 1962, Vessby, E, Betongskador orsakade av kismineral i ballast. Nordisk Betong, 1962, nr 3. Stockholm.

Sahlström, T, Winqvist, B, 1973, Åtgången av krossat berg för bergöverbyggnad. (Tekniska Högskolan, institutionen för vägbyggnad.) Examensarbete. Stockholm.

Sand and gravel extraction, 1973, Final report of the working party for the Western and Maidenhead service areas. (Standing conference on London.) London.

Sand and gravel production, 1966-67, Ministry of public building and works. London.

Schiele, N, 1963, Entwicklungstendenzen in den Steinbrücken der Industrie der Steine und Erden. Nobel Hefte, årg 29, nr 1. Köln, Deutschland.

Schutte, E, 1968, Suitability and Quality tests for road construction aggregates. (Strassenbautechnik.) Köln, Deutschland.

Silverleaf, A, 1972, The aggregates industry: Some possible effects of technical requirements and innovations. (Cement Lime and Gravel.) London, England.

Sorgenfrei, T, 1967, Ingeniørgeologisk vurdering af grusforekomster. Nordisk Betong, 1967, nr 3. Stockholm.

SOU 1951:35, Den svenska byggnadsmaterialmarknaden. Produktion, distribution och prissättning av jord- och stenindustrins material. Tengvik, N, 1951. Stockholm.

SOU 1957:12, Stommaterial från jord- och stenindustrin. Betänkande avgivet av 1947 års byggnadsmaterialutredning. Stockholm.

SOU 1960:3, Grusexploateringen i Sverige. Gruskonsumtion - grustillgång - grusinventering - grusexploatering. Braunstein, Å. Stockholm.

SOU 1971:17, Malm - jord - vatten. Betänkande avgivet av 1964 års geologiutredning. (Statens offentliga utredningar.) Stockholm.

Specifications for highway bridge construction, 1967. (National Association of Australian State Road Authorities.) Sydney, Australia.

Specification for mastic asphalt for building. (Natural rock asphalt aggregate.) (British Standards Institution.) 1973. London, England.

Stenanvisningar, 1972, Anvisningar till skydd mot yrkesskada genom damm, buller och skakningar vid brytning och bearbetning av sten. (Arbetarskyddsstyrelsen.) Anvisning nr 75. Stockholm.

Stenkrossar, 1973, Anvisningar till skydd mot yrkesskada genom damm, buller och skakningar vid stenkrossverk. (Arbetarskyddsstyrelsen.) Anvisningar nr 83. Stockholm.

Strömgren, S, 1963, Beläggningstekniken på nya vägar. Byggnadsindustrin, 1963, nr 16. Stockholm.

Swanson, L H, 1974, Morainic gravels in bituminous surfacings: Results from six scottish experiments. (Department of the environment, transport and road research laboratory.) Crowthorne, Berkshire, England.

Syed, M A, 1971, Polished stone values of Nova Scotia road surfacing aggregates. (Nova Scotia Technical College.) Halifax, Canada.

Wason, O P, Upaal, H L, 1972, Study of soft aggregate from different parts of India with q view to their use in road construction. (Central Road Research Institute.) Delhi, India.

Werner, G, 1970, Miljökraven låser grusåsarna. Sjöbottnar och berg ersätter. Byggnadsindustrin, 1970, nr 40. Stockholm.

Versträten, J, 1968, Crushed stone and bituminous foundations. (Technique Routiere.) Brussels.

Wild, C, 1971, Betrachtungen zur geplanten Einführung der ISO-prüfsieböffnungen. (Naturstein ind.) Offenbach, Deutschland.

Winter, I, 1969, Mobila kross- och sorteringsverk för stenbrott. Kullagertidningen, 1969, nr 163. Stockholm.

Wredenfors, W, 1967, Kalk-, cement- och betongindustrin. Svenska Gruvföreningens årssammanträde, Meddelande nr 124, Volym 8. Stockholm.

Öhrström, G, 1961, Grustäktsmetoder, grustäktsplaner och praktisk lönsamhet. Teknisk Tidskrift, 1961, nr 43. Stockholm.

SAMMANFATTNING OCH REKOMMENDATIONER

Inledning

Huvuddelen av det material, som den svenska sten- och grus-industrin producerar, går till

betong	- betongkonstruktioner
vägar	- vägkroppens uppbyggnad
	- asfaltbundna beläggningar
övriga anläggningar	- grundkonstruktioner för hus
	- fyllningar för vägbankar, rörgravar, planerade ytor etc.

Av materialet går ungefär hälften till vägar och resten jämnt fördelat till betong och övriga anläggningar.

Omkring tre fjärdedelar av materialet hämtas från naturgrusfyndigheter och endast en fjärdedel från bergtäkter. Årligen försvinner alltså naturgrus motsvarande 150 å 200 km av en tänkt ås med basen 60 m och höjden 10 m. Detta resulterar i att landets grusbristområden växer relativt snabbt.

I den föreliggande utredningen studeras olika faktorer, som påverkar valet mellan naturgrus och bergkrossmaterial. För en bättre framtida hushållning med landets naturgrusresurser erfordras att bergkrossmaterial väljs i långt större omfattning än som nu är fallet. Från teknisk synpunkt synes det möjligt att nästan helt övergå till bergkrossmaterial, men från praktisk synpunkt torde en ökning till cirka 50-60 % av den totala materialförbrukningen vara möjlig.

Litteraturgenomgång

Litteraturstudiet omfattade i föreliggande utredning totalt 365 referenser, varav cirka 130 varit användbara. Av dessa referenser var ungefär 40 % utländska.

Av gällande bestämmelser och anvisningar för betongkonstruktioner och väganläggningar framgår att numera i stort sett valfrihet råder mellan naturgrus- och bergkrossmaterial. Det senare materialet kan även innebära tekniska och ekonomiska fördelar för såväl betong- som vägkonstruktioner.

Utomlands används mer bergkrossmaterial än i Sverige, vilket torde bero på annorlunda geologiska förutsättningar.

Materialegenskaper, kvalitetsaspekter och användningsområden

I utredningen har studerats ett antal olika materialegenskaper och deras inverkan på valet av material till olika användningsområden.

Sammanfattningsvis kan sägas att kvalitetskravet är störst för material till bituminösa beläggningar, där numera nästan enbart krossprodukter av berg och naturgrus används.

För material till den övriga vägkroppen stiger kraven ju närmare den färdiga vägytan materialet skall placeras. På senare år har bergandelen av materialet till vägar ökat genom att vägar numera medvetet förläggs så att bergskärningar och därmed krossmaterial erhålls. Fortfarande torde dock huvuddelen av vägmaterialet baseras på naturgrusmaterial. Det borde därför vara möjligt att för gatu- och vägmateriell kraftigt öka bergkrossandelen.

Kraven på material till betong är även höga. Som betongballast används för närvarande huvudsakligen naturgrusmaterial, men en inblandning av bergkrossmaterial börjar alltmer förekomma och torde kunna ökas i framtiden.

Till övriga ändamål, främst olika typer av fyllningar, är materialkraven ej så specificerade. Större delen av det material, som används, torde utgöras av naturgrus och detta utgör alltså den tredje sektorn, där en övergång till bergkrossmaterial med fördel skulle kunna göras.

Brytnings- och behandlingsmetoder

I utredningen har en genomgång gjorts av olika brytnings- och behandlingsmetoder, främst som en information om tekniken vid brytning, tillverkning och hantering av olika ballastmaterial.

Prissättningsfaktorer

Grus- och bergmaterialpriserna påverkas av en rad olika faktorer, vilket gör att stora prisvariationer förekommer i landet. Priserna påverkas sålunda av

Tillgång och efterfrågan

Låg tillgång respektive hög efterfrågan verkar prishöjande. Låg efterfrågan på viss fraktion kan också verka prishöjande genom att omkrossning kan erfordras.

Kvalitetskrav

Ju högre förädlingsgrad på en produkt desto mer arbete åtgår för att åstadkomma detta och priset påverkas. Ett hårt material, som ger hög kvalitet,

kan orsaka större nötning på maskiner, större sprängmedelsåtgång etc och därigenom bli dyrare. Materialet kan dock genom sin kvalitet medverka till att en totalt billigare konstruktion erhålls. Kvalitetsökningen kan i sin tur motivera att materialet betingar ett något högre pris.

Fyndighets läge och storlek

En fyndighets läge nära större väg är väsentligt för låg prisnivå, eftersom lastfordon därvid kan utnyttjas maximalt.

Fyndighetens storlek är väsentlig för prisnivån, eftersom en stor täkt kan utformas på ett rationellare sätt än en mindre täkt. Det är i regel också värdefullt att en större täkt kan erbjuda ett bredare sortiment.

Råmaterialpris

Råmaterialets pris varierar avsevärt beroende på tillgång och läge i landet. Priset påverkas av efterfrågan, av kvaliteten på gruset eller berget i täkten, av läget i förhållande till transportvägar och förbrukningsorter. Priset påverkas också av om materialet är lättåtkomligt eller om utvinningen är förenad med kostnader eller begränsningar för skydd av fornminnen, vattentäkter etc.

Exploaterings- och förädlingskostnader

Kostnaderna för detta moment innefattar kostnader för skogsavverkning, avbaning, borring, sprängning, brytning, upplastning, interna transporter etc. Kostnaderna påverkas också av i täkten ingående ej exploaterbara massors förflyttning (t ex lera). Kostnaderna påverkas vidare av arbetet med förädling av utvunnen produkt genom sortering, krossning och lagerhållning.

Transportkostnad

Transportkostnaderna påverkas av typen av fraktat material - grus eller bergkross - transportlängd, vägklass och tillåtet axeltryck.

Administration, vinst och marknadsvariationer

Kostnaderna påverkas av omfattningen av exploateringsföretagens administration, önskad vinst, kostnader för lokaler, utrustning och vissa maskiner samt av marknadsvariationer, vilka orsakas av rådande konkurrenssituation och efterfrågan.

I utredningen har ett studium utförts av de olika kostnadsfaktorerna och hur de kan antas bilda det slutliga produktpriset. Den visade fördelningen blir dock mycket ungefärlig på grund av de olika delkostnadernas stora variationer med läge och förutsättningar i landet.

Ökad användning av bergkrossmaterial

I utredningen har försök till uppskattning gjorts av den nuvarande förbrukningens fördelning på naturgrus och bergkrossmaterial jämte ansatser till hur denna fördelning skall kunna påverkas.

Utredningen syftar till att förändra nuvarande brytningsmönster mot en ökad användning av bergkrossmaterial för att spara naturgrus och åstadkomma en bättre hushållning med landets resurser.

I landet finns vissa grusbristregioner och här ligger också merparten av de svenska bergkrossverken i dag. Men i landet finns också stora områden, där bergtäkter helt saknas på grund av god grustillgång. I dessa områden vore det önskvärt med bergetablering för att uppnå ett bättre utnyttjande av materialresurserna. Den större delen av den svenska berggrunden är relativt lättillgänglig och bergkvaliteten är visserligen varierande, men som regel användbar utom i vissa speciella regioner.

Investeringskostnaderna för bergkrossverk är mycket höga och detta bromsar etableringen av nya anläggningar, som främst i inledningsskedet kan få besvärliga konkurrensförhållanden med befintliga grustäkter. En ökad användning av bergkrossmaterial bromsas också av att priset för materialet ligger högre än för naturgruset. Sådana konstruktionsfördelar kan i vissa fall uppnås som kompenserar materialets högre pris.

För att uppnå en ökning av bergkrossandelen har i utredningen föreslagits följande åtgärder

1. Översyn av gällande bestämmelser och anvisningar

Den rådande valfriheten mellan naturgrus och bergkrossmaterial bör reduceras genom översyn av gällande bestämmelser och anvisningar för att därigenom åstadkomma en hårdare styrning mot bergkrossmaterial. Utomlands har sådana åtgärder redan genomförts.

2. Information till förbrukare

Det är väsentligt att myndigheter, entreprenörer, konstruktörer och övriga, som påverkar byggnadstekniska program och anvisningar och därmed indirekt materialanvändningen, får aktuell information om grustillgångar och möjligheter till och fördelar av utnyttjande av bergkrossmaterial.

3. Standardisering av fraktionsantal och krossverksutrustning

Standardiseringen av utnyttjade fraktioner bör göras redan vid översynen av bestämmelserna. Genom att ett färre antal fraktioner skulle behövas, skulle krossutrustningar och sorteringsverk kunna göras enklare och kostnaderna därigenom reduceras för de tillverkade materialen.

4. Statistik över förbrukning och användning

En förbättrad statistik över produktionen och dess fördelning på material- och fraktionsbehov inom byggnadsindustrin skulle underlätta styrningen av det framtida materialvalet. Det skulle därigenom bli lättare att prognostisera det framtida behovet och kunna tillgodose det med material, som kan väljas efter då rådande tillgångar.

5. Reservering av framtida täktområden

Vid kartläggning av landets materialtillgångar bör lämpliga täktområden för framtiden reserveras. Stora materialuttag inverkar under en brytningstid ofta negativt på omgivande miljö. Genom att redan nu i pågående regionplanearbete avsätta framtida täktområden torde många framtida konflikthanledningar kunna minskas, samtidigt som för täktändamål lämpligt material ej låses av andra planer.

6. Förbättrad undersökningsmetodik för bergtäkter

För att undvika dyrbara felinvesteringar vid etablerande av bergtäkter erfordras en säker bedömning av det tilltänkta täktmaterialets kvantitet och kvalitet. Sådana undersökningar utförs sedan länge, men undersökningsmetodiken behöver ytterligare utvecklas och förbättras för att möjliggöra en säkrare bedömning av att täktmaterialet kommer att uppfylla de allt hårdare krav som framtiden kommer att ställa.

REFERAT

På uppdrag av Statens råd för byggnadsforskning har Orrje & Co - Scandiaconsult genomfört en utredning om möjligheterna att spara naturgrusmaterial genom en ökad användning av bergkrossmaterial. Utredningen har baserats på litteraturstudier jämte information från i branschen verksamma företag och myndigheter.

Utredningen visar att en övergång till bergkrossmaterial inte innebär några olösliga tekniska problem. Tvärtom ger bergkrossmaterialet i vissa fall såväl tekniska som ekonomiska fördelar. En övergång bör kunna göras för nästan alla användningsområden med undantag för beläggningsmaterialsektorn, som redan nu till övervägande del använder bergkrossmaterial.

I utredningen har bl a föreslagits en översyn av gällande bestämmelser och anvisningar, mer information om det önskvärda målet att förskjuta materialanvändningen från naturgrus till bergkrossmaterial, standardisering och minskning av antalet erforderliga fraktioner, standardisering av krossverksutrustningar, inventering av framtida bergtäktslokaler samt införande av statistik över produktion och konsumtion av grus- och stenmaterial för att uppnå en bättre styrning och kontroll av materialanvändningen.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 740300-5 från Statens råd för byggnadsforskning till Orrje & Co — Scandiaconsult, Stockholm.

R11: 1977
ISBN 91-540-2659-8
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6600611
Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403,
111 84 Stockholm

Pris: ca 27 kronor + moms