

Miljösystemanalys av regional materialförsörjning

En undersökning av bärighetsåtgärder med
restprodukter i Norrbottens län

Lovisa Magnusson



UPPSALA
UNIVERSITET

Teknisk- naturvetenskaplig fakultet
UTH-enheten

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Hus 4, Plan 0

Postadress:
Box 536
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 03

Telefax:
018 – 471 30 00

Hemsida:
<http://www.teknat.uu.se/student>

Abstract

Miljösystemanalys av regional materialförsörjning

Environmental systems analysis of regional supply of material

Lovisa Magnusson

Every year, large amounts of residual products arise from industrial processes. Meanwhile, the use of conventional aggregates is considerable. According to Swedish environmental law, natural resources should be conserved and the use of alternative materials should be promoted. The purpose of this degree project was to investigate how the use of residual products can be environmentally evaluated in a plan for the supply of material for the County of Norrbotten, and if it is preferable to decrease the amount of conventional aggregates in favour of residual products.

The study was carried out as an Environmental systems analysis (ESA), comparing two scenarios for the supply of material for the improvement of road-bearing capacity. In scenario 1, all constructions in the county were performed with conventional aggregates and the residual products were deposited in a landfill, while in scenario 2 the residual products were used in the constructions.

The result of the environmental systems analysis indicated that the use of residual products is preferable when it comes to resource use and emissions to air. However, utilizing residual products means increased emissions to water and the ESA should therefore be supplemented with site-specific environmental risk assessments for decision support. The use of residual products can play a vital part in the supply of material for the county and hence contribute to the fulfilment of Sweden's environmental quality objectives.

Handledare: Erik Kärrman, Ecoloop
Ämnesgranskare: Roger Herbert
Examinator: Elisabet Andrésdóttir
ISSN: 1650-8319, UPTec STS06 008

Sammanfattning

I miljöbalkens andra kapitel står det att naturresurser ska beaktas och att återvinning och återbruk ska premieras. I de flesta naturresursplaner som finns förekommer dock bara traditionella material. Detta är olyckligt i flera meningar då möjligheten att alternativa material nyttiggörs begränsas dels med avseende på den allmänna kunskapen och dels med avseende på att de potentiella alternativen inte kommer med i den fysiska planeringen.

Syftet med examensarbetet är att undersöka hur användningen av restprodukter och traditionella material kan miljöbedömas i en materialförsörjningsplan för Norrbottens län. I studien utreds om det är fördelaktigt att minska andelen traditionella material till fördel för restprodukter vid bärighetsåtgärder i vägar och huruvida restprodukter kan spela en roll för länets framtida materialförsörjning.

För att jämföra miljöpåverkan från nyttjandet av restprodukter respektive traditionella material genomfördes en miljösystemanalys med metodik från livscykelanalys. Miljösystemanalysen har som ändamål att summera resurs- och miljökonsekvenser av de aktiviteter som krävs i systemets livscykel för att systemet ska kunna uppfylla sin funktion. Inledningsvis utfördes en inventering av tillgång och efterfrågan på traditionella material och restprodukter som skulle kunna användas vid anläggningsbyggande. Med utgångspunkt i inventeringen valdes bärighetsåtgärder på vägar med krossat berg, hyttsten och slaggrus ut för att undersökas vidare i miljösystemanalysen.

Tre typfall för bärighetsåtgärder utförda på 1 km väg utformades. I typfall 1 används enbart krossat berg till bärighetsåtgärden. I typfall 2 utförs bärighetsåtgärden med krossat berg och hyttsten och i typfall 3 består bärighetsåtgärden av krossat berg och slaggrus. De tre typfallen utgör i sin tur beståndsdelar i två olika scenarier, vilka jämför miljöpåverkan för det totala utförandet av bärighetsåtgärder i länet. I scenario 1 utförs alla bärighetsåtgärder i länet med krossat berg i enlighet med typfall 1 och restprodukterna deponeras. I scenario 2 nyttiggörs restprodukterna i linje med typfall 2 och 3.

Resultatet av miljösystemanalysen visar att för både typfallen och scenarierna så är nyttjandet av restprodukter mer fördelaktigt när det gäller resursanvändning och emissioner till luft. När det gäller emissioner till vatten ger emellertid bärighetsåtgärder med enbart krossat berg bättre värden. Vilket typfall eller scenario som är mest fördelaktigt beror på vilken typ av miljöpåverkan man ser till. I ett regionalt resurshushållningsperspektiv är scenario 2 med nyttiggörande av restprodukter mest fördelaktigt. I ett lokalt perspektiv behövs dock en komplettering med lokala miljöriskbedömningar och en noggrann avvägning mellan typfallen för att se vilken åtgärd som är mest lämplig för områdets lokala förutsättningar. Ur naturressurssynpunkt är det fördelaktigt att minska andelen traditionella material till fördel för restprodukter. Nyttjandet av restprodukter kan spela en roll i länets materialförsörjning och bidra till uppfyllandet av miljömålen.

Innehållsförteckning

1 Inledning	3
1.1 Bakgrund	3
1.2 Syfte	3
1.3 Avgränsningar	4
2 Metod	5
3 Inventering av tillgång på traditionella material och restprodukter i Norrbottens län	7
3.1 Inventering av traditionella material	7
3.1.1 Tillvägagångssätt	7
3.1.2 Naturgrus	7
3.1.3 Morän	7
3.1.4 Krossberg	8
3.1.5 Resultat	8
3.2 Inventering av restprodukter	9
3.2.1 Tillvägagångssätt	10
3.2.2 Gruvindustrin	10
3.2.3 Stålindustrin	12
3.2.4 Massa- och pappersindustrin	13
3.2.5 Restprodukter från övriga producenter	14
3.2.6 Resultat	16
4 Inventering av efterfrågan på material för anläggningsbyggande i Norrbottens län	18
4.1 Tillvägagångssätt	18
4.2 Vägar	18
4.3 Järnvägar	19
4.4 Deponier	19
4.5 Industrier	20
4.6 Resultat	20
5 Val av anläggningsprojekt och restprodukter	21
6 Vägkonstruktionen	22
6.1 Materialkrav vid konstruktion av en väg	23
6.2 Materialtekniska och miljömässiga egenskaper	24
6.3 Bärighetsåtgärder	24
6.4 Beskrivning av typfall och scenarier	25
7 Miljösystemanalys	28
7.1 Metod	28
7.2 Definition av mål och omfattning	30
7.2.2 Syfte med miljösystemanalysen	30
7.2.3 Funktionell enhet	31
7.2.4 Systemgränser	31
7.3 Inventeringsanalys	33
7.4 Miljöpåverkansbedömning	34
7.4.1 Klassificering	34

7.4.2 Resultat och normalisering	36
7.5 Tolkning av resultat för typfallen	37
7.5.1 Resursanvändning	37
7.5.2 Emissioner till luft	38
7.5.3 Emissioner till vatten	39
7.6 Tolkning av resultat för scenarier	40
7.6.1 Resursanvändning	41
7.6.2 Emissioner till luft	42
7.6.3 Emissioner till vatten	43
8 Diskussion och vidare studier	45
9 Slutsatser	48
Referenser	49
Bilaga 1: Kontaktade aktörer	53
Bilaga 2: Inventering av tillgång på traditionella material i Norrbottens län	54
Bilaga 3: Karta över tillgången på traditionella material i Norrbottens län	55
Bilaga 4: Inventering av tillgång på restprodukter i Norrbottens län	56
Bilaga 5: Inventering till miljösystemanalysen	60

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Varje år uppkommer stora mängder restprodukter från industrier och andra verksamheter. Samtidigt används nästan uteslutande naturmaterial som ballast för anläggningsändamål. I en av miljöbalkens hänsynsregler, 5 § 2 kap MB, står det att man ska hushålla med naturresurser och energi samt utnyttja möjligheten till återanvändning och återvinning. Detta avspeglas också i ett av riksdagens sexton nationella miljömål, God bebyggd miljö. Enligt delmål 4 ska uttaget av naturgrus i Sverige år 2010 vara högst 12 miljoner ton per år.

Även om bruket av naturgrus har minskat används fortfarande i huvudsak traditionella, ej förnyelsebara material vid anläggningsbyggande. Ett alternativ till nyttjandet av traditionella material är användningen av restprodukter. I Norrbottens län produceras ett flertal restprodukter som till exempel gråberg, askor och hyttsten. Flera av dessa restprodukter har visat sig användbara som byggnadsmaterial och används redan i stor utsträckning på kontinenten. I Norrbottens län finns en efterfrågan på material för anläggningsbyggande och ur materialförsörjningssynpunkt vore ett ökat tillgodogörande av restprodukter för detta syfte angeläget.

För att kunna använda restprodukter i anläggningsbyggande är det förutom kunskap om respektive restprodukts materialtekniska egenskaper även av yttersta vikt att känna till hur materialet påverkar miljön. Även om flera restprodukter har visat sig ha miljömässiga egenskaper liknande de hos naturliga material kan en del restprodukter innehålla miljöfarliga ämnen i form av exempelvis tungmetaller. Här kan man se en konflikt mellan hushållandet med naturresurser och skyddet av miljön. Å ena sidan är det viktigt att hushålla med naturresurser och värna om friskt dricksvatten från våra grusåsar. Å andra sidan behövs material för anläggningsbyggande som dessutom inte får tillföra alltför mycket påverkan på miljön. Med kunskap och riktlinjer för hur restprodukter kan användas skulle detta problem kunna undvikas. Det finns redan idag kunskap om användning av restprodukter, men det saknas riktlinjer för hur restprodukterna ska användas. En metodik för att främja återanvändning av material på ett miljövänligt sätt skulle vara av intresse för kommunerna i deras översiktliga planering, för företag i ballastbranschen och för länsstyrelserna.

I det här examensarbetet undersöks vad som är bäst ur miljösynpunkt vid bärighetsåtgärder i vägar, att fortsätta göra uttag av naturliga material för att täcka materialbehovet eller att använda sig av restprodukter.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att undersöka hur användning av restprodukter och traditionella material kan miljöbedömas i en materialförsörjningsplan för Norrbottens län.

Med hjälp av miljösystemanalys besvaras följande frågor: Är det fördelaktigt ur miljösynpunkt att minska andelen traditionella material till fördel för restprodukter vid bärighetsåtgärder i vägar? Kan restprodukter spela en roll i länets materialförsörjning? Hur kan man använda restprodukter som uppkommer på bästa sätt?

1.3 Avgränsningar

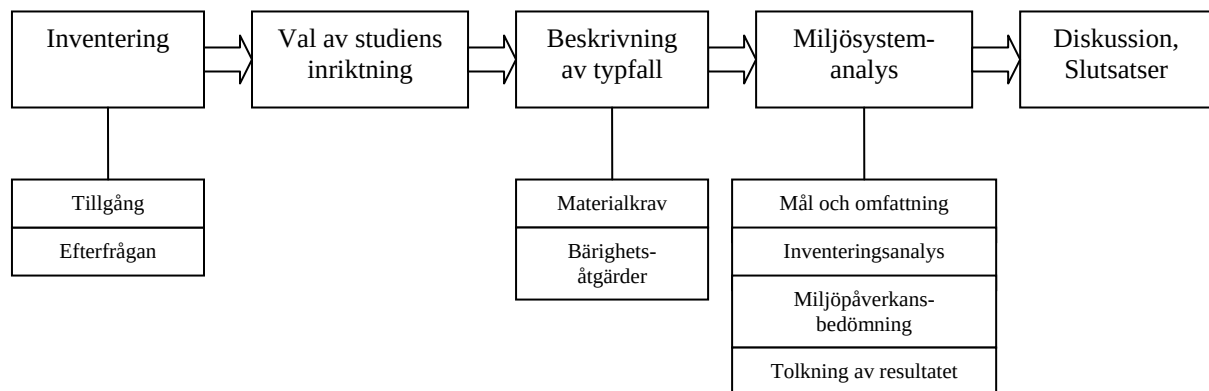
Inventeringen av traditionella material och restprodukter har avgränsats geografiskt till Norrbottens län. Inget inflöde eller utflöde av ballastmaterial och restprodukter antas ske. För indata till miljösystemanalysen har även nationella data använts.

Studien tar upp flera olika typer av anläggningsbyggande, men är i huvudsak koncentrerad till vägbyggnad. Undersökningen har begränsats till att inte gälla material som tas från väglinjen samt andra tillfälliga schakt- och muddermassor. Kvantiteterna av dessa överskottsmaterial har inte inventerats, då det är svårt att få tillgång till information om var och när dessa massor uppkommer.

Miljösystemanalysen som utförs använder metodik från livscykelanalys (LCA). Samtliga flöden följs inte från vaggan till graven, det vill säga under hela deras livscykel. Analysen begränsas förutom i produktionen av krossat berg till att omfatta endast användningen av råmaterial för olika produkter i systemet. Produktionen av till exempel bränsle och maskiner omfattas inte av studien. Restprodukter antas uppkomma även om de inte nyttiggörs varvid produktionen av dessa inte inkluderas. Omhändertagande av materialen vid nya bärighetsåtgärder innefattas inte av studien.

2 Metod

För att jämföra de miljömässiga fördelarna och nackdelarna med att använda restprodukter respektive konventionella material används miljösystemanalys som metod. Miljösystemanalys är fördelaktig eftersom den lyfter in hushållning av resurser som till exempel minskad deponering och ett minskat uttag av naturresurser i analysen och kan komplettera platsspecifika riskbedömningar av användning av restprodukter.



Figur 1: Arbetsgång.

Inledningsvis utfördes en inventering av tillgång och efterfrågan på material för anläggningsbyggande i Norrbottens län (se figur 1). Syftet med inventeringen var att identifiera de mängder och typer av restprodukter och traditionella material som uppkommer i Norrbottens län samt var i regionen dessa material finns.

Inventeringen av traditionella material och restprodukter utfördes genom litteraturstudier, databassökningar och kontakter med bland annat Länsstyrelsen, kommuner och företag. Dessa mängder relaterades till efterfrågan på byggnadsmaterial i regionen, till exempel planerade vägar och sluttäckning av deponier. Behovet av byggnadsmaterial undersöktes genom kontakter med bland annat Vägverket, Banverket och kommuner om deras kommande projekt och materialbehov. Därefter valdes bärighetsåtgärder på vägar ut som lämpliga anläggningsprojekt för nyttjande av restprodukter. Hyttsten och slaggrus valdes ut som restprodukter lämpliga att undersöka närmare i en miljösystemanalys.

I kapitel 6 redogörs för anläggningsbyggande av vägar. En vägs uppbyggnad, materialkrav, materialtekniska och miljömässiga egenskaper samt utförandet av bärighetsåtgärder behandlas. Denna del har till största delen utförts genom litteraturstudier bland annat i ATB väg 2004 samt genom kontakter med Vägverket. En typväg och tre möjliga typfall av bärighetsåtgärder valdes ut. Typfallen i sin tur utgör beståndsdelar i två skilda scenarier, ett i vilket bärighetsåtgärder utförs med traditionella material och det andra i vilket även restprodukter nyttiggörs. Dessa undersöktes därefter med miljösystemanalys med metodik från livscykelanalys. En livscykelanalys är en sammanställning och evaluering av inflöden, utflöden och potentiella miljöeffekter från ett system över hela systemets livscykel (ISO14040:1997 s.6). Metodiken för hur en livscykelanalys ska genomföras har standardiserats och finns sammanställd i ISO 14040-serien. Standardiseringen möjliggör en objektiv jämförelse av olika verksamheter och produkter. En livscykelanalys utförs i fyra faser: definition av mål och omfattning, inventeringsanalys, miljöpåverkansbedömning samt

tolkning av resultaten. En utförligare behandling av livscykelanalys och dess faser ges i avsnitt 7.1.

När de formulerade typfallen och scenarierna analyserats och jämförts med miljösystemanalys blev slutprodukten en excel-fil där skillnaden i miljöpåverkan mellan de olika typfallen och scenarierna kan ses. Tonvikten låg på att jämföra skillnader i miljöaspekter, följaktligen uteslöts likheterna i typfallen. För att klargöra vad som är stort och smått i sammanhanget normaliserades varje utflöde utifrån nationella förbrukningsvärden per person. Därefter togs miljöindikatorer fram genom att analysresultaten bedömdes tillsammans med de 16 svenska miljökvalitetsmålen.

I kapitel 8 förs en diskussion med utgångspunkt i resultaten av inventeringen och miljösystemanalysen och förslag till vidare studier ges. Slutligen i kapitel 9 dras slutsatser.

3 Inventering av tillgång på traditionella material och restprodukter i Norrbottens län

3.1 Inventering av traditionella material

Ballast kan definieras som granulärt material, främst bergmaterial, för bygg- och anläggningsändamål. De traditionella ballastmaterialen är naturgrus, morän och krossberg. Ballast används i alla typer av anläggningsbyggnad.

3.1.1 Tillvägagångssätt

För att inventera tillgången på traditionella material i Norrbottens län användes huvudsakligen information från Sveriges Geologiska Undersökning (SGU). Den totala mängden traditionella material som producerades år 2004 redovisas läns- och kommunvis i SGU:s rapport Grus, sand och krossberg – Produktion och tillgångar 2004 (Berg et al. 2005). För en fullständig redovisning av mängden ballastmaterial i Norrbottens län, se Bilaga 2.

För att få en tydligare geografisk överblick av produktionen av traditionella material i länet användes SGU:s karttjänst Ballast och industrimineral. Här framtoogs en karta med uppgifter om lokalisering av produktionen av ballastmaterial samt aktuella mängder (Bilaga 3).

3.1.2 Naturgrus

Naturgrus kan definieras som ”naturligt sorterade jordarter som består av sten, grus, och sand och som ifråga om bildningssätt kan hänföras till någon av kategorierna isälvsavlagring, svallsediment, älvsediment eller vindavlagrade sediment” (Esko & Grånäs 2000 s.5).

Naturgrus har traditionellt använts till anläggningsbyggnad av exempelvis vägar, järnvägar och broar, som fyllning, samt till betongtillverkning. I enlighet med delmål 4 i God bebyggd miljö om uttag av naturgrus, försöker man begränsa användningen av materialet. Det huvudsakliga ersättningsmaterialet för naturgrus är krossat berg.

Även om den totala mängden ballast som har producerats i Sverige har varit tämligen konstant så har uttaget av naturgrus minskat de senaste 20 åren. Fastän en ökning av uttaget av naturgrus har skett under år 2003-2004 finns det en möjlighet att detta delmål kan komma att uppfyllas. Det sammanlagda uttaget av naturgrus i Sverige år 2004 var 21 miljoner ton, vilket motsvarar ungefär 27 % av den totala mängden producerade traditionella ballastmaterial (Berg et al. 2005 s.4). I Norrbottens län producerades år 2004 cirka 1,3 miljoner ton naturgrus (Berg et al. 2005 s.38). Andelen uttaget naturgrus i Norrbotten har under perioden 1993-2004 minskat från 63 % till 35 % av ballastproduktionen (Berg et al. 2005 s.53). Enligt Norrbottens regionala miljömål ska uttaget av naturgrus i länet vara högst 0,9 miljoner ton år 2010 (Boverket 2005 s.35). År 2004 fanns det 113 tillståndspliktiga naturgrustäkter i Norrbottens län (Suup & Wallin 2005 s.11).

3.1.3 Morän

Morän är en osorterad jordart med mycket varierande ytformer och sammansättning. Moränavlagringar bildades när inlandsisen plockade upp, transporterade och krossade sten och berg. Morän täcker två tredjedelar av Sveriges yta och är därmed landets vanligaste jordart (Esko & Grånäs 2000 s.7).

Även om tillgången på morän är god producerade Norrbotten endast cirka 190 000 ton morän år 2004, vilket motsvarar 5 % av Norrbottens totala ballastproduktion (Berg et al. 2005 s.23). I hela Sverige producerades 1,6 miljoner ton morän år 2004 (Berg et al. 2005 s.38).

Grov morän kan vara en ersättning för naturgrus. För att få ett bra ballastmaterial förädlas moränen genom att mindre partiklar tas bort och de grövsta partiklarna krossas (Esko & Grånäs 2000 s.12). Eftersom grovkornig morän har stor motståndskraft mot erosion kan den fördelaktigt användas i skyddsskiktet på deponier. Finkornig morän liknar lerjordar men är betydligt fastare, vilket gör den lämplig i deponiers tätskikt (Engström & Ulwan 2005 s.32).

3.1.4 Krossberg

Ungefär 2 miljoner ton krossberg producerades enligt Berg et al. (2005) i Norrbottens län år 2004. Produktionen av krossberg utgör därmed drygt hälften av all ballastproduktion i länet. I Sverige producerades totalt cirka 46 miljoner ton krossberg år 2004 (Berg et al. 2005).

Krossberg är i hög utsträckning ett lämpligt ersättningsmaterial för naturgrus. Målet är att naturgrus bara ska användas i tillämpningar där krossat berg eller andra ersättningsmaterial inte är tekniskt eller ekonomiskt möjliga. Ett område där naturgrus inte kan ersättas är för sand mindre än 2 mm som i första hand används som insatsvara för betongproduktion (Berg et al. 2004 s.44). Tillgången på krossat berg i Sverige är i princip oändligt, men begränsas av kvalitets- och miljökrav. (SGU 2005a) Länets stora avstånd och transportkostnader begränsar också möjligheterna att ersätta naturgrus med krossberg som ballastmaterial (Boverket 2005 s.17).

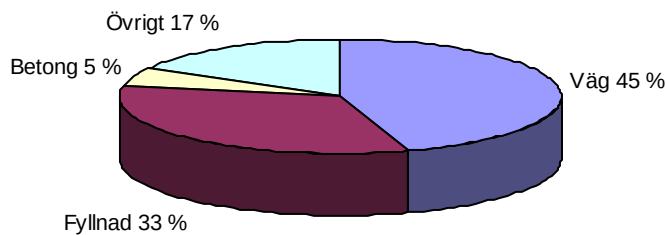
3.1.5 Resultat

Den totala produktionen av traditionella ballastmaterial i Norrbottens län och i Sverige sammanfattas i tabell 1. Kategorin övrigt material består till 90 % av krossat berg, till exempel skrotsten. Därav är den största posten berg från mobila krossar utan täktillstånd, till exempel i direkt anslutning till vägarbeten (Berg et al. 2004 s.25).

MATERIAL	NORRBOTTEN (TON/ÅR)	SVERIGE (TON/ÅR)
Naturgrus	1 341 000	21 009 000
Morän	194 000	1 600 000
Krossberg	2 017 000	46 641 000
Övrigt	338 000	8 046 000
Totalt	3 890 000	77 296 000

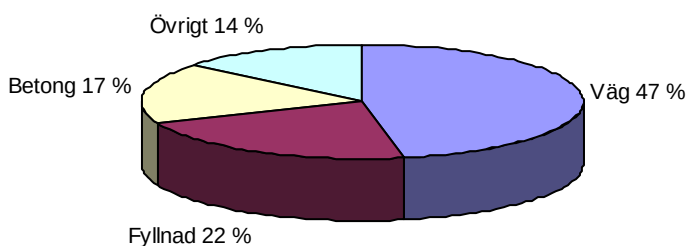
Tabell 1: Totala produktionen av traditionella material i Norrbottens län och i Sverige år 2004 (Berg et al. 2005).

Efterfrågan på ballast varierar med konjunkturen och skiftar beroende på antalet aktuella anläggningsprojekt. Den producerade mängden ballastmaterial har ökat markant mellan år 2003 och 2004, från drygt 3 miljoner ton till knappt 3,9 miljoner ton i Norrbotten. Produktionen av naturgrus har ökat från 900 000 till 1,3 miljoner ton. För att klara sitt regionala miljömål, 0,9 miljoner ton per år 2010, måste Norrbotten minska sin användning av naturgrus.



Figur 2: Användningsområden för ballastprodukter i procent i Norrbottens län år 2004 (Berg et al. 2005 s.9).

Det enskilt största användningsområdet för ballastmaterial är i vägbyggen och underhåll av vägar, vilket står för 57 % av den totala ballastproduktionen i Sverige och för 45 % i Norrbottens län (se figur 2). 33 % av ballastmaterialet i Norrbotten används till fyllnad, till exempel avjämning av markytor, och 5 % går åt till tillverkningen av betong. Återstående 17 % används till övriga användningsområden, till exempel järnvägsbyggnad och täckning av deponier (Berg et al. 2005 s.9).



Figur 3: Användningsområden för naturgrus i procent i Norrbottens län år 2004 (Berg et al. 2005 s.10).

Den procentuella användningen av naturgrus motsvarar till stor del den för ballastprodukter (se figur 3). Skillnaden är att en betydligt större del, 17 % av naturgruset, används till betongproduktion och endast 22 % till fyllnad. Naturgrus är mest oundgängligt ifråga om produktion av betong. Även om en större procentuell del av naturgruset används till betongproduktion kan man i linje med Berg et al. (2005) säga att 78 % av naturgruset användes inom områden där naturgrus inte var helt oundgängligt och sannolikt kunde ha ersatts med krossat berg eller lämpliga restprodukter.

3.2 Inventering av restprodukter

Restprodukter kan definieras som biprodukter som uppstår kontinuerligt i samband med framställning av den produkt som man i första hand avser att tillverka vid industriella processer (Wik et al. 2003 s.7, delvis mod.). Statens geotekniska institut (SGI) gjorde 2003 en inventering av tillgången på restprodukter som kan ersätta traditionella material i anläggningsbyggande i Sverige (Wik et al. 2003). I SGI:s inventering delas de olika

restprodukterna in efter respektive branscher där de produceras. I detta arbete tas endast de industrier och restprodukter upp vilka kan anses vara betydande i Norrbottens län. För en mer heltäckande presentation av alla industrier där det uppkommer restprodukter i Sverige och en beskrivning av samtliga restprodukter, se SGI:s rapport. De mest framträdande industrierna vad avser produktion av restprodukter i Norrbottens län är gruvindustrin, stålindustrin och massa- och pappersindustrin.

3.2.1 Tillvägagångssätt

Inventeringen av restprodukter i Norrbottens län har haft SGI:s inventering av restprodukter från 2003 som utgångspunkt. SGI har sammanställt en databas över de verksamheter i Sverige där det uppstår en större mängd restprodukter. I databasen anges bland annat verksamhetens namn, bransch och lokalisering, samt mängd restprodukter och hur dessa tas omhand.

För att få nyare och mer detaljerade uppgifter kontaktades de aktuella verksamheterna. Detta gjordes via telefon och e-post. Frågor som ställdes rörde bland annat vilka restprodukter som uppkommer, hur stora mängder av varje restprodukt som uppkommer samt vad verksamheten gör med restprodukterna idag.

Fem värmeverk i Norrbotten producerar en större mängd restprodukter, främst slaggrus och flygaska. I vissa fall var slaggruset och flygaskan uppblandad och i en del fall kunde ej mängden av var och en av dessa askor erhållas. Dessa fall redovisas enbart som aska, och betecknar därmed en blandning eller någon av dessa askor.

Restprodukterna avloppsslam och bygg- och rivningsavfall är inte med i SGI:s inventering av restprodukter. De sammanlagda kvantiteterna för kommunerna i länet är dock inte obetydliga. För information om avloppsslam kontaktades Länsstyrelsen i Norrbotten, Luleå kommun och Svenskt vatten. Det visade sig vara svårt att få tag i mängden avloppsslam i varje kommun. Den totala mängden avloppsslam beräknades istället utifrån genomsnittsvärdet 30 kg avloppsslam (torrsubstans) per person och år.

Undersökningen av den producerade mängden bygg- och rivningsavfall i länet utgick ifrån data för fyra kommuner: Luleå, Piteå, Boden och Gällivare. Dessa kontaktades och information om typer av bygg- och rivningsavfall, mängd, samt användningsområden inhämtades, i vissa fall ifrån kommunernas avfallsplaner. Utifrån beräkningar av hur mycket avfall som genereras per invånare i dessa fyra kommuner kunde en total uppskattning göras för var och en av de fjorton kommunerna och totalt i länet. Brännbart avfall har inte räknats med i kategorin bygg- och rivningsavfall eftersom det förbränns och därmed är inräknat i kategorin förbränning.

En utförligare redovisning av inventeringen av restprodukterna per företag och hur de tas om hand ges i Bilaga 4. Restprodukter som uppgår till mindre än 500 ton per år redovisas inte i studien. Nedan redogörs branschvis för de restprodukter som uppkommer i Norrbottens län.

3.2.2 Gruvindustrin

Av de 64 miljoner ton restprodukter som produceras i Sverige varje år utgörs så mycket som 90 % av restprodukter från gruvindustrin (Wik et al. 2003 s.33). En stor del av gruvindustrin ligger i Norrbottens län och industrin är en av Norrbottens viktigaste basnäringar. Den största mängden restprodukter från gruvindustrin kommer från anrikningssand och gråberg (se tabell 2).

RESTPRODUKT	PRODUCERAD MÄNGD (TON/ÅR)
Anrikningssand	21 213 000
Gråberg	31 163 000
Avfallskalk	24 000
Totalt	52 400 000

Tabell 2: Totala mängden restprodukter från gruvindustrin i Norrbottens län.

Anrikningssand

Anrikningssand är mineralpartiklar som uppstår när malm mals ned för att skilja ut metallhaltigt material (Wik et al. 2003 s.30). Anrikningssand används för närvarande inte i någon större utsträckning i anläggningsbyggande, då utlakningen är större än hos mer grovkorniga material på grund av dess större partikelyta. Sulfidhaltig anrikningssand kan också orsaka förurning och utlakning av tungmetaller. Rent materialtekniskt skulle materialet kunna användas i filterlager och som bundet material i beläggning (Wik et al. 2003 s.30). LKAB och Boliden deponerar i dagsläget all sin anrikningssand.

Gråberg

Mer än 31 miljoner ton gråberg produceras varje år av LKAB och Boliden i Norrbottens län. I hela Sverige produceras ungefär 60 miljoner ton restprodukter varje år, således utgörs drygt hälften av alla restprodukter av gråberg från Norrbotten. Gråberg utgörs av sidoberg vid dagbrottsbrytning och av tillredningsberg och sovringsavfall vid underjordsbrytning (Vägverket 2000 s.22).

Gråberg kan antas ha samma miljömässiga och materialtekniska egenskaper som bergkross. I vägar är gråbergsavfall särskilt lämpligt i bärlagret och förstärkningslagret samt som fyllning. Gråberg är också ganska väl lämpat som vägbeläggning (Vägverket 2000 s.6 f.). Andra användningsområden är som ballast i banvallar och vid täckning av deponier, då i skyddsskiktet, dräneringsskiktet eller i avjämningskiktet (Engström & Ulwan 2005 s.34). En del av Bolidens produktion utgörs av så kallat särhållet gråberg. Det betyder att gråberget innehåller mindre halter av metaller än annat gråberg och därmed har mindre risk för syrabildning (Wik et al. 2003 s.31). Särhållet gråberg är särskilt användbart i anläggningsbyggande. Ungefär 4-5 miljoner ton av det årliga gråbergsavfallet innehåller sulfidrester (Vägverket 2000 s.22), vilket i likhet med hos anrikningssanden kan leda till förurning och utlakning av tungmetaller.

Gråberg är ett lämpligt material att undersöka för vidare användning i anläggningsbyggande. Nackdelen med gråberg i ett nationellt perspektiv är att huvuddelen av produktionen sker i anslutning till gruvdriften i norra Sveriges inland. Att frakta gråberg en längre sträcka innebär såväl ekonomiska som miljömässiga effekter i form av transportkostnader och emissioner från transporterna. I Norrbotten kan dock gråberg vara ett intressant alternativ till bergkross, i synnerhet vid den förestående flyttningen av delar av Kiruna på grund av sprickbildningarna från gruvbrytningen. Gråberg har använts i Norrbotten, framförallt vid vägunderhåll. I samband med byggandet av riksvägen mellan Kiruna och Narvik användes stora mängder gråberg till bär- och förstärkningslagret (Vägverket 2000 s.22). Man undersöker även möjligheten att exportera gråberg med båt till Storbritannien, Holland och Tyskland.

3.2.3 Stålindustrin

De största mängderna restprodukter som uppkommer inom stålindustrin är olika typer av slag. Den viktigaste restprodukten ifråga om mängd och möjlig användning är hyttsten. Ungefär hälften av all hyttsten som uppkommer i Sverige produceras hos SSAB Tunnpå i Luleå, andra hälften uppkommer hos SSAB i Oxelösund (Vägverket 2000 s.24).

RESTPRODUKT	PRODUCERAD MÄNGD (TON/ÅR)
Hyttsten	400 000
LD-slagg	200 000
LD-slam	60 000
Bandslagg	70 000
Hyttstoft	40 000
Filterstoff	20 000
Masugnstoff	10 000
Stoft från stålverket	1 500
Totalt	~800 000

Tabell 3: Totala mängden restprodukter från stålindustrin i Norrbottens län.

Hyttsten

Masugnsslagg erhålls vid framställning av tackjärn i masugn (Wik et al. 2003 s.40). Masugnsslagg består i huvudsak av smälta naturliga bergarter, främst kisel, kalium, magnesium, aluminium och svavel. Genom att kyla masugnsslaggen i luft och med en mindre mängd vatten fås hyttsten (Sandström 2005). Hyttstenen bryts, krossas och sorteras därefter i önskade fraktioner. Möjliga användningsområden för hyttsten är vägbyggnad och vägunderhåll, grusvägar, ridbanor, som isolering och som råvara till cementindustrin. Hyttsten från Luleå används i huvudsak i förstärkningslagret i vägar. År 2002 hade tre miljoner ton använts i detta syfte (Jansson 2002 s.9). Hyttstens isolerande egenskaper gör att man kan bygga vägen tunnare och ändå undvika tjällyftningar. Andra fördelar med hyttsten är dess stabilitet, låga densitet, bärkraftiga egenskaper samt en viss självbindande förmåga (Vägverket 2000 s.25).

Även om hyttsten har lämpliga materialtekniska egenskaper och används i stor utsträckning både i Sverige och internationellt är dess miljömässiga egenskaper inte helt fastställda. Lakningstester har utförts som visar att innehållet av spårämnen i hyttsten kan jämföras med det i naturliga material, med undantag för vanadin (Tossavainen 2000 s.12). Hyttsten innehåller även svavel som är lätturlakat och lakas ut snabbt. Utlakningen av sulfat gör att det inte är lämpligt att använda hyttsten i närheten av en känslig recipient (Vägverket 2000 s.24). En annan nackdel med hyttsten är transportkostnaderna. Hyttsten anses lönsamt att transportera i en radie av 10-13 mil runt Luleå (Wikström 2005).

LD-slagg och LD-slam

LD-slagg är slag från Linz-Donawitz-processen i vilken man avlägsnar kisel från järnet så att det blir till stål. LD-slagg bildas av tillsatserna bränd kalk och dolomit, samt oxiderande ämnen från malmen, till exempel kisel, järn och fosfor. Även om LD-slaggs mekaniska egenskaper varierar beroende på porositeten så är restprodukten ur materialteknisk synvinkel möjlig att använda i samtliga väglager. Ur miljösynpunkt är användningen av LD-slagg mer tveksam, detta på grund av de höga halterna krom och vanadin (Wik et al. 2003 s.40). SSAB använde tidigare LD-slagg som kalkningsmedel till jordbruk, men har nu fått förbud att avyttra detta. I dagsläget återanvänds drygt hälften av LD-slaggen internt i masugnen som

slaggbildare. Återstoden av slaggen går till intern deponi och som markfyllnad på området. LD-slam som är mer finkornigt läggs till större delen på deponi. De grövre fraktionerna används i tillverkningen av bricketter som används i masugnen (Sandström 2005).

Övriga restprodukter från stålindustrin

Hyttstot från masugnen och filterstoff används till att göra bricketter till masugnen. Blandslag är det som blir kvar när man utvinnet järn ur slaggen så att den blir omagnetisk. Blandslagen deponeras och används som utfyllnad internt. Restprodukten skulle kunna användas i framtiden om man delar upp den i sina olika komponenter. Allt masugnsstoff läggs på intern deponi (Sandström 2005).

3.2.4 Massa- och pappersindustrin

Det finns tre stora massa- och pappersföretag i Norrbottens län, dessa är Kappa Kraftliner och SCA Packaging Munksund AB i Piteå och Billerud Karlsborg AB i Kalix.

Ett flertal restprodukter uppkommer vid massa- och pappersbruken (se tabell 4). De mest betydande restprodukterna är mesa, grönlutslam och askor. Andra restprodukter som produceras i större mängder av de tre företagen är fiberbioslam, sedimenteringsslam och plast- och returfiberrejekt. Tre olika användningsområden kan urskiljas för restprodukter från massa- och pappersindustrin, dessa är till sluttäckning av deponier, för övriga typer av anläggningsarbeten, samt för återföring till skogsmark (Wik et al. 2003 s.34). Möjligheten till askspridning i skogen undersöks aktivt, detta för att utnyttja askornas innehåll av näringsämnen och kalk. Ren aska från trä tillför näring och kan motverka oönskade miljöeffekter i skogen på lång sikt och därmed bidra till ett uthålligt skogsbruk (Ek & Westling 2003 s.27).

RESTPRODUKT	PRODUCERAD MÄNGD (TON/ÅR)
Mesa	9 500
Grönlutslam	22 000
Flygaska	3 000
Slaggrus	7 000
Fiberbioslam	15 000
Plast- och returfiberrejekt	8 000
Sedimenteringsslam	3 000
Övrigt	4 000
Totalt	71 500

Tabell 4: Totala mängden restprodukter från massa- och pappersindustrin i Norrbottens län.

Mesa

Mesa bildas då grönlut behandlas med kalk i kausticeringsprocessen. Kalken omvandlas till mesa som sedan i huvudsak bränns om till ny kalk (Engström & Ulwan 2005 s.36). Eftersom mesa är relativt ren kalciumkarbonat så kan den användas på många ställen där man idag använder ny kalksten (Ek & Westling 2003, s.21). Mesa kan till exempel användas som tätskikt eller i skyddsskiktet på deponier och i jordbruket. Försök har även gjorts med mesa som beståndsdel i vägar (Engström & Ulwan 2005 s.37). Mesan från dessa företag används i dagsläget externt, till exempel inblandat i ytskikt på grusvägar och som kalkersättningsmedel.

Grönlutslam

Grönlutslam består av oförbrända kolrester, processfrämmande grundämnen och mesa. Restprodukten bildas när grönlut från sodapannor renas från uppslammade partiklar (Wik et al. 2003 s.35). Eftersom det ännu inte finns något helt utrett användningsområde för grönlutslam, så är restprodukten befriad från deponeringsskatt (12 § NFS 2004:4). Försök har utförts med grönlutslam i tätskiktet på deponier, antingen ensamt eller blandat med flygaska. Man har också blandat grönlutslam och mesa i aska vid försök med återföring av restprodukterna till skogsmark (Ek & Westling 2003 s.21). Enbart grönlutslam lämpar sig inte som vägmateriel på grund av dess låga kompressionsstyrka, men försök med en blandning av grönlutslam, fiberslam och flygaska har genomförts vid vägbyggnad i Finland (Wik et al. 2003 s. 35). I dagsläget lägger de tre företagen allt sitt grönlutslam på intern deponi.

Askor

Vid de tre massafabrikerna produceras slaggrus och flygaska. Mer om askor se nedan i avsnitt 3.2.5.

3.2.5 Restprodukter från övriga producenter

De övriga större kvantiteterna restprodukter kommer från förbränning i värmeverk, stenindustrin, däck, kommunalt avloppsslam, samt från bygg- och rivningsavfall (tabell 5).

RESTPRODUKT	PRODUCERAD MÄNGD (TON/ÅR)
Flygaska	3 600
Slaggrus	18 300
Aska	2 600
Kalksten	7 000
Gummiklipp	4 000
Avloppsslam (torrvikt)	7 600
Bygg- och rivningsavfall	75 700
Totalt	~119 000

Tabell 5: Totala mängden restprodukter från övriga producenter i Norrbottens län.

Askor från förbränning

Vid förbränning i värmeverk bildas i huvudsak olika typer av askor, främst flygaska och slaggrus. Vad askan innehåller beror på vilket bränsleslag som används, vilken sorts förbränningspanna man har och vilken typ av rening av rökgaserna som finns installerad. Detta gör att olika askor har olika materialtekniska och miljömässiga egenskaper och måste användas och tas om hand på varierande sätt (Wik et al. 2003 s.20). Exempel på bränsleslag som förbränns är avfall, kol och biobränslen.

Flygaska

Flygaska är askämnen som följer med rökgaserna i förbränningsanläggningar och som sedan fastnar i olika typer av rökgasreningsutrustning, till exempel i elektrofilter (Wik et al. 2003 s.21). Flygaska innehåller i huvudsak kisel-, aluminium- och järnföreningar, alkalimetallföreningar och mindre mängder av andra metaller. Flygaska är mycket finkornig, partikelstorleken går att jämföra med silt. Med en viss mängd vatten kan flygaska härddas till ett tätt material med en låg permeabilitet. Försök har gjorts med flygaska blandat med grönlutslam som tätskikt på deponier (Ek & Westling 2003 s.20). Ett problem är att flygaska ofta har ett högt innehåll av klorider och tungmetaller och därför i vissa fall kan vara olämplig att använda.

Slaggrus

Bottenaska är den aska som faller till botten och stannar kvar i en förbränningspanna (Wik et al. 2003 s.21). Bottenaska från förbränning som behandlas genom sortering och lagring kallas slaggrus. Bottenaska och i synnerhet slaggrus har större partiklar än flygaska. Materialet består av hopsmälta eller oförbrända förbränningsrester av till exempel keramik, glas och metall. De materialtekniska och miljömässiga egenskaperna hos slaggrus påverkas av faktorer som avfallssammansättning, förbränningsprocess, sortering och lagringstid (Wik et al. 2003 s.21). En del slaggrus deponeras och en viss del används i huvudsak som konstruktionsmaterial inom anläggningsbyggnad, främst i vägar. Slaggrus passar bäst som fyllningsmaterial och i skyddslager, samt även i förstärkningslager i vägar med lätt eller medeltung trafik. Slaggrus har en lägre motståndskraft mot mekanisk nedbrytning än traditionella material vilket medför att materialet är mindre lämpligt i övre lagren i vägar med tung trafik. Restprodukten kan också innehålla miljöfarliga ämnen i form av tungmetaller. Slaggrus används i stor utsträckning på kontinenten. I Danmark och i stor omfattning även i Tyskland nyttiggörs så gott som allt slaggrus. I Sverige har slaggrus hittills mest använts i provvägar och i mindre anläggningssammanhang i södra Sverige (Vägverket 2000 s.34 f.).

Kalksten

Det finns ett större företag inom stenindustrin i Norrbotten, kalkföretaget Partek Nordkalk. Kalksten som är mindre än 10 mm går inte att använda i tillverkningen och blir därmed över som restprodukter. All denna kalksten går till försäljning (Kappel 2005). Restprodukten kan användas som pH-justerare, till exempel som sjökalk.

Gummiklipp

Ragnsells samlar in och återvinner däck på uppdrag av Svensk Däckåtervinning AB. Årligen samlas runt 4 000 ton däck in i Norrbottens län. Av däcken görs gummiklipp i olika storlekar som sedan används till exempelvis energiutvinning och byggande av vägar (Håkansson 2005). Gummiklipp har låg densitet, hög permeabilitet och en god värmeisolerande förmåga, vilket gör att materialet lämpar sig bra som skyddslager i vägar. Gummiklipp uppblandat med jord- och bergmaterial minskar de elastiska egenskaperna, vilka annars kan skapa oönskade töjningar i vägen (Edeskär 2004 s.1).

Avloppsslam

Vid de kommunala reningsverken i Norrbotten produceras varje år cirka 7 500 ton avloppsslam (torrsubstans). Enligt 10 § förordning (2001:512) om deponering av avfall råder sedan den 1 januari 2005 ett förbud mot deponering av organiskt avfall. Detta gör att kommunerna blivit tvungna att hitta användningsområden för avloppsslam.

De vanligaste användningsområdena för återanvändning av avloppsslam i Norrbotten är som anläggningsjord och till sluttäckning av gruvdeponier. För vissa användningsområden ska slammet vara stabiliserat genom kompostering eller rötning. Lägre klassat slam har färre användningsområden (Sundqvist 2005). Avloppsslam går att använda i de flesta skikt på en deponi, men det är speciellt lämpligt i tätskikt och avjämningskikt. Ofta blandas avloppsslammet med flygaska så att det blir stabiliserat och mer hållfast, tätt och byggbart. När man använder avloppsslam till täckning av gruvdeponier har man oftast avloppsslammet högst upp i växtetableringsskiktet. Pyritmalm i gruvdeponier innehåller ämnen som oxideras och gör att tungmetaller frigörs och utsöndras. Har man en slamjordblandning högst upp tar detta lager bort syret så att ingen oxidation sker (Mácsik 2005).

Bygg- och rivningsavfall

De bygg- och rivningsavfall som genereras i störst mängder i Norrbottens län är asfalt, täckjord, krossad och armerad betong, och osorterat och sorterat trä. Bygg- och rivningsmaterial är ofta till stor del inte miljöfarligt avfall och har därför traditionellt kunnat deponeras. Problemet är att det är så stora mängder bygg- och rivningsavfall som uppkommer (Vägverket 2000 s.44).

Idag förekommer främst återanvändning av de s.k. mineraliska massorna: jord, betong, tegel, och asfalt. Det största användningsområdet för dessa är inom vägbyggnadsområdet (Vägverket 2000 s.43). Längst har återvinningen av asfalt kommit, idag återanvänds huvuddelen av asfalten till nya vägprojekt. Möjligheten att använda krossad betong i vägbyggnad undersöks och materialet har använts i andra länder i Europa, till exempel i Danmark (Vägverket 2000 s.46). Krossad betong kan i vissa fall vara bättre än naturmaterial som skyddslager i vägar. Betongen är emellertid ofta förorenad av andra material som armeringsjärn, tegel, gips trä, plast och glas (Vägverket 2000 s.44). Enligt Vägverket (2000 s.44) når krossad betong heller inte upp till de höga krav på tjälmotstånd som finns, vilket skulle kunna vara ett problem i Norrbottens län med dess tjälfarlighet. Krossat tegel kan användas som utfyllnadsmaterial eller som ballastmaterial i betong (Vägverket 2000 s.46). Tegel går också att använda som fyllning kring vatten- och avloppsledningar och eventuellt som frostisolering. Trots att tegel tillverkas av ren lera kan det hända att tegel från rivningsobjekt innehåller höga halter av föroreningar, såsom kvicksilver och bly (Wik et al. 2003 s. 50). Osorterat och sorterat trä är det största enskilda bygg- och rivningsavfallet. Allt trä går till förbränning. Täckjord kan användas till täckning av deponier.

3.2.6 Resultat

Totalt produceras varje år ungefär 53 miljoner ton restprodukter i Norrbottens län (tabell 6). De mest relevanta restprodukterna i ett återvinningssammanhang sammanfattas i tabell 7.

INDUSTRI	PRODUCERAD MÄNGD (TON/ÅR)
Gruvindustrin	52 400 000
Stålindustrin	800 000
Massa- och pappersindustrin	71 500
Restprodukter från övriga producenter	119 000
Totalt	~53 390 000

Tabell 6: Den totala mängden restprodukter som produceras i Norrbottens län varje år.

Gråberg utgör majoriteten av den producerade mängden restprodukter. Gråberg skulle kunna bidra väsentligt till länets materialförsörjning, problemet är de långa transportavstånden. Även flera av de andra materialen produceras i så stor mängd att de kan ha betydelse för materialförsörjningen i länet. Restprodukter som uppkommer i mindre mängder kan i mån av lämpliga tekniska och miljömässiga egenskaper användas framför att läggas på deponi.

RESTPRODUKT	MÄNGD (TON/ÅR)	NYTTIGGÖRS IDAG	KAN NYTTIGGÖRAS
Gråberg	31 163 000	(Ja)	Ja
Hyttsten	400 000	Ja	Ja
LD-slagg	200 000	Nej	(Nej)
Blandslagg	70 000	Nej	(Nej)
LD-slam	60 000	(Nej)	(Nej)
Hyttstot	40 000	Ja	Ja
Slaggrus	25 000	(Ja)	Ja
Filterstoffer	20 000	Ja	Ja
Asfalt	14 000	Ja	Ja
Mesa	9 500	Ja	Ja
Krossad betong	8 000	Ja	Ja
Avloppsslam	7 500	Ja	Ja
Flygaska	6500	(Nej)	Ja
Däck	4 000	Ja	Ja
Totalt	32 027 500		

Tabell 7: Sammanställning över restprodukter som kan vara intressanta för anläggningsbyggande i Norrbottens län. Bedömning inom parentes innebär att materialen används på försök, eller att de bedöms kunna användas i framtiden.

4 Inventering av efterfrågan på material för anläggningsbyggande i Norrbottens län

4.1 Tillvägagångssätt

Inventeringen av efterfrågan på material för anläggningsbyggande har skett med hjälp av intervjuer och litteraturstudier. I Norrbottens länsplan för regional transportinfrastruktur perioden 2004 – 2015 (Länsstyrelsen i Norrbottens län 2004) redovisas de projekt som ska utföras inom det regionala väg- och järnvägsnätet under denna tidsperiod.

Inventeringen är gjord utifrån en uppskattning av de typer av anläggningar som kräver mest material att bygga. De typer av anläggningsbyggande som anses mest intressanta ur materialförsörjningssynpunkt är vägar, järnvägar, täckning av deponier och industrier.

4.2 Vägar

Norrbottens län har med sina 850 mil vägar ett av de största statliga vägnäten i Sverige. Av dessa är cirka 35 % grusvägar (Länsstyrelsen i Norrbottens län 2004, s.9). Om man ser till länets stora yta är vägnätet ändå relativt glest. De tre viktigaste vägarna i Norrbotten är E4, E10 och riksväg 45. Dessa tre vägar utgör basen för person- och godstransporter i länet och är av stor betydelse för Norrbottens regionala utveckling.

Endast en liten del av de vägåtgärder som utförs i Norrbotten är byggande av nya vägar (Länsstyrelsen i Norrbottens län 2004 Bilaga 1). På de större vägarna har en vanlig åtgärd på senare tid varit att göra vägar mötesfria genom att komplettera den befintliga vägbanan med ett mitträcke. Detta är aktuellt i flera etapper utefter E4 (Vägverket 2004 s.81). Materialåtgången för detta är inte så stor. Vid Kiruna kommer man dock att få göra en omdragning av E10 på grund av sprickbildningarna från gruvbrytningen. Andra större projekt som kommer att utföras i Norrbottens län är bland annat en ombyggnad av riksväg 97 mellan Luleå och Boden och riksväg 95 genom Arvidsjaur.

En stor del av de vägåtgärder som utförs i Norrbottens län är bärighetsåtgärder och drift och underhåll. Ett problem i Norrbotten är att de nuvarande vägarna inte är dimensionerade för den tunga last som idag tillåts, vilket leder till bärighetsskador på vägarna. Tjällossningen gör problemen värre och i samband med den brukar ungefär 30 % av vägarna ha bärighetsrestriktioner för tung trafik. Vissa vägar i extremt dåligt skick stängs av helt. Avsaknaden av tillräcklig planering och utförande av åtgärder gör att situationen har försämrats. I nuläget uppskattas cirka 40 % av Sveriges totala bärighetsbrister finnas i Norrbottens och Västerbottens län. Den otillräckliga standarden på vägarna drabbar såväl privatpersoner som näringslivet och därmed också utvecklingen i regionen (Länsstyrelsen i Norrbottens län 2004 s.9 f.).

Uppskattningsvis var behovet av material till byggande, drift och underhåll av vägar i Norrbottens län cirka 2,6 miljoner ton år 2004. Av detta användes 450-540 000 ton till bärighetsåtgärder (Persson 2005).

Ett flertal restprodukter är intressanta ifråga om byggande av vägar, bland annat hyttsten, gråberg, askor, gummiklipp och bygg- och rivningsavfall. För mer om vägar och lämpliga material för vägbyggande, se kapitel 6.

4.3 Järnvägar

Ett utvecklat och väl fungerande järnvägsnät är av betydelse för såväl gods- och persontransporter, som ur miljösynpunkt. Av de totala godstransporterna på järnväg i Sverige sker ungefär 60 % i norra Sverige och en stor del av dessa i Norrbotten (Länsstyrelsen i Norrbottens län 2004 s.8). I jämförelse med tidigare år sker just nu ovanligt många järnvägssatsningar i Norrbottens län. Tre stora järnvägsprojekt är aktuella; Haparandabanan, Norrbotniabanan och Kirunaprojektet, samt ett flertal mindre projekt.

En ny järnväg mellan Kalix och Haparanda kommer att byggas, och det ska göras en uppgradering av den befintliga sträckan mellan Boden och Kalix. Uppgraderingen och nybyggnationen av Haparandabanan kommer att kräva cirka 160 000 ton makadam (Banverket 2005a). Uppgraderingen av den befintliga järnvägen genomförs 2005-2010 och byggandet av den nya järnvägen beräknas börja under 2006 och stå klart 2011 (Banverket 2005b).

Norrbotniabanan är en fortsättning på Botniabanan mellan Kramfors flygplats och Umeå. I projektet ingår tre delsträckor: Umeå-Skellefteå i Västerbotten och Skellefteå-Piteå och Piteå-Luleå i Norrbotten. Projektet är än så länge på utredningsstadiet och byggstart för sträckan Skellefteå-Piteå beräknas till år 2010.

En ny järnvägssträckning runt Kiruna planeras, detta till följd av den förestående flyttningen av delar av Kiruna på grund av sprickbildningarna från LKAB:s gruvbrytning. Enligt Banverket kommer den nuvarande järnvägen kunna användas som längst till år 2012. Byggtiden beräknas till tre år, varför byggstart för den nya järnvägen måste påbörjas innan år 2009 (Kiruna kommun 2005). Att järnvägen är klar till år 2012 är av stor betydelse för såväl LKAB:s malmtransporter som för övriga godstransporter och för persontrafik. Ännu finns ingen bestämd dragning av järnvägen, vilket gör det svårt att uppskatta materialåtgången (Holmström 2005).

Till byggandet av järnvägar används i huvudsak traditionella material. Makadamballast är den enda ballast som kan stå emot påfrestningar från tung och snabb trafik på ett tillfredsställande sätt. Makadam är ballast med en viss kornstorlek som erhålls genom krossning och sortering av krossat berg eller naturgrus (Handboken Bygg 1985 s.168). Banverket förhåller sig ganska restriktiva till att använda restprodukter i järnvägsbyggnad. Slaggrus skulle kunna vara en ersättning för naturgrus, men innehåller dock en del förhöjda halter av tungmetaller och salter. Slaggrus har använts i bärlagret till SJ:s kombiterminal i Malmö (Eliasson & Sandqvist 2000 s.27). Ett annat lämpligt ersättningsmaterial för makadamballast skulle kunna vara hyttsten (Mácsik 2005).

Den totala mängden byggmaterial som kommer att behövas till nybyggnad samt drift och underhåll av järnvägar i Norrbottens län är uppskattningsvis 273 000 ton per år mellan år 2006-2010 (Holmström 2005). Till detta kommer även användningen av räler och sliprar. Då dessa inte tillverkas i Norrbottens län tas de ej med i denna inventering.

4.4 Deponier

Ett av delmålen inom God bebyggd miljö, delmål 6, behandlar avfallsdeponier. Enligt detta delmål ska samtliga Sveriges avfallsdeponier senast år 2008 ha uppnått en enhetlig standard och uppfylla uppställda miljökrav enligt EU:s beslutade direktiv om deponering av avfall. Delmålet gäller dock inte för de deponier som tas ur bruk innan år 2008. De ökade kraven och

därmed kostnaderna kommer troligen att medföra att deponier som inte lever upp till den nya standarden kommer att avslutas innan år 2008 (Boverket 2003 s.45). Detta innebär att det kommer att finnas ett behov av täckningsmaterial till deponier de närmaste åren.

I Norrbottens län kommer sluttäckning av 40 hektar deponi att påbörjas under 2006-2010 (Engström & Ulwan 2005 s.92). Engström & Ulwan (2005) har undersökt den framtida tillgången och efterfrågan på täckningsmaterial till deponier i Sverige. I deras länsvisa jämförelse över tillgång och behov av sluttäckningsmaterial framgår att Norrbottens materialbehov mellan år 2005-2010 uppgår till 0,6 miljoner ton per år (Engström & Ulwan 2005 s.45). Detta är 15,4 % av de totala leveranserna av traditionella material på ungefär 3,9 miljoner ton. Restprodukter som kan vara lämpliga vid täckning av deponier är bland annat mesa, gråberg, gummiklipp, flygaska, slaggrus, grönlutslam och avloppsslam.

4.5 Industrier

En del av efterfrågan på material för anläggningsbyggande gäller material till byggande av industrier. Efterfrågan på material till byggande av industrier varierar med den allmänna konjunkturen. Material som används är främst betong, stål, trä och tak- och väggmaterial. Restprodukter som kan vara intressanta vid byggande av industrier är till exempel material som kan återanvändas från bygg- och rivningsavfall. Dessa är exempelvis krossad och armerad betong, tegel och trä. Ett problem med betong och tegel är att de kan innehålla föroreningar av andra material eller av tungmetaller.

Det största industriprojektet som byggs i Norrbotten just nu är LKAB:s projekt Malmberget Kulsinterverket 3, MK3. Kulsinterverket började byggas i november 2004 och beräknas vara klart i oktober 2006. MK3 kommer att producera pellets av malmen från gruvorna. Pelletsen fraktas sedan vidare till SSAB i Luleå för produktion av stål. Totalt kommer cirka 90 000 ton material behövas till anläggningen, varav en stor del utgörs av betong och stålkonstruktioner (Ödalen 2005). LKAB planerar även att bygga ett kulsinterverk i Kiruna (Hedborg 2005).

4.6 Resultat

Det har varit svårt att uppskatta efterfrågan på material till industrier och den totala efterfrågan på material. Förutom industrier finns även en del övriga områden som bidrar till efterfrågan, i huvudsak olika typer av kommunala anläggningar som gator och markanläggningar. Majoriteten av de anläggningsprojekt som utförs i Norrbottens län idag använder sig emellertid av traditionella material. Då produktionen av traditionella material för anläggningsbyggande i Norrbottens län var ungefär 3,9 miljoner ton år 2004 kan man göra en grov uppskattning av att den totala efterfrågan på material för anläggningsbyggande är ungefär drygt 3,9 miljoner ton per år (se tabell 8). På det sättet kan man uppskatta att differensen på 420 000 ton utgörs av material till industrier och kommunala anläggningar. Störst är efterfrågan på material till vägar, ungefär två tredjedelar av det totala behovet.

ANLÄGGNINGSPROJEKT	MÄNGD MATERIAL (TON/ÅR)
Vägar	2 610 000
Järnvägar	273 000
Deponier	600 000
Industrier och kommunala anläggningar	420 000
Totalt	~3 900 000

Tabell 8: Behovet av material till anläggningsbyggande i Norrbottens län i ton/år.

5 Val av anläggningsprojekt och restprodukter

Till miljösystemanalysen har anläggningsprojekt med vägar samt restprodukterna hyttsten och slaggrus valts ut. Norrbottens län har ett av landets största vägnät, vilket kräver stora mängder material. En vanlig åtgärd för vägar i Norrbotten är, som nämnts tidigare, bärighetsåtgärder. Bärighetsåtgärder kräver en stor mängd material vilket gör att en undersökning av bärighetsåtgärder i vägar kan ses som lämplig ur materialförsörjningssynpunkt.

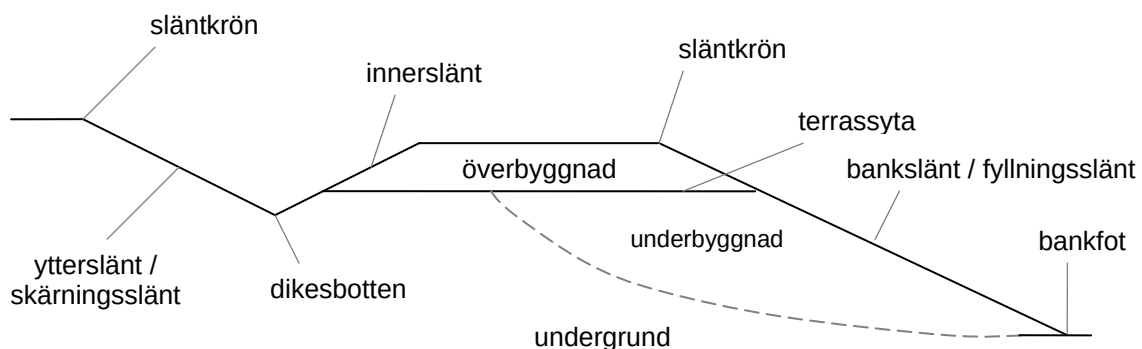
I valet av restprodukter har fyra urvalskriterier använts: Restprodukten tillgänglighet i regionen, rimlig ekonomi för användning av restprodukten, restprodukten grad av tidigare tillämpning i regionen, samt datatillgänglighet.

SSAB Tunnpå i Luleå producerar varje år 400 000 ton hyttsten. Detta kan anses vara ett stort materialflöde som följaktligen är angeläget att ta tillvara på ett tillfredsställande sätt. Hela produktionen av hyttsten finner avsättning, merparten som vägbyggnadsmaterial då detta kräver stora volymer. Hyttsten har använts i relativt stor omfattning vid vägbyggande i Norrbottens län. Hyttsten är med sina isolerande egenskaper särskilt lämplig som förstärkning på tjälfarliga jordar med dålig bärighet (Vägverket 2000 s.25), vilket gör att materialet kan passa särskilt bra för vägar i norra Sverige. Exempel på utförda vägprojekt med hyttsten i Norrbottens län är väg 686 utanför Boden och på delar av väg 597 mellan Björby och Singsundet. Hyttsten används i huvudsak inom 10-13 mils radie från SSAB:s anläggning i Luleå. Transporter av hyttsten med längre avstånd än detta anses inte ekonomiskt lönsamt (Wikström 2005). Den så kallade fyrkantsregionen med Luleå, Piteå, Boden och Älvsbyn är dock den befolkningstätaste i Norrbotten med ett väl utbyggt vägnät i behov av bärighetsåtgärder. Även om bruket av hyttsten är utbrett och därmed har vunnit en allmän acceptans så är miljöeffekterna av hyttsten, till exempel utlakningen av sulfat, inte så väl dokumenterade. Med tanke på det ganska stora nyttjandet av hyttsten vore en undersökning av miljöeffekterna intressant. Tillgång på data om till exempel lakning finns, då flera laboratorieundersökningar har utförts med hyttsten. Lakningsdata för hyttsten är från en laboratorieundersökning av hyttsten från SSAB i Luleå gjord av Fällman (1997).

Produktionen av slaggrus når med sina uppskattningsvis 25 000 ton per år i Norrbottens län inte upp i samma mängder som produktionen av hyttsten. Även om användningen av slaggrus inte tillför lika mycket ur materialförsörjningssynpunkt så är det av intresse att det slaggrus som produceras finner avsättning och därmed inte behöver deponeras. Användningen av slaggrus i vägar undersöks nu i Norrbotten. På nationell nivå finns ett flertal exempel på anläggningsbyggande med slaggrus, varav det mest kända torde vara Törningevägen utanför Malmö. Slaggrus har även använts i förstärkningslagret i en väg utanför Umeå. Slaggrus har inte använts till vägbyggnadsmaterial i lika hög grad i Sverige som hyttsten. Möjliga negativa miljöeffekter av slaggrus gör också att användningen av materialet är ifrågasatt. I fråga om transportkostnader bör sannolikt nyttiggörande av slaggrus vara möjligt. Värmeverk som producerar slaggrus finns i ett flertal av kommunerna och även flera större företag producerar slaggrus. Den ofta ringa mängden slaggrus som produceras vid varje verksamhet skulle eventuellt kunna vara ett problem ur ekonomisk synvinkel. I denna studie antas slaggruset komma från Bodens Energi AB. Bodens Energi producerar varje år cirka 8 000 ton slaggrus, främst från avfall och biobränslen. Företaget planerar att använda askan till anläggningsbyggande, den har redan använts vid byggandet av en deponi i Luleå. Lakningsdata för slaggrus har erhållits från kemiska analyser ställda av Bodens Energi.

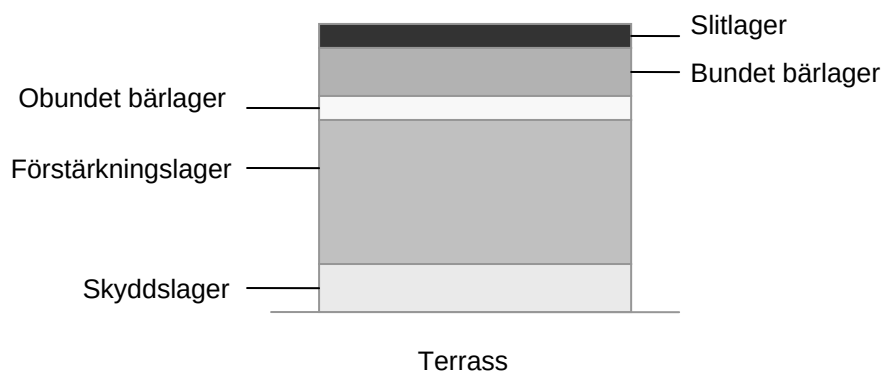
6 Vägkonstruktionen

En väg består av undergrund, underbyggnad, terrassyta och överbyggnad (se figur 4). Undergrunden är marken som vägkonstruktionen är byggd på. Underbyggnaden utgörs av tillsatt fyllningsmaterial. Vid byggande av en väg schaktar man först bort jord och lera, därefter anläggs överbyggnaden på den frilagda markytan, terrassen. Överbyggnaden ska dimensioneras så att man får en jämn vägbana. Överbyggnadskonstruktionen måste dels fördela tyngden från trafiken så att det inte uppstår några deformationer i vägbanan, dels förhindra ojämnheter som uppstår av andra orsaker, till exempel tjällyftningar (Handboken Bygg 1985 s.109).



Figur 4: Principiell uppbyggnad av en väg (ATB väg 2004 A s.7).

En vägs överbyggnad består av skyddslager, förstärkningslager, obundet bärlager, bundet bärlager och överst ett slitlager (se figur 5). Skyddslagret, som inte alltid finns med i en vägkonstruktion, behövs ibland för att terrassen ska kunna bära maskiner och bilar och för att få tillräcklig isolering som skydd mot tjälskador. Förstärkningslagret är främst till för att fördela vikten på en så stor yta som möjligt på terrassen. Det ska också isolera mot tjäle och vara dränerande för att avlägsna vatten. Bärlagret är till för att fördela ut lasten på en större yta på förstärkningslagret och för att förhindra att det finkornigare slitlagret dräneras ner i förstärkningslagret. Bärlagret kan vara antingen bundet, till exempel med cement eller bitumen, eller obundet. Slitlagret brukar utgöras av asfalt eller betong på större vägar och grus eller oljegrus på mindre vägar (Merox 2005).



Figur 5: Principiell uppbyggnad av överbyggnaden i en väg (ATB väg 2004 A s.7).

Överbyggnadens dimensionering, materialkvalitet och utförande är av avgörande betydelse för vägens bärighet och livslängd. Det är också viktigt att materialet är bra packat (Forssblad 1987 s.7). Idag används främst krossmaterial som krossat berg som vägbyggnadsmaterial. Ofta tas mer än hälften av materialet från väglinjen, resten tas från täkter (Engström & Ulwan 2005 s.41). Bruket av naturgrus i vägbyggnad har minskat väsentligt de senaste 20 åren, men fortfarande används nästan hälften av de 1,3 miljoner ton naturgrus som produceras i Norrbottens län till vägar (Berg et al. 2005 s.10).

RESTPRODUKT	BELÄGG- NING	BÄR- LAGER	FÖRSTÄRKNINGS- LAGER	FYLLNING
Gråbergsavfall	2	3	3	3
Hyttsten	0	1	3	1
Ferrokromslag/flygaska	0	3	3	3
Slaggrus från avfallsförbränning	0	1	2	2
Bygg- och rivningsavfall (exkl. återvunnen asfalt)	0	1	3	3
Plast/gummi	1	0	0	0

Tabell 9: Lämpliga användningsområden i vägar för olika restprodukter (Vägverket 2000 s.7). Rekommendationer i skala 1-3 där 3 anger mest lämpligt, 1 mindre lämpligt och 0 att materialet bör undvikas i detta lager. Skyddslagret finns ej med i denna sammanställning, detta används heller inte alltid vid vägbyggnad.

Restprodukter har i viss mån testats och använts som vägbyggnadsmaterial i Sverige. Hyttsten har använts vid nybyggnad och rekonstruktion av vägnätet i norra Sverige i rätt stor utsträckning (Wilhelmsson & Paijkull 2003 s.67). I tabell 9 redovisas lämpliga användningsområden i vägar för olika restprodukter.

6.1 Materialkrav vid konstruktion av en väg

Vägverket har i ATB VÄG 2004 utformat en allmän teknisk beskrivning med krav för byggande, underhåll och bärighetsåtgärder av vägar. I del A finns de krav som gäller för hela vägkonstruktionen, till exempel krav på bärförmåga och beständighet i dimensioneringen. Efterföljande delar behandlar mer specifika områden, såsom exempelvis dimensionering i del C, avvattnings och dränering i del D och obundna material i del E. ATB VÄG 2004 är uppbyggd för traditionella material men den utesluter inte användandet av alternativa material (Visser 2003 s.8). Andra material än de traditionella får enligt avsnitt E11 och E12 användas som överbyggnadsmaterial i vägar om de uppfyller kraven i del A och i avsnitt 3.1 (Gemensamma krav för nybyggnad, bärighetsförbättring och underhåll för obundna lager i överbyggnaden). Materialets tekniska funktion ska då vara undersökt och dokumenterad (ATB VÄG 2004 E s.68, 82).

De miljökrav som finns i ATB VÄG 2004 rörande materialval är att material får användas "om de accepteras hos beställaren och är acceptabla ur miljö- och hälsosynpunkt samt om de inte ger problem vid återanvändning, deponering eller destruktion" (ATB VÄG 2004). I ATB VÄG 2004 finns inga specifika krav på materialen vad avser till exempel miljöpåverkan. För detta får man istället vända sig till gällande miljölagstiftning.

6.2 Materialtekniska och miljömässiga egenskaper

Huruvida en restprodukt är lämplig att använda i anläggningsbyggande beror på restproduktens materialtekniska och miljömässiga egenskaper. Det finns ett flertal materialtekniska parametrar att utgå ifrån för att bestämma en restprodukts lämplighet. Några av dessa är kornstorleksfördelning, kompaktdensitet, skrymdensitet, organisk halt, materialets packningsegenskaper, permeabilitet, hållfasthet, bärighet, beständighet, tjälfarlighet och värmeledningsförmåga (Vägverket 2000 s.14 ff.).

Densiteten är kvoten mellan massan och volymen av ett material. Kompaktdensitet är densiteten hos de enskilda beståndsdelarna i materialet, det vill säga den specifika vikten för materialet. Med skrymdensitet avses förhållandet mellan materialets totala massa och dess skrymvolym, det vill säga inberäknat öppna och slutna hålrum. Hålrummen innehåller gas och vatten, och ofta räknas en viss del vatten som det naturfuktiga tillståndet. För att kunna jämföra material mer exakt, till exempel vid packningskontroll och när man räknar ut L/S-kvoten (*liquid to solid*, förhållandet mellan vätska och fast fas), använder man sig ofta av torrdensiteten, det vill säga densiteten efter det att materialet har torkats.

När man bedömer en restprodukts miljömässiga egenskaper vid anläggningsbyggande utgår man främst ifrån innehållet av miljöstörande ämnen i det lakvatten som restprodukten ger upphov till. När man gör en miljömässig karakterisering av restprodukten undersöks totalhalten av olika ämnen i materialet, hur stor del av dessa ämnen som är lakbara samt hur utlakningsförloppet ser ut (Vägverket 2000 s.17). Utlakbara mängder bestäms genom tillgänglighetstest. Dessa utförs som skakförsök, där proverna skakas med avjoniserat och surgjort vatten vid olika L/S-förhållanden. Den tidsberoende utlakningen undersöks genom att göra skak-, kolonn-, eller lysimeterförsök. Kolonnförsök utförs genom att packa det undersökta materialet i kolonner och sedan ta lakvattenprover vid fem olika L/S-kvoter. Lysimetertest används i första hand för att verifiera laboratorieförsök. I detta test är behållare med material placerade utomhus i naturliga väderförhållanden varpå tester tas med jämna mellanrum (Vägverket 2000 s.17). Även de tekniska egenskaperna hos restprodukten, till exempel kornfördelning och permeabilitet och var restprodukten kommer att användas är, av stor betydelse vid bedömning av miljöbelastningen (Eliasson & Sandqvist 2000 s.39).

6.3 Bärighetsåtgärder

I Norrbotten är en vanlig åtgärd inom vägbyggnad bärighetsåtgärder. En relativt stor mängd material går också åt till dessa åtgärder. Det finns två orsaker till att man måste utföra bärighetsåtgärder. En anledning är för tung trafik som inte är anpassad till vägen, då är det fordonen som ger upphov till deformationen i vägkroppen. Den största anledningen till att man måste utföra bärighetsåtgärder är dock, speciellt i Norra Sverige, tjälproblematiken. Tjällyftning beror på kyla, vatten och jordtyp. Under vintern då marken fryser sugs vattnet i jorden uppåt kapillärt. Ju finkornigare material i övre delen av vägen, desto högre upp kommer vattnet och desto mer ökar volymen. Eftersom kornstorleken varierar i en väg så fryser sedan olika mycket vatten på olika ställen vilket formar ojämnheter i vägen. Vid tjällossningen på våren tinar vattnet men det kan då inte sjunka ner eller rinna åt sidan på grund av det täta materialet. Vattnet kan bara ta sig uppåt och lägga sig under vägbanan, vilket medför att vägbanan blir mjuk och förlorar stabilitet (Svedberg 2005).

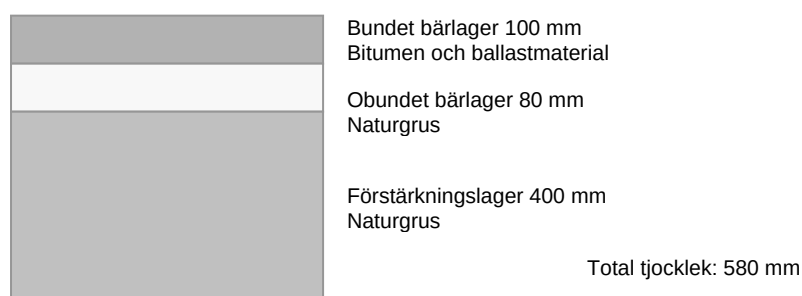
Det finns tre åtgärder mot tjällyftning. En möjlighet är att dika ur vid sidan av vägen så att vattnet inte når vägen i lika hög grad. Ett problem med denna metod är olycksrisken som djupa diken för med sig. I dag är trenden snarare en planare yta vid sidan av vägen. En annan

åtgärd kan vara att byta ut vägmaterialet. Alternativ kan vara ett mer isolerande material som gör att tjälen stängs ute eller en mer heterogen kornstorlek som inte suger åt sig lika mycket vatten. Den tredje bärighetsåtgärden består i att lägga till ett skyddslager under förstärkningslagret. På detta sätt flyttas köldfronten ner i vägens undergrund. I norra Sverige är största tjäldjupet 2,3-2,5 meter (Handboken Bygg 1984 s.535). Därmed skulle man behöva en väg med minst två meters överbyggnad för att undvika tjälproblemet. Detta är dock för kostsamt att bygga, varför man istället väljer att göra överbyggnader på ungefär 1,5-1,6 meter och istället vid behov utför bärighetsåtgärder i ett senare skede (Ullberg 2005). Äldre vägar består ofta till stor del av finkornigt material, vilket gör att vägen får tjälproblem. I nyare vägar är det till större del undergrunden som kan orsaka tjälproblem.

6.4 Beskrivning av typfall och scenarier

I detta avsnitt beskrivs de tre typfall av bärighetsåtgärder som har valts ut för att analyseras i en miljösystemanalys. Den ursprungliga typvägen och de tre typfallen är framtagna efter krav i ATB väg 2004 och efter samtal med Johan Ullberg på Vägverket. De tre typfallen utgör två olika scenarier. Scenario 1 innebär bärighetsåtgärder med enbart traditionella material och scenario 2 bärighetsåtgärder där man även nyttjar restprodukter.

Den ursprungliga typvägen innan någon bärighetsåtgärd utförts antas vara 7 meter bred med innerslänter i proportionerna 1:3. Vägen antas vara belägen på lika avstånd mellan Boden och Luleå. Vägen är byggd helt med traditionella material och bitumen. Bitumen är en oljeprodukt som används som bindemedel i asfalt (se figur 6).

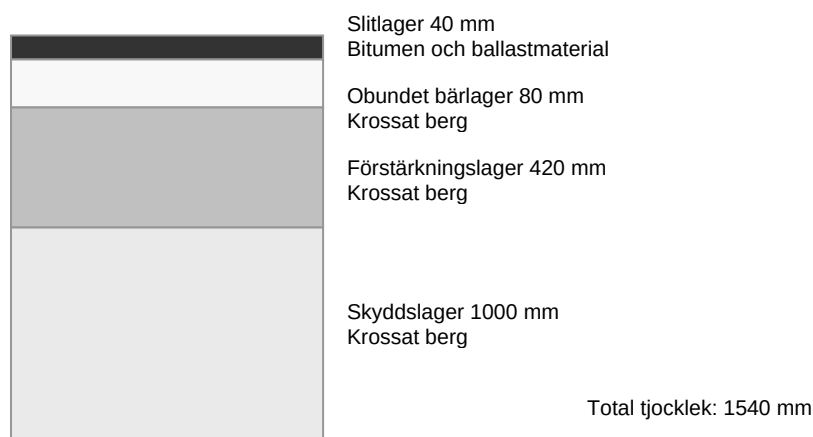


Figur 6: Den ursprungliga vägen innan någon bärighetsåtgärd har utförts.

Ett flertal av de vägar i Norrbottens län som nu är i behov av bärighetsåtgärder är byggda någon gång under 1970-talet. Vägbyggnaderna från den tiden kan se mycket olika ut. En vanlig åtgärd var så kallade "sandwichkonstruktioner", det vill säga förstärkningsåtgärder utförda genom att lägga på mer material istället för att byta ut lagren. På så sätt finns flera inbyggda gamla vägytor kvar (Ullberg 2005). Den ursprungliga vägen antas dock i det här fallet ha en tydlig uppbyggnad. I alla tre typfallen byts hela vägens överbyggnad ut. Det är dock bara de lager som skiljer sig åt mellan typfallen som jämförs i miljösystemanalysen. Slitlagret som består av samma material, bitumen och ballastmaterial, och är lika tjockt, 40 mm, i alla tre typfallen ingår alltså inte i analysen.

I typfall 1 utförs en bärighetsåtgärd med enbart traditionella material (se figur 7). Förutom det obundna bärlagret och förstärkningslagret byggs även ett 1000 mm tjockt skyddslager för att skydda mot tjälskador. Det obundna bärlagret, förstärkningslagret och skyddslagret byggs av krossat berg. Vid en tjälurgrävning med krossat berg går man ner till omkring 1,6 m under

vägytan (Ullberg 2005). Både slaggrus och hyttsten läggs i detta typfall på deponi (se tabell 10).

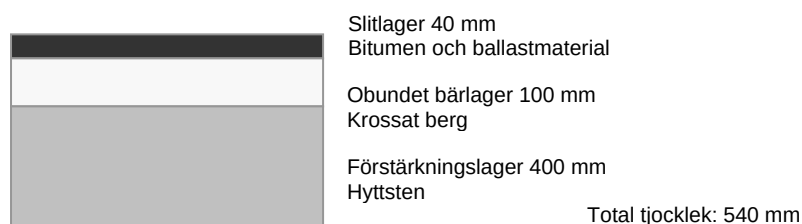


Figur 7: Typfall 1, bärighetsåtgärd med krossat berg.

KROSSAT BERG	HYTTSTEN	SLAGGRUS
Obundet bärlager	Deponeras	Deponeras
Förstärkningslager		
Skyddslager		

Tabell 10: Inflöden av material i typfall 1.

Typfall 2 är en bärighetsåtgärd med krossat berg och hyttsten (se figur 8). Vägen har inget skyddslager, utan istället utgörs förstärkningslagret av hyttsten. På grund av hyttstens isolerande egenskaper behöver vägen inte vara lika tjock. Vanligtvis brukar det obundna bärlagret vara 80 mm. För att kompensera för att hyttstenen är sprödare än ett traditionellt förstärkningslager använder man dock ett något tjockare bärlager (Ullberg 2005). I detta typfall är det endast slaggruset som deponeras (se tabell 11).

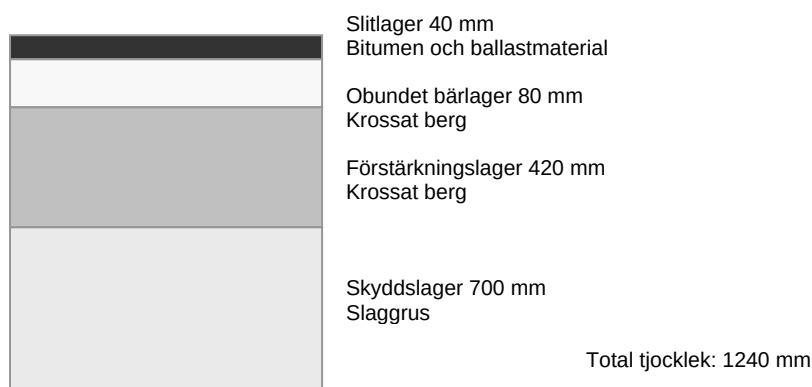


Figur 8: Typfall 2, bärighetsåtgärd med krossat berg och hyttsten.

KROSSAT BERG	HYTTSTEN	SLAGGRUS
Obundet bärlager	Förstärkningslager	Deponeras

Tabell 11: Inflöden av material i typfall 2.

I typfall 3 består vägen av krossat berg och slaggrus (se figur 9). Det obundna bärlagret och förstärkningslagret består av krossat berg. I det här typfallet byggs ett skyddslager av slaggrus. Hyttstenen läggs på deponi (tabell 12).

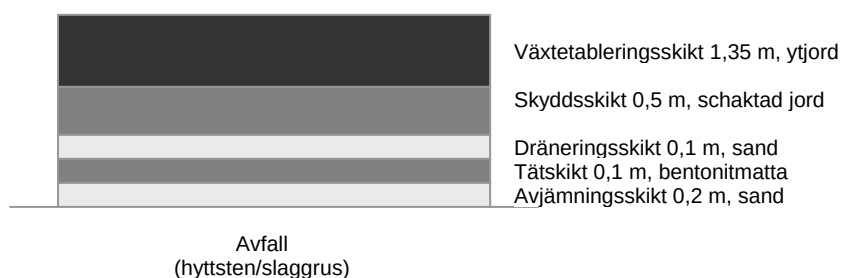


Figur 9: Typfall 3, bärighetsåtgärd med krossat berg och slaggrus.

KROSSAT BERG	HYTTSTEN	SLAGGRUS
Obundet bärlager Förstärkningslager	Deponeras	Skyddslager

Tabell 12: Inflöden av material i typfall 3.

I alla tre typfallen ingår deponering av restprodukter som ett alternativ. Tjockleken på lagret av deponerade restprodukter antas vara 15 meter. Strukturen på den typiska deponin som antas användas i de här fallen visas i figur 10.



Figur 10: Typdeponi för deponering av hyttsten och slaggrus (Magnusson 2005).

De tre typfallen utgör två scenarier. Det första scenariot utgörs av typfall 1. I scenario 1 används alltså enbart traditionella material vid utförandet av bärighetsåtgärder. Scenario 2 innefattar typfall 2 och 3. Scenario 2 går ut på att i viss mån ersätta traditionella material med restprodukter. På detta sätt kan uttaget av traditionella material minskas samtidigt som alternativa material kan komma till användning istället för att deponeras.

7 Miljösystemanalys

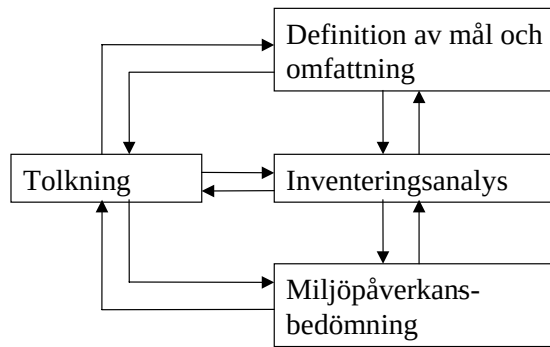
Miljösystemanalytiska metoder används för att modellera ett system med hjälp av kvalitativa eller kvantitativa data. Målet med miljösystemanalys är att ge underlag för olika typer av beslut. Det finns ett flertal olika miljösystemanalytiska metoder som är lämpliga till olika typer av data och olika typer av frågeställningar. Val av metod beror på informationsbehov och tillgängliga resurser (Rydh et al. 2002 s.37). Exempel på miljösystemanalytiska metoder är miljökonsekvensbeskrivning (MKB), strategisk miljöbedömning (SMB), materialflödesanalys (MFA) och livscykelanalys (LCA). I den här studien utförs en miljösystemanalys med metodik från livscykelanalys. För att en studie ska vara en fullständig livscykelanalys krävs enligt ISO-certifieringen bland annat en granskning av livscykelanalysen av en tredje part samt att alla flöden följs från vaggan till graven, vilket inte görs för alla flöden i denna studie. Avsnitt 7.1 ger en mer ingående beskrivning av livscykelanalyser. Därefter redovisas den utförda miljösystemanalysen av bärighetsåtgärder i en väg.

7.1 Metod

Livscykelanalys (LCA) är en av de mest omfattande och etablerade miljösystemanalytiska metoderna. LCA kan definieras som en process som används för att summera resurs- och miljökonsekvenser av samtliga aktiviteter från vaggan till graven som behövs för att en produkt eller tjänst ska uppfylla sin funktion (ISO 14040:1997 s.3). LCA fokuserar på alla steg i produkten eller tjänstens livscykel, från produktion av råmaterial, transporter, användning och underhåll till återvinning och deponering (Rydh et al. 2002 s.38). För att kunna utföra en LCA krävs tillgång på kvantitativa data. I livscykelanalyser jämförs endast skillnader i miljöpåverkan mellan olika system, likheterna undersöks inte. Det är bara miljöpåverkan från ett system som analyseras, ekonomiska och sociala aspekter beaktas inte.

Några av fördelarna med LCA är att metoden är flexibel och användbar till många olika sorters tillämpningar. Metoden är också välkänd och ISO-certifieringen gör att det finns en internationell standard att följa. Dataprogram och datakällor till LCA har utvecklats, vilket gör analyserna mindre tidskrävande. En styrka med LCA är också dess möjligheter att identifiera vilka utflöden som är stora och små i sammanhanget (Rydh et al 2002 s.41). Nackdelar med LCA är att metoden kräver mycket data, vilket gör arbetet resurskrävande, samt att brist på tillgänglig data ofta föreligger. Ibland är det svårt att ha med alla relevanta kategorier i miljöpåverkansbedömningen. Index som används i miljöpåverkansbedömningen är ofta generella och tar ingen hänsyn till lokala förhållanden. En LCA bör kompletteras med andra metoder när man ska ta fram ett beslutsunderlag, till exempel riskanalys och kostnads- eller nyttoanalys (Rydh et al 2002 s.45 f.).

En LCA innehåller fyra faser: Definition av mål och omfattning, inventeringsanalys, miljöpåverkansbedömning och tolkning av resultaten (se figur 11).



Figur 11: Livscykelanalysens fyra faser och återkopplingen mellan dessa (delvis modifierad från ISO 14040:1997).

Definition av mål och omfattning

Studiens mål och omfattning definierar vilken eller vilka frågor som ska besvaras, vilket eller vilka system som ska studeras och hur resultaten ska användas (Lindfors 1996 s.6). Här beskrivs studiens omfång och vad livscykelanalysen ska fokusera på för att uppfylla målsättningen (Rydh et al. 2002 s.50). Då LCA är en iterativ metod, kan omfattningen av studien behöva ändras under arbetets gång allteftersom mer information samlas in (ISO 14040:1997 s.9).

För att kunna jämföra den information som man samlar in till livscykelanalysen krävs en gemensam nämnare, denna kallas för den funktionella enheten. Den funktionella enheten skapar en referens med vilken man kan relatera in- och utflödena från systemet. Genom denna referens vet man att det finns en gemensam grund för jämförelserna (ISO 14040:1997 s.9).

Systemgränserna avgör vilka processer som ska ingå i livscykelanalysen. En systemgräns är ett gränssnitt mellan ett produktsystem och omgivningen eller andra produktsystem. Det är viktigt att systemgränserna motiveras och anges tydligt eftersom valet av systemgränser styr vilka slutsatser som kan dras av livscykelanalysen. Det ideala vore att ha med alla aktiviteter som berör livscykelanalysen men i verkligheten begränsas studien till de delar som tycks vara mest relevanta med studiens målsättning. Det är viktigt av transparens skull att alla delar av livscykelanalysen som inte tas med redovisas och motiveras.

Det finns enligt Moberg et al. (1999 s.13) tre huvudtyper av systemgränser i en LCA. Den första är gränsen mellan det tekniska systemet och naturen, det vill säga att man ska följa alla flöden från vaggan till graven. I de fall detta inte är möjligt ska de avgränsningar som gjorts tydligt anges. Den andra huvudtypen av systemgränser är avgränsningar mellan det studerade tekniska systemet och andra tekniska system, det vill säga avgränsningar mot andra produkters livscykler. Den tredje huvudtypen av systemgränser är den mellan relevanta och mindre relevanta flöden. Geografiska och tidsmässiga avgränsningar brukar också anges. Parametrar som ofta avgränsas i livscykelanalyser är tillverkningen av maskiner som används för att producera produkter som ingår i livscykeln, förändringar av teknisk prestanda och personalrelaterad miljöpåverkan (Rydh et al. 2002 s.58-60).

I livscykelanalysen bör man även definiera de datakvalitetskrav man har för att studiens målsättning ska kunna uppfyllas. Exempel på uppgifter är tidsrelaterad täckning, till exempel högsta tillåtna åldern på data, geografisk täckning, som inom i vilket område data ska samlas in, samt osäkerheten hos informationen.

Inventeringsanalys

Inventeringsanalysen ska innehålla en sammanställning och kvantifiering av inflöden till och utflöden från det givna produktsystemet över hela dess livscykel (ISO 14040:1997 s.6). För varje in- och utflöde ska de miljöer som påverkas anges. Relevanta kategorier kan vara användning av naturresurser, emissioner till luft och till vatten, avfall och markanvändning. Man bör även ange de inflöden som inte har följts tillbaka till vaggan och de utflöden som inte har följts fram till graven. Detta är flöden som skärs av i inventeringsanalysen innanför de egentliga systemgränserna (Lindfors 1996 s.11). Inventeringsanalysen sker iterativt. Vartefter alltmer fakta samlas in kan nya datakrav och begränsningar behöva göras för att kunna uppfylla målet med studien. Ibland kan även uppgifter synliggöras vilka kräver förändringar av målsättningen med studien eller studiens omfattning (ISO 14040:1997). För att kunna jämföra resultaten i de olika systemen så ska alla de insamlade uppgifterna relateras till den funktionella enheten. Tillvägagångssätt för datainsamlingen kan variera beroende på omfattning, enhetsprocess och avsedd tillämpning av livscykelanalysen. Begränsningar i datainsamlingen bör redovisas i rapporten (ISO 14040:1997 s.11).

Miljöpåverkansbedömning

Miljöpåverkansbedömning är den del av livscykelanalysen som syftar till förståelse och utvärdering av omfattningen och innebörden av potentiella miljöeffekter hos ett produktsystem (ISO 14040:1997 s.11). I klassificeringen sorteras resultaten från inventeringen in i olika miljöeffektkategorier, ekologiska konsekvenser som uppstår av miljöpåverkan. Dessa kan vara till exempel förurning, övergödning, ozonuttunning och växthuseffekt (Rydh et al. 2002 s.80). Kategorierna kan också jämföras med de svenska miljömålen.

I en miljöpåverkansbedömning utförs ibland en karakterisering och en viktning. Då dessa steg ej utförs i denna miljösystemanalys tas dessa metoder inte upp närmare här.

Resultaten av miljöpåverkansbedömningen kan åskådliggöras tydligare genom en normalisering av värdena. Normalisering innebär att alla resultat divideras med ett valt referensvärde, till exempel nationella värden per person. Normaliseringen gör det enklare att uppfatta vilka värden som är stora och små i sammanhanget.

Tolkning av resultaten

Tolkningsfasen syftar till att analysera resultatet av livscykelanalysen, utvärdera och förklara studiens begränsningar samt att komma fram till slutsatser och rekommendationer (ISO 14043: 2000). Tolkningen och analysen ska leda till att syftet med livscykelanalysen uppfylls.

7.2 Definition av mål och omfattning

7.2.2 Syfte med miljösystemanalysen

Syftet med miljösystemanalysen är att jämföra tre bärighetsåtgärder med olika material och två scenarier i en vägkonstruktion i Norrbottens län. Därigenom undersöks hur den miljömässigt bästa materialförsörjningen sker vid bärighetsåtgärder.

Först jämförs miljöeffekterna som uppstår vid en bärighetsåtgärd som innefattar 1 km väg. Frågeställningen gäller då vilket av typfallen som är bäst ur miljösynpunkt på denna avgränsade sträcka. Därefter jämförs hela behovet av material för bärighetsåtgärder i

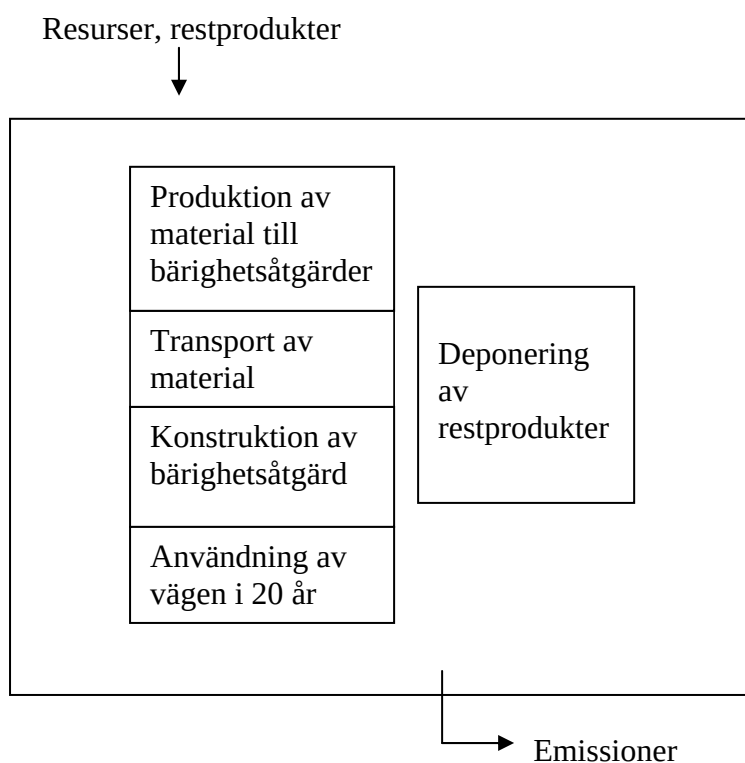
Norrbottnens län med utgångspunkt i de två scenarierna. De nyttoaspekter som tas i beaktande är behovet av material till vägar och fördelen med att kunna använda restprodukterna istället för att behöva deponera dessa. Miljöpåverkan vid de olika typfallen samt tillgången till de olika materialen står till grund för analysen.

7.2.3 Funktionell enhet

Miljösystemanalysen behandlar för typfallen utförandet av bärighetsåtgärder på en 7 meter bred och en kilometer lång sektion av en väg. Bärighetsåtgärdernas livslängd beräknas vara 20 år. Den funktionella enheten är per km väg och år. För scenarierna är den funktionella enheten per 48,5 km väg och år, se vidare avsnitt 7.6.

7.2.4 Systemgränser

Systemet som ska analyseras innehåller produktion av material, transport av material, konstruktion av bärighetsåtgärder, deponering av restprodukter, samt användning av vägen i 20 år. Systemet finns beskrivet nedan i figur 12.



Figur 12: Systemgränser.

De kategorier som denna studie omfattar är användning av naturresurser i form av energi och material, emissioner till luft, samt emissioner till vatten. De flöden som valdes att ta med i studien redovisas nedan i tabell 13.

KATEGORIER	FLÖDEN	ENHET
Resursanvändning	Naturmaterial – krossat berg	ton/km/år
	El	MJ/km/år
	Fossila bränslen	MJ/km/år
Emissioner till luft	CO ₂ , NO _x , CO, CH ₄ , HC	kg/km/år
Emissioner till vatten	As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cl, SO ₄	mg/km/år
Inflöden som ej har följts tillbaka till vaggan – Produktion av restprodukter, produktion av maskiner och fordon till systemet, produktion av el och bränsle till fordon och maskiner.		
Utflöden som ej har följts fram till graven – Omhändertagande av materialen efter 20 år, omhändertagande av maskiner och fordon.		

Tabell 13: Flöden som är inkluderade i studien.

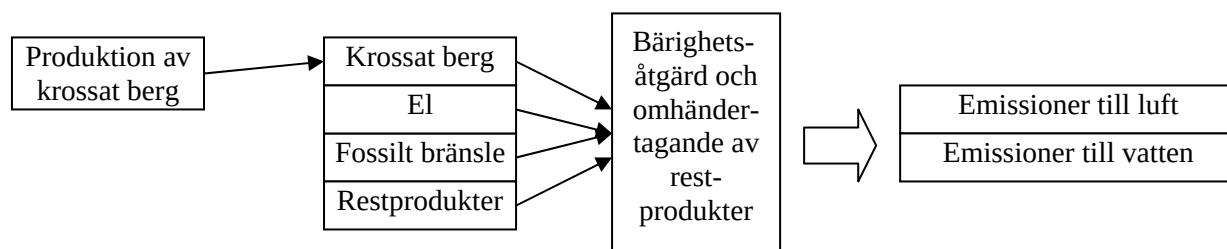
En del inflöden har inte följts tillbaka till vaggan, det vill säga de har inte följts tillbaka till när de utvunnits från naturen. Beträffande produktionen av material till bärighetsåtgärderna så är det bara produktionen av krossat berg som inkluderas i miljösystemanalysen. Produktionen av restprodukter har inte tagits med i studien då dessa antas uppkomma vare sig de ska användas eller deponeras. Produktionen av de maskiner och fordon som behövs till systemet inkluderas inte i studien, inte heller produktionen av den el och bränsle som behövs för att driva maskinerna.

De utflöden som ej har följts till graven, det vill säga inte har följts till dess att de återförs till naturen, inbegriper omhändertagande av de använda materialen vid nya bärighetsåtgärder, samt omhändertagande av maskiner och fordon.

Hyttsten används i stor utsträckning och deponeras normalt inte. För att göra en tydlig avgränsning mellan de olika processerna och undvika en systemutvidgning som inbegriper hyttstens alternativa användning, antas dock att både hyttsten och slaggrus läggs på deponi om de inte används i bärighetsåtgärden.

Processen att omvandla masugnsslagg till hyttsten antas medföra så marginell påverkan att den inte tas med i miljösystemanalysen. Andra parametrar som inte har tagits med i studien är förändringar av teknisk prestanda, extraordinära händelser, landanvändning och miljöpåverkan som är personalrelaterad. En LCA jämför skillnaden i miljöpåverkan mellan olika system. Även om till exempel hela överbyggnaden tas bort i varje typfall så bedöms endast miljöpåverkan från de åtgärder som skiljer sig åt mellan typfallen.

Användningen av vägen skiljer sig inte åt för de olika typfallen, endast lakning mäts från denna del. Vägen antas efter bärighetsåtgärden hålla i 20 år utan underhåll. Miljösystemanalysen är avgränsad geografiskt till Norrbottens län.



Figur 13: Livscykelsteg för materialen (delvis modifierad från Olsson et al. 2005 s.4). Bilden beskriver inflöden till miljösystemanalysen och de utflöden som orsakas.

De tidsrelaterade datakrav som har ställts är att data inte ska vara äldre än tio år gamla. Det är främst lakningsdata för restprodukter som gör att tidsramen är relativt vid. Geografiskt har indata nationell täckning. Lakningsdata för slaggrus är insamlad specifikt från Bodens Energi AB. Övriga data är insamlad från intervjuer och publicerade källor.

7.3 Inventeringsanalys

Datainsamlingen till inventeringsanalysen har skett med hjälp av litteraturstudier, Internet och intervjuer. Utifrån framtagna uppgifter har uträkningar gjorts och sammanställts i en excel-fil i syfte att få fram värden för de tre typfallen. Nedan ges information om arbetsmetod vid de olika momenten i analysen. För en lista på de väsentligaste beräkningarna i inventeringsanalysen, se bilaga 5.

Produktion av material

Till produktion av material för bärighetsåtgärden räknas bara produktionen av krossat berg med i inventeringsanalysen. Restprodukterna hyttsten och slaggrus antas uppkomma oavsett om de kommer att användas eller deponeras. Vid produktion av slaggrus från bottenaska siktas materialet för att få bort metaller och organiska komponenter. Enligt Magnusson (2005) siktas dock bottenaska även då den ska deponeras. Eftersom siktningen sker i alla tre typfallen tas den således inte med i analysen.

För att beräkna energianvändning och emissioner till luft från produktion av krossat berg har värden från Stripple (2001) använts. Användning av el sker enbart i betydande skala vid produktion av krossat berg.

Transporter

De transporter som omfattas i studien är transport av krossat berg från täkt till vägen samt transport av restprodukter från industrin till vägen respektive till deponin. Energianvändning och emissioner till luft vid lastning av krossat berg på lastbil för transport beräknas med hjälp av värden för lastning och värden för förbränning av diesel vid drift av arbetsfordon från Stripple (2001). Uträkningar av energianvändning och emissioner till luft från själva transporterarna har gjorts med hjälp av Nätverket för transporter och miljöns (NTM) hemsida. NTM har utformat ett program för beräkning av emissioner och energianvändning från godstransporter. För att använda programmet krävs kunskap om ett antal parametrar. Dessa är transportsträcka, total vikt på gods som ska transporteras, fordonstyp och maxlast, motor- och bränsletyp, fyllnadsgrad samt bränsleförbrukning. Därigenom erhöles uppskattade värden på energiförbrukning och utsläpp av CO₂, NO_x, CO och HC. När beräkningarna gjordes var ej värden för CH₄ tillgängliga, varför de uppmätta värdena för CH₄ endast kommer ifrån lastning av krossat berg.

Parametervärden till studien valdes ut efter kontakt med Erik Hansson på maskin- och transportföretaget BDX (2005). Fordonstypen för transporterarna antas vara tung lastbil med släp av motor- och bränsletyp Euro 2, Mk 1 med en maxlast på 40 ton. Bränsleförbrukningen är ungefär 4,9 liter/10 km. Fyllnadsgraden antas vara 70 % och återtransporten sker med tom lastbil. Vägen som bärighetsåtgärden ska utföras på antas ligga mellan Luleå och Boden med avståndet 19 km mellan SSAB respektive Bodens Energi och vägen. Avståndet från närmaste täkt för krossat berg till vägen förutsätts vara 20 km. SSAB har en egen deponi på området och avståndet dit antas vara 2 km. Avståndet från Bodens Energi till Brändkläppens deponi är 5 km (Öberg 2005). Värdena som erhållits är ej exakta uppgifter utan en uppskattning av möjlig miljöpåverkan. Aspekter som ej tagits hänsyn till är till exempel förarens körsätt och

andel av körsträckan som sker inom tätbebyggt område. Bränsleproduktionens livscykel tas ej med i uträkningen då denna befinner sig utanför de uppsatta systemgränserna.

Anläggning av väg

För att beräkna energianvändning och emissioner till luft till följd av anläggning av vägen har värden från Strippel (2001) använts. Vid konstruktion av en väg går det åt lika mycket energi per ton för konstruktion av bärlager, förstärkningslager och skyddslager. Eftersom slitlagret är identiskt i alla tre typfallen tas konstruktionen av detta ej med i analysen. Se avsnitt 6.4 för en närmare beskrivning av de olika bärighetsåtgärderna.

Uppbyggnad av deponi och deponering av restprodukter

I uppbyggnaden av en deponi har deponins dimensioner och värden för användning av fossila bränslen vid de olika momenten i uppbyggnaden tagits från Magnusson (2005). Dessa värden är framtagna för deponering av slaggrus, men antas här även kunna tillämpas vid uppbyggnaden av en deponi för deponering av hyttsten. Se avsnitt 6.4 för en närmare beskrivning av typdeponin. Den mängd slaggrus och hyttsten som deponeras beräknas vara samma mängd som skulle ha använts till bärighetsåtgärden i respektive typfall. Deponin byggs upp från grunden för den mängd restprodukt som ska deponeras. Vid uppbyggnaden av deponin är energianvändning i form av fossila bränslen samt emissioner till luft med i analysen. Resursanvändning i form av uttag av naturmaterialen jord och sand är dock ej inkluderade i analysen. Värdena för uppbyggnad av deponi och deponering av restprodukter är uppskattningar för hur dessa skulle kunna se ut och inga exakta uppgifter.

Användning av väg och deponi

När vägen är klar och aktuella restprodukter deponerade sker huvudsaklig miljöpåverkan genom emissioner från vägen respektive deponin till vatten. Detta sker i form av lakning. Lakning sker från såväl slaggrus och hyttsten, som från krossat berg. Lakningsdata vid olika L/S-kvoter för relevanta ämnen undersöktes. Lakningsdata för slaggrus är från Bodens Energi (2005) och lakningsdata för hyttsten är taget från Fällman (1997). För lakning från krossat berg används data från Tossavainen och Håkansson (1999). Från dessa data har nya L/S-kvoter beräknats utifrån aktuella förhållanden som nederbörd, lagertjocklek och densitet. Därefter fastställdes mängden utlakade ämnen per år. Ämnen lakar olika fort beroende på bland annat pH, nederbörd och lösligheten hos ämnena i materialet. I denna analys har emellertid linjär utlakning antagits, det vill säga utlakningshastigheten är konstant och samma mängd lakas ut varje år. Värden under detektionsgränsen har delats med 2. För klor hittades endast värden vid emissioner av slaggrus. För sulfat saknas lakningsdata för krossat berg.

Vid beräkning av lakning av sulfat från hyttsten användes värden för lakning av svavel. I såväl deponin som i vägen antas lakvattnet komma i kontakt med luft varvid svavlet omvandlas till sulfat. I vissa markmiljöer, till exempel i finkorniga jordar med organiskt innehåll (dvs. i anaeroba miljöer), kan sulfat emellertid omvandlas till sulfid (Mácsik 2006). Här antas dock att allt svavel som lakas ut omvandlas till sulfat. Sulfatmolekylens molekylvikt är ungefär tre gånger så stor som svavelatomens varför svavelvärdena multiplicerades med tre för att få fram sulfatmängden.

7.4 Miljöpåverkansbedömning

7.4.1 Klassificering

De flöden som har undersökts i miljösystemanalysen är användning av naturresurser, emissioner till luft och emissioner till vatten. Dessa flöden har sorterats in i olika

miljöeffektkategorier. Flödena har därefter relaterats till de 16 nationella miljömålen (se tabell 14).

FLÖDE	MILJÖEFFEKTKATEGORI	NATIONELLA MILJÖMÅL
Resurs-användning		
Krossat berg	Resursanvändning	God bebyggd miljö
El	Resursanvändning	God bebyggd miljö
Fossilt bränsle	Resursanvändning	God bebyggd miljö
Emissioner till luft		
CO ₂	Växthuseffekt	Begränsad klimatpåverkan
NO _x	Växthuseffekt Försurning Övergödning	Begränsad klimatpåverkan Frisk luft Bara naturlig försurning Ingen övergödning
CO	Växthuseffekt	Begränsad klimatpåverkan
CH ₄	Växthuseffekt	Begränsad klimatpåverkan
HC	Växthuseffekt	Begränsad klimatpåverkan
Emissioner till vatten		
As	Ekologisk toxicitet	Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag, Grundvatten av god kvalitet
Cd	Ekologisk toxicitet	Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag, Grundvatten av god kvalitet
Cr	Ekologisk toxicitet	Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag, Grundvatten av god kvalitet
Cu	Ekologisk toxicitet	Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag, Grundvatten av god kvalitet
Ni	Ekologisk toxicitet	Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag, Grundvatten av god kvalitet
Pb	Ekologisk toxicitet	Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag, Grundvatten av god kvalitet
Zn	Ekologisk toxicitet	Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag, Grundvatten av god kvalitet
Cl	Ekologisk toxicitet	Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag, Grundvatten av god kvalitet
SO ₄	Ekologisk toxicitet Försurning	Grundvatten av god kvalitet Bara naturlig försurning

Tabell 14: Klassificering av flöden till miljöeffektkategorier och tillämpliga nationella miljömål.

Resursanvändning av krossat berg relateras till miljömålet God bebyggd miljö. Även om det är bättre att använda krossat berg än naturgrus så är krossat berg ändå en begränsad resurs som det dessutom kräver energi att framställa. Även resursanvändning av el och fossila bränslen kan relateras till miljömålet God bebyggd miljö. Användningen av fossila bränslen måste minskas och andelen energi från förnybara energikällor öka.

När det gäller emissioner till luft är bidragande till växthuseffekten den största miljöeffekten. Alla de fem undersökta gaserna är så kallade "växthusgaser". Utsläpp av växthusgaser från förbränning av fossila bränslen är det största bidraget till växthuseffekten. Utsläpp av koldioxid är störst både nationellt och internationellt. De andra gaserna släpps inte ut i lika hög grad, men alla dessa och särskilt CH₄ orsakar större påverkan per enhet än koldioxid och är därför av ej ringa betydelse. Emissionerna till luft relateras således i första hand till

riksdagens första miljömål, Begränsad klimatpåverkan. Utsläpp av kväveoxider (NO_x) är även en bidragande orsak till övergödning och försurning.

Emissioner till vatten i form av lakning kan ge ekotoxiska effekter. De tre miljömål som främst ska skydda mot detta är Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag och Grundvatten av god kvalitet. Utsläpp av sulfat kan även bidra till försurning.

7.4.2 Resultat och normalisering

Genom en normalisering kan resultaten från inventeringsanalysen förtydligas. Man kan på detta sätt se vilka av värdena som är mer eller mindre viktiga i sammanhanget. Resultaten från beräkningarna av typfallen har dividerats med nationella värden av dessa flöden per person och år. Ju större värde för ett normaliserat resultat, desto större påverkan ger detta flöde i ett nationellt perspektiv (se tabell 15).

Flöden	Typfall 1 Krossat berg	Typfall 2 Hyttsten	Typfall 3 Slaggrus	Nationellt värde per person ¹	Normaliserade värden typfall 1	Normaliserade värden typfall 2	Normaliserade värden typfall 3
Resurs-användning							
Krossat berg (ton/år) ³	1 725	73	425	5,2	332	14	82
El (MJ/år)	36 553	1 547	9 006	Inga data	Inga data	Inga data	Inga data
Fossilt bränsle(MJ/år) ²	69 241	13 892	27 114	249 219	0,28	0,056	0,11
Emissioner till luft(kg/år)⁴							
CO ₂	5 164	1 028	2 016	6 200	0,83	0,17	0,33
NO _x	48	9,5	19	20	2,41	0,48	0,94
CO	5,57	1,08	2,16	80	0,07	0,01	0,03
CH ₄	0,0023	0,0003	0,0008	30	0,00008	0,00001	0,00003
HC	2,86	0,56	1,10	Inga data	Inga data	Inga data	Inga data
Emissioner till vatten(g/år)⁵							
As	1,47	2,03	2,91	Inga data	Inga data	Inga data	Inga data
Cd	0,06	0,21	0,21	0,07	0,92	2,97	3,04
Cr	4,80	5,43	46,5	1,4	3,43	3,88	33,2
Cu	102	164	130	20	5,10	8,20	6,49
Ni	3,28	6,79	3,23	1,4	2,34	4,85	2,31
Pb	1,06	3,19	1,19	4,3	0,25	0,74	0,28
Zn	31	116	31	49	0,63	2,37	0,63
Cl	22 045	22 045	236 200	Inga data	Inga data	Inga data	Inga data
SO ₄	1 665232	4 388 051	1 902257	Inga data	Inga data	Inga data	Inga data

Tabell 15: Normalisering av flödena för typfallen.

1 Preliminär folkmängd i Sverige i februari 2005: 9 014 160 invånare (SCB)

2 Centeno López (2004). Baserat på statistik från 2003: Total energianvändning i Sverige år 2003 var 624 Twh.

3 Berg et al (2005) Total mängd producerat krossat berg i Sverige 2004: 46 640 557 ton

4 Benediktson et al. (2005)

5 Bergbäck et al. (2001)

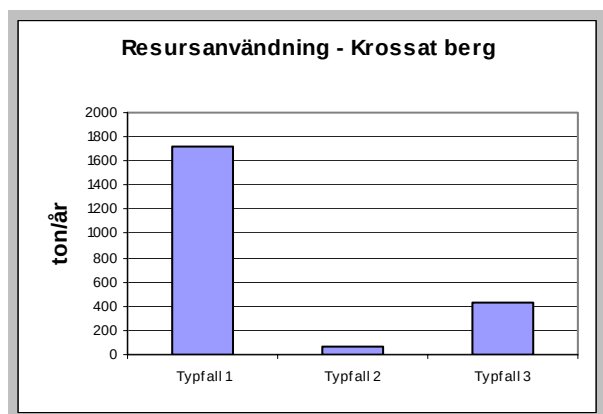
Om man jämför värdena för normaliseringen i tabellen kan man uppskatta att uttaget av krossat berg är ett flöde som har stor betydelse i ett nationellt perspektiv. I synnerhet typfall 1 där bärighetsåtgärden utförs enbart med krossat berg har fått ett högt normaliserat värde. Användningen av fossilt bränsle verkar av normaliseringen att döma inte ha så stor påverkan ur en nationell synvinkel. Förbränning av fossilt bränsle leder till utsläpp av emissioner till luft. De normaliserade värdena i denna kategori är inte heller så stora. Utsläpp av NO_x i typfall 1 har dock fått ett något högre normaliserat värde. Möjligen kan värdena för emissioner till luft ha en större betydelse vid ökade transportavstånd (se avsnitt 7.6). Inga nationella värden hittades för elförbrukning och HC.

Påverkan till följd av emissioner till vatten varierar i normaliseringen i högre grad än påverkan från emissioner till luft. Störst normaliserat värde fås från emissioner av krom i typfall 3. De andra typfallen har likaledes ett värde för krom som är högre än det nationella värdet per person. Även utsläpp av kadmium, koppar och nickel har höga normaliserade värden. Typfall 2 har högst normaliserade värden för fyra av de sex ämnena och typfall 3 för två av ämnena. När det gäller dessa ämnen ger alltså typfall 1 med krossat berg minst miljöpåverkan ur ett nationellt perspektiv. Nationella värden för As, Cl och SO₄ kunde inte hittas. De jämförelsevis höga emissionerna av klor i typfall 3 och sulfat i typfall 2 skiljer sig från de andra typfallen. Detta skulle kunna indikera en större nationell påverkan av dessa ämnen. Det kan emellertid även vara så att emissionerna av dessa ämnen i de andra typfallen är låga och de höga värdena är mer normala, det går med andra ord inte att tyda här utan data för de normaliserade värdena.

7.5 Tolkning av resultat för typfallen

7.5.1 Resursanvändning

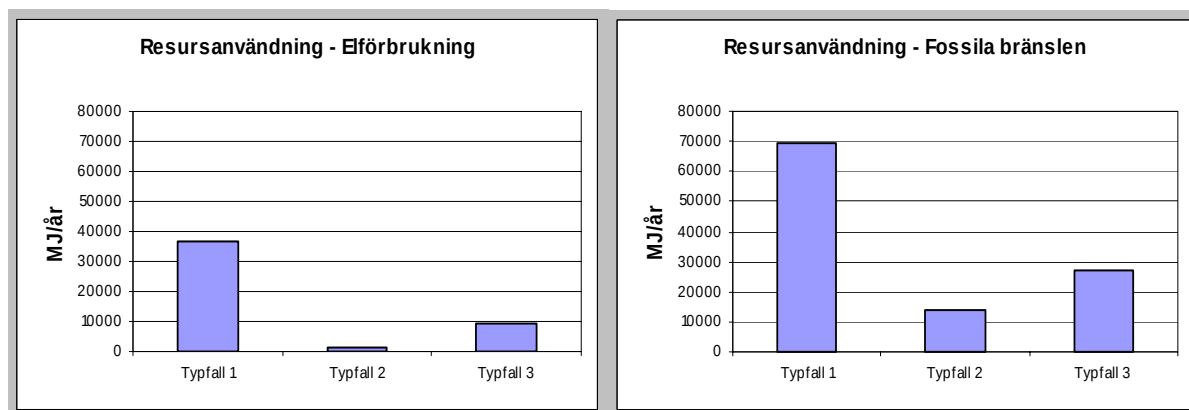
Det största uttaget av krossat berg sker i typfall 1, där ingen av restprodukterna nyttiggörs (se figur 14). I alla typfall används en viss andel krossat berg. Typfall 1 använder dock enbart krossat berg (1500 mm av tvärsnittet 1500 mm väg), vilket gör att resursanvändningen blir störst i detta fall.



Figur 14: Användning av naturresursen krossat berg per år för de tre typfallen.

Hyttstens isolerande egenskaper gör att typfall 2 kräver betydligt mindre material än de andra typfallen. Endast 100 mm av vägens totala tjocklek (500 mm) utgörs av krossat berg, resten är hyttsten. I typfall 3 är vägen något tunnare än i typfall 1. Här består 700 mm av vägens tjocklek av slaggrus, övriga 500 mm är krossat berg.

Elförbrukning sker endast vid produktion av krossat berg (se figur 15). Elförbrukningen följer således de resultat som framkommit i figur 14, användning av krossat berg. Följaktligen används mest el i typfall 1, där åtgången av krossat berg är som störst. El som används i samband med produktionen av hyttsten och slaggrus är ej med i analysen då restprodukterna antas uppkomma i alla typfall vare sig de används eller inte och sålunda befinner sig utanför miljösystemanalysens systemgränser.



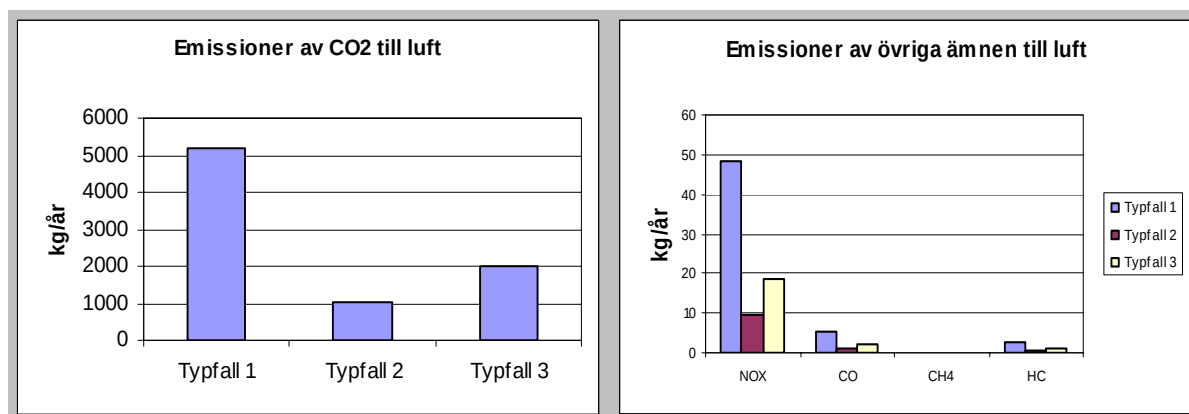
Figur 15 (vänster): Elförbrukning per år för de tre typfallen.

Figur 16 (höger): Användning av fossila bränslen per år för de tre typfallen.

Användning av fossila bränslen sker vid produktion av krossat berg, transporter av materialen, konstruktion av bärighetsåtgärd samt vid uppbyggnad av deponi och deponering av restprodukter. Resultaten från inventeringen av fossila bränslen kan ses i figur 16. Användningen av fossila bränslen är störst i typfall 1. Eftersom produktionen av krossat berg kräver fossila bränslen och åtgången av krossat berg i typfall 1 är markant större än för de andra typfallen, bidrar detta till de högre värdena i typfall 1. I typfall 1 måste dessutom deponier för både hyttsten och slaggrus byggas upp, vilket kräver mer fossila bränslen än i de andra typfallen där bara en deponi behöver byggas i vardera fallen.

7.5.2 Emissioner till luft

Emissioner till luften härrör från förbränningen av fossila bränslen. Sålunda följer värdena för emissioner till luft de värden som fås från användningen av fossila bränslen i de tre typfallen (se figur 17 och 18). För all emission av växthusgaser gäller att typfall 1, bärighetsåtgärd med krossat berg, får högst värden. Därefter följer för alla gaser typfall 3, bärighetsåtgärd med slaggrus. Emissioner till luft är för alla gaser således lägst i typfall 2.



Figur 17 (vänster): Emissioner av CO₂ till luft per år från de tre typfallen.

Figur 18 (höger): Emissioner till luft av NO_x, CO, CH₄ och HC per år från de tre typfallen.

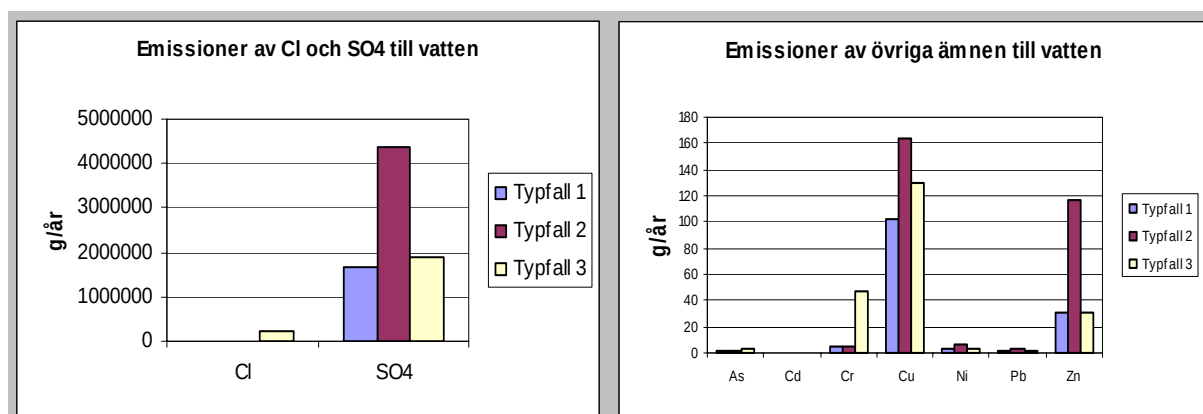
De största värdena för emissioner till luft kommer från koldioxid (figur 17). Koldioxidutsläppen från transporter står i direkt proportion till den förbrukade mängden bränsle. Om man ser till normaliseringen av värdena så är denna påverkan inte så stor i ett nationellt sammanhang. Den gas som får högst värden i normaliseringen är utsläppen av kväveoxider (NO_x) i typfall 1. Uppgifter för CH_4 erhöles inte för transporter. För de värden som erhöles för CH_4 är dock värdena högst för typfall 1.

Användning av fossila bränslen och emissioner till luft enbart från transporter följer i stort de värden som fås totalt för dessa flöden, med typfall 1 uppvisande högst värden. I jämförelsen av typfallen för en kilometer väg skiljer sig inte avstånden mellan bergtäkten respektive produktionsställena till vägen nämnvärt och de är endast ungefär 20 km. Avstånden till deponin är kortare än avståndet till vägen, vilket ger en liten proportionell minskning av värdena i typfall 1.

7.5.3 Emissioner till vatten

Om man jämför figur 19 och figur 20 ser man att klor och framförallt sulfat står för de förhållandevis största emissionerna till vatten och detta gäller för alla typfall. Utsläppen av klor är störst i typfall 3 och lika stora i de andra typfallen. I typfall 2, där bärighetsåtgärden inbegriper hyttsten, är sulfathalterna högre än i de andra typfallen, vilket stämmer överens med att sulfat i hyttsten är lätturlakat. Observera dock att allt utlakat svavel antas oxideras och omvandlas till sulfat. I verkligheten kan en del av svavlet omvandlas till andra föreningar. Eftersom värden för utlakning av sulfat saknades för krossat berg så kan värdena för typfall 1 förväntas vara något högre i verkligheten.

Om man inte räknar med emissionerna från klor kan man se att bärighetsåtgärden med hyttsten är det typfall som överlag uppvisar högst emissionsvärden (se figur 19 och 20). Ett undantag är att typfall 3 har betydligt högre halter av krom och något högre halter av arsenik jämfört med de andra typfallen. Mängden krom har enligt normaliseringen en stor effekt i ett nationellt perspektiv. Slaggrus kan bestå av skilda material beroende på vilken typ av industri slaggruset kommer ifrån. Utlakningen kan därför skilja sig åt i olika fall. Slaggrus innehåller inte sällan metaller vilket kan förklara de höga kromvärdena.



Figur 19 (vänster): Emissioner av Cl och SO₄ till vatten per år från de tre typfallen.

Figur 20 (höger): Emissioner av övriga ämnen till vatten per år från de tre typfallen.

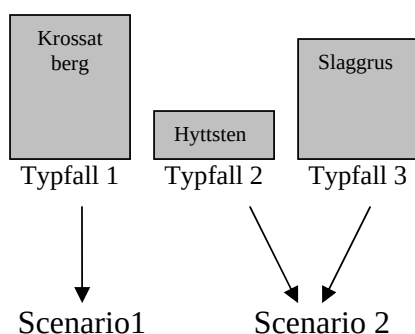
Koppar är en av de metaller som uppvisar höga värden i normaliseringen. Alla tre typfall uppvisar höga värden, men typfall 2 med hyttsten är högst och har också störst betydelse i normaliseringen. Typfall 2 har också markant högre utlakning av zink i förhållande till de

andra typfallen. Emissionerna av zink för typfall 2 är signifikanta i ett nationellt perspektiv. Även om nickel inte lakas ut i så stor omfattning så har även den emissionen betydelse om man ser till normaliseringen.

I inventeringen av emissioner till vatten föreligger en viss osäkerhet beträffande de framtagna värdena. L/S-kvoterna för krossat berg och slaggrus beräknades utifrån L/S 2, medan L/S-kvoterna för hyttsten beräknades utifrån värden närmare de som använts i studien (L/S 0,035 och L/S 0,488). Detta gör att lakningsvärdena för krossat berg och slaggrus kan vara nedvärderade och därmed högre i verkligheten. Slaggrus brukar laka mer än hyttsten för vissa ämnen, till exempel koppar och zink (Mácsik 2006). I miljösystemanalysen utgås även i inventeringen från linjär utlakning. I realiteten kanske en större del av utlakningen skulle ske i början av tidsperioden varvid högre lakningsvärden skulle erhållas.

7.6 Tolkning av resultat för scenarier

I miljösystemanalysen har tre typfall av bärighetsåtgärder med olika material jämförts vid byggandet av en kilometer väg. Därefter undersöktes och jämfördes de två scenarierna (se figur 21). Detta gjordes för att jämföra dessa materials påverkan om bärighetsåtgärderna utförs för hela behovet av bärighetsåtgärder i Norrbottens län. Därigenom utreds vilken betydelse dessa restprodukter skulle kunna ha regionalt i ett materialförsörjningsperspektiv.



Figur 21: De tre typfallen delas in i två scenarier.

Analysen av scenarierna utgår ifrån tillgången på hyttsten och slaggrus i Norrbottens län. Det produceras årligen ca 400 000 ton hyttsten och ca 25 000 ton slaggrus i länet. Om man använder allt detta material och utgår ifrån typfall 2 och 3 kan man totalt i scenario 2 utföra bärighetsåtgärder på 48,5 km väg. Av detta är 46 km bärighetsåtgärder utförda med utgångspunkt i typfall 2 med hyttsten och 2,5 km utförda utifrån förutsättningarna i typfall 3 med slaggrus.

Den totala materialåtgången för scenario 2 är ungefär 515 000 ton per år. Då det estimerade behovet av material till bärighetsåtgärder i vägar uppgår till 450 000-540 000 ton per år kan man uppskatta att bärighetsåtgärderna i scenario 2 motsvarar behovet av bärighetsåtgärder i Norrbottens län. Den funktionella enheten för att jämföra scenario 1 och 2 är utförandet av bärighetsåtgärder på 48,5 km väg, det vill säga de totala bärighetsåtgärderna under ett år. Scenario 1 innebär att 48,5 km väg åtgärdas enbart med krossat berg (typfall 1) och all hyttsten och slaggrus deponeras. Scenario 2 innebär att 48,5 km väg åtgärdas med förutom krossat berg även hyttsten och slaggrus (typfall 2 och 3) På detta sätt jämförs vilket alternativ som är miljömässigt fördelaktigast.

Förutom mängden material skiljer sig även transportavstånden från typfallen. I typfallen antas vägen ligga mellan Luleå och Boden, medan scenarierna gäller bärighetsåtgärder som ska utföras i hela Norrbottens län. Det lönar sig enligt Persson (2005) att transportera hyttsten i en radie av ungefär 120 km runt Luleå. Man kan då uppskatta att det genomsnittliga avståndet till en väg där en bärighetsåtgärd ska utföras med hyttsten är 60 km. Produktionen av slaggrus sker främst vid kusten och vid Kiruna Värmeverk. Då bärighetsåtgärder med slaggrus endast kan utföras på 2,5 km väg totalt kan man anta att dessa åtgärder utförs på nära avstånd till dessa verksamheter. Här antas att det i genomsnitt är 20 km till vägen från produktionen av slaggrus. Bergtäkter finns på så pass många platser i Norrbottens län att det även i scenarierna antas vara i genomsnitt 20 km från en bärighetsåtgärd till en bergtäkt. Avstånden till deponierna antas vara samma som i typfallen.

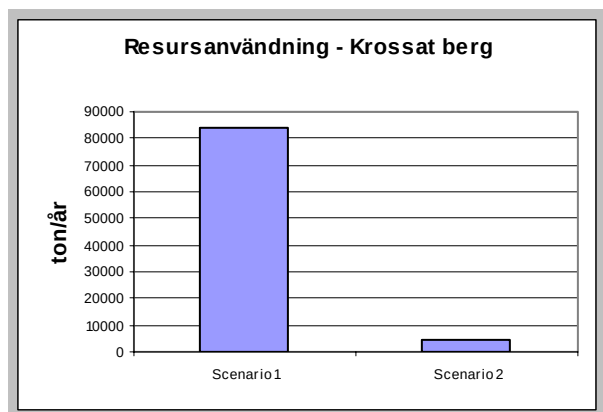


Figur 22: Karta med radier för de områden där bärighetsåtgärder skulle kunna utföras med hyttsten och slaggrus (modifierad karta från lantmäteriet.se).

Av figur 22 kan man se att en stor del av Norrbottens län inte täcks upp av radierna inom vilka det kan anses lönsamt att använda restprodukter. Då en majoritet av befolkningen och vägnätet finns i kustområdet antas den största delen av bärighetsåtgärderna även utföras i detta område. Följaktligen kan man anta att scenario 2 har kapacitet att täcka upp majoriteten av bärighetsåtgärderna som utförs.

7.6.1 Resursanvändning

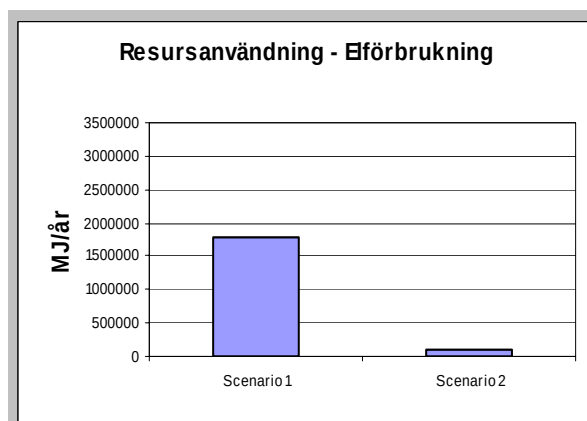
Användningen av krossat berg är nästan 20 gånger högre i scenario 1 jämfört med scenario 2 (se figur 23). För att utföra bärighetsåtgärder på 48,5 km väg krävs i scenario 1 totalt knappt 1,7 miljoner ton krossat berg.



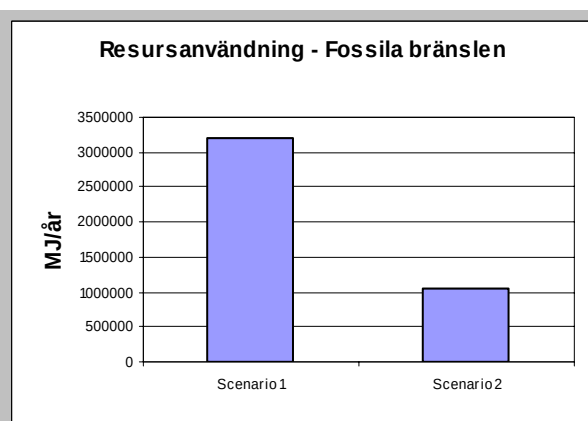
Figur 23: Användning av naturresursen krossat berg till 48,5 km väg per år för de två scenarierna.

Enligt Persson (2005) används varje år endast 450 000-540 000 ton material till bärighetsåtgärder. Enligt scenario 1 är mängden krossat berg drygt tre gånger så stor. Detta skulle kunna bero på att denna rapport har bortsett från att en stor del av materialet ofta tas i väglinjen.

Även elförbrukningen och nyttjandet av fossila bränslen är markant högre i scenario 1. Här liksom i typfallen följer detta resultat det för användningen av naturresurser (se figur 24 och 25). Detta beror på att det är en större mängd berg som behöver krossas i scenario 1 och att uppbyggandet av två deponier till skillnad från ingen deponi i scenario 2 kräver mer fossila bränslen.



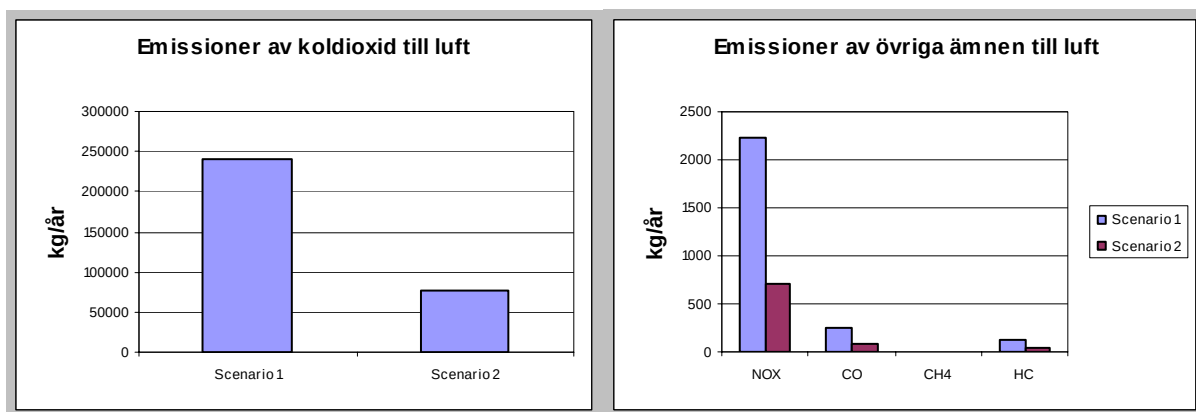
Figur 24 (vänster): Elförbrukning per år för de två scenarierna.



Figur 25 (höger): Användning av fossila bränslen per år för de två scenarierna.

7.6.2 Emissioner till luft

Emissioner till luft för de båda scenarierna följer precis som för typfallen användningen av fossila bränslen (se figur 26 och 27).



Figur 26 (vänster): Emissioner av CO₂ till luft per år från de två scenarierna.

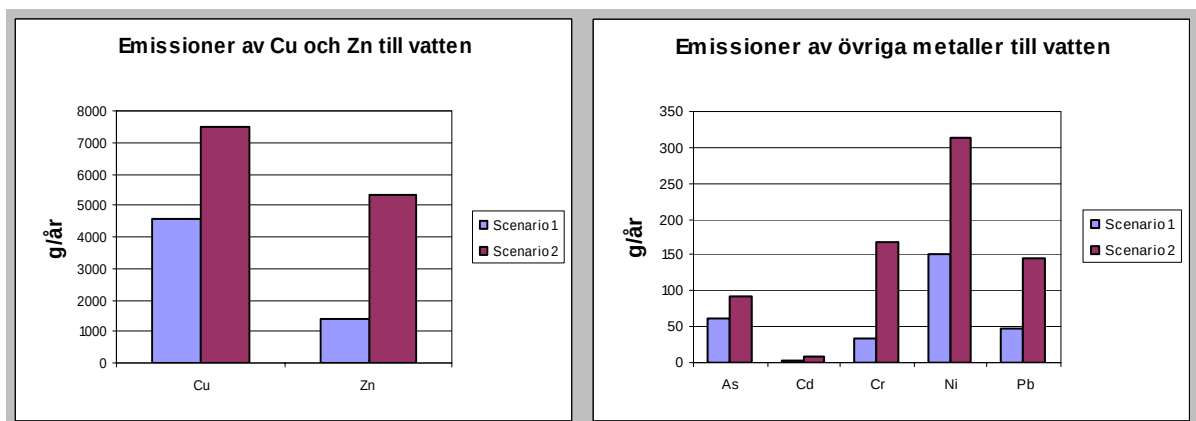
Figur 27 (höger): Emissioner till luft av NO_x, CO, CH₄ och HC per år från de två scenarierna.

Scenario 1 har betydligt högre värden för alla gaser. Uppgifter för CH₄ erhöles inte för transporter. I likhet med de andra emissionerna är de erhållna värden för CH₄ likväl högre i scenario 1 (0,11 i jämförelse med 0,01 kg/år).

I scenario 2 transporteras hyttsten, som utgör materialet till den största delen av bärighetsåtgärderna, tre gånger så långt som de andra materialen. Detta verkar emellertid inte ha så stor betydelse för jämförelsen av de totala emissionerna till luft. Scenario 2 är alltså mest fördelaktigt både vad gäller resursanvändning och emissioner till luft.

7.6.3 Emissioner till vatten

Till skillnad från i kategorierna resursanvändning och emissioner till luft är värdena för emissioner till vatten genomgående högre för scenario 2 (se figur 28, 29, 30 och 31). När man ser till typfallen hade typfall 2 och 3 högre värden för emissioner till vatten vilket visar sig även här.



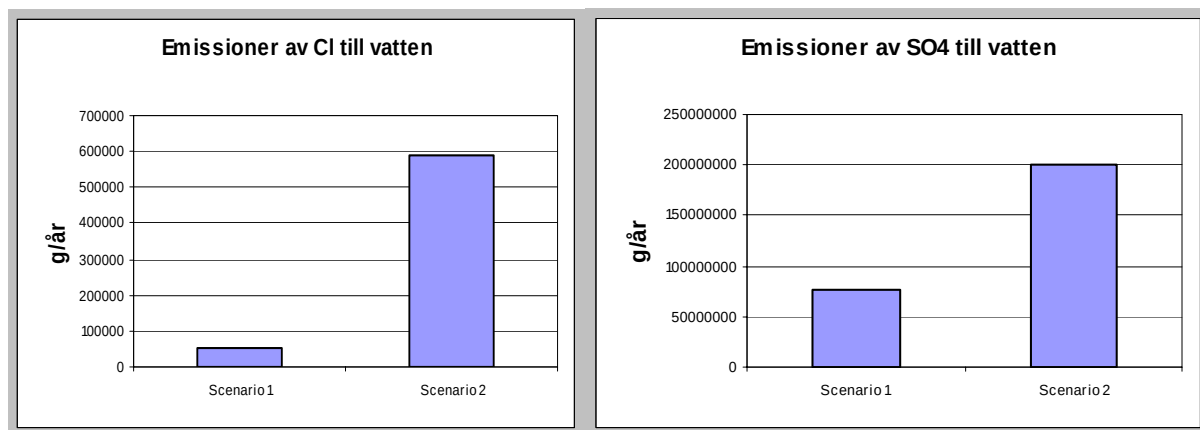
Figur 28 (vänster): Emissioner av Cu och Zn till vatten per år från de två scenarierna.

Figur 29 (höger): Emissioner av övriga metaller till vatten per år från de två scenarierna.

En anledning till att värdena för scenario 1 är lägre är att alla restprodukter i detta fall deponeras. L/S-kvoten är lägre i deponierna då en mindre mängd vatten går igenom dessa än igenom en väg. Detta medför att lakningen blir mindre. I scenario 2 används alla restprodukter i vägen vilket gör att en större mängd lakas ut. De genomgående högre värdena

för scenario 2 kan också, som angavs i typfallen, bero på en nedvärdering av utlakningen av krossat berg och slaggrus på grund av de högre använda L/S-kvoterna i dessa fall.

Emissioner av klor och sulfat är avsevärt högre i scenario 2 (se figur 30 och 31). Detta kan delvis bero på att värden för emissioner av klor och sulfat saknades för krossat berg. Lakningen av klor och sulfat i scenario 1 kommer från deponeringen av hyttsten och slaggrus. Sulfidhaltigt berg innehåller svavel som kan omvandlas till sulfat. Emissioner av sulfat är högre främst på grund av den höga lakningen från hyttsten. Värden för emissioner av klor till vatten erhöles endast från slaggrus.



Figur 30 (vänster): Emissioner av Cl till vatten per år från de två scenarierna.

Figur 31 (höger): Emissioner av SO₄ till vatten per år från de två scenarierna.

8 Diskussion och vidare studier

Miljöpåverkan från de olika flödena är indelade i kategorierna resursanvändning, emissioner till luft och emissioner till vatten. Med utgångspunkt i dessa kan man sammanfatta resultatet från typfallen och scenarierna.

För utförande av bärighetsåtgärder på en kilometer väg är typfall 2 med hyttsten mest fördelaktigt ur ett miljöperspektiv vad gäller resursanvändning och emissioner till luft. Typfall 2 uppvisar dock högst värden för emissioner av övriga ämnen till vatten. Typfall 1, bärighetsåtgärd med krossat berg, påvisar högst värden för resursanvändning och emissioner till luft, men lägst värden för emissioner av de flesta ämnena till vatten. Typfall 3, bärighetsåtgärd med slaggrus, är mittenalternativet för alla flöden utom de för klor, arsenik och krom där typfall 3 har högst värden.

Om man jämför hela behovet av bärighetsåtgärder i Norrbottens län kan man se att scenario 2 är mest fördelaktigt med avseende på resursanvändning och emissioner till luft. För emissioner till vatten uppvisar dock scenario 1 lägre värden.

Sammanfattningsvis kan man se att inget typfall eller scenario är bäst i alla kategorier. Det typfall och scenario som är mest fördelaktigt beror på vilken kategori man ser till.

Uttag av naturresursen krossat berg är en faktor som att döma av normaliseringen verkar vara en miljöpåverkansfaktor av stor betydelse i ett nationellt perspektiv. Att använda krossat berg istället för naturgrus är en bra början och ett viktigt delmål inom miljömålet God bebyggd miljö. Att minska andelen traditionellt ballastmaterial i form av ett minskat uttag av krossat berg är dock också av stor betydelse. Ur denna synvinkel är bärighetsåtgärder utförda med hyttsten det bästa alternativet. Hyttstens isolerande egenskaper medför en betydligt minskad användning av krossat berg. Sett ur ett resurshushållningsperspektiv är alltså scenario 2 lämpligast att välja. Scenario 2 utgörs till den största delen av hyttstensalternativet, den årliga produktionen av slaggrus räcker endast till 2,5 km av totalt 48,5 km bärighetsåtgärder. Att slaggruset kommer till användning istället för att läggas på deponi är dock positivt. I studien antas att hyttsten deponeras om den inte används, men i själva verket går redan nu det mesta av SSAB:s produktion till extern användning. I rapporten har det framkommit att elförbrukning sker i samband med krossning av berg. Även när det gäller bränsleförbrukning har krossning av berg och uppbyggnad av deponier en avgörande betydelse för de högre värdena i scenario 1. Emissioner till luft står i direkt proportion till nyttjandet av fossila bränslen och blir alltså även de större i scenario 1.

Den stora mängd krossat berg som behövs i scenario 1 är följaktligen ett problem både i fråga om resursanvändning av såväl krossat berg och elektricitet som fossila bränslen och då även i förlängningen för emissioner till luft. En fråga som har uppkommit i studien är huruvida de framtagna värdena för uttaget av krossat berg överstiger den egentliga användningen. I dagsläget utgörs den stora majoriteten av material för vägbyggande av traditionella ballastmaterial som krossat berg. Mängden krossat berg som behövs för att utföra bärighetsåtgärder på 48,5 km väg är enligt scenario 1 mer än tredubbelt så stort som den mängd material Vägverket har uppgivit går åt till bärighetsåtgärder varje år (1,7 miljoner ton mot 450 000 – 540 000 ton material). Det finns flera möjliga anledningar till de olika kvantiteterna. Ett skäl kan vara att allt material ofta inte byts ut vid en bärighetsåtgärd och att material istället tas från väglinjen. Hur mycket material som skulle kunna tas från väglinjen är

svårt att veta. En studie av Arnbom & Persson (2003) indikerar att nyttjandet av material från väglinjen skulle kunna uppgå till mer än 50 % av det totala materialet. Det kan också vara så att det i verkligheten inte utförs bärighetsåtgärder på så många kilometer väg. Den totala mängden material som behövs per kilometer är betydligt mindre för scenario 2 vilket gör att en längre total sträcka kan åtgärdas för den mindre mängden material. När man då räknar ut hur mycket material som behövs för scenario 1 krävs således mer material än vad som kanske i verkligheten är fallet.

Om man skulle anta att allt krossat berg utöver dessa 450 000-540 000 ton per år tas i väglinjen kan man grovt uppskatta vad miljöpåverkan skulle kunna bli för de bärighetsåtgärder som utförs varje år genom att reducera värden för krossat berg till en tredjedel. Eftersom även typfallen med hyttsten och slaggrus innehåller krossat berg ändras också dessa. Värdena för typfall 2 och 3 förblir dock även i detta fall mer fördelaktiga även om inte skillnaderna blir fullt så stora.

När man gör en miljöbedömning har ofta utlakningen av ämnen till vatten en stor betydelse. Utifrån resultaten i miljösystemanalysen kan man dra slutsatsen att utlakningen är större för de bärighetsåtgärder där man har använt sig av restprodukter i vägen. De genomgående lägre emissionerna för scenario 1 kan, som togs upp i avsnitt 7.6.3, bero på att en mindre mängd vatten går igenom en deponi än en väg vilket medför att lakningen blir lägre. Att scenario 1 får lägre värden beror också på lägre emissioner från krossat berg i väg jämfört med slaggrus och hyttsten.

Värdena som erhöles för emissioner till vatten är emellertid tämligen osäkra. Flera av de värden som användes låg under detektionsgränsen och värden för vissa ämnen erhöles inte. Värdena för scenario 1 kan också vara nedvärderade på grund av att L/S-kvoterna för krossat berg och slaggrus beräknades utifrån L/S 2, medan L/S-kvoterna för hyttsten beräknades utifrån värden närmare de som använts i studien. I miljösystemanalysen har linjär utlakning antagits, vilket antagligen inte skulle vara fallet i verkligheten. Studien indikerar att emissioner till vatten i scenario 2 är större än för scenario 1, men hur stor skillnaden är är svårt att avgöra.

Användningen av naturgrus har minskat betydligt under de senaste årtiondena. Fortfarande används dock över 600 000 ton naturgrus varje år till vägbyggnad i Norrbottens län. Det mest fördelaktiga vore att inte använda naturgrus till annat än när det verkligen behövs, till exempel i viss betongproduktion. Krossat berg är mer fördelaktigt än naturgrus, men att nyttja restprodukter som är materialtekniskt och miljömässigt lämpliga istället för att ta ut naturresurser vore det mest fördelaktiga i ett materialförsörjningsperspektiv.

Ett antal områden skulle vara intressanta för vidare studier:

- I denna rapport har en genomgripande miljösystemanalys utförts. För att få en tydlig bild av materialförsörjnings- och anläggningsbyggnadssektorernas energianvändning så har förbrukningen av el och fossila bränslen redovisats. Ur ett bredare samhälls- och energiperspektiv skulle det vara intressant att utvidga systemgränsen till att inkludera även produktionen av el och fossila bränslen
- Med utgångspunkt i inventeringen av restprodukter skulle man kunna utföra en miljösystemanalys av andra restprodukter som kan vara lämpliga till bärighetsåtgärder i vägar.

- En undersökning av andra användningsområden för hyttsten och slaggrus vore intressant, till exempel skulle man kunna utföra en miljösystemanalys där man jämför miljöpåverkan från hyttsten i olika typer av anläggningsbyggande, som vägar, grusvägar och järnvägar.
- Den verkliga mängd krossat berg som används för bärighetsåtgärder i Norrbottens län behöver undersökas ytterligare. Detta kan göras genom att ta reda på hur stor mängd material som tas från väglinjen, samt att utreda hur många kilometer bärighetsåtgärder som utförs per år.
- Värden för lakning var något osäkra med flera ämnen under detektionsgränsen. Det vore bra att undersöka utlakningen ytterligare för de tre materialen. Data för lägre L/S-kvoter än L/S 2 för krossat berg och slaggrus vore önskvärda för att undgå en nedvärdering av lakningsvärdena för dessa material jämfört med värdena för hyttsten. Vissa ämnen som uteslöts i studien skulle även kunna undersökas, till exempel vanadin. Vid låga pH-värden ($\text{pH} < 4$) ökar vanadins löslighet. I vägar är pH-värdet ofta högre än 10, så lösligheten torde därmed ändå vara relativt låg i den här applikationen.
- Slutligen vore det intressant att komplettera miljösystemanalysen med en analys ur ett ekonomiskt- och samhällsperspektiv.

9 Slutsatser

I val av scenario är det viktigt att beakta miljöhänsyn både vad gäller utlakning och hushållning med naturresurser. Såväl för utförandet av bärighetsåtgärder på 1 km väg som för bärighetsåtgärder för hela Norrbottens län gäller att typfall och scenarier med restprodukter i vägen är mest fördelaktiga vad gäller kategorierna resursanvändning och emissioner till luft. Bärighetsåtgärder utförda med krossat berg är dock mer lämpliga om man ser till emissioner till vatten. Slutsatsen är att val av material för utförande av bärighetsåtgärder till viss del beror på vilken typ av miljöpåverkan man lägger tonvikten på, resursanvändning av krossat berg, el och fossila bränslen och emissioner av växthusgaser eller utsläpp av miljöfarliga ämnen till grundvatten och vattendrag. Värdena för emissioner till vatten är dock något mer osäkra än övriga data.

I ett regionalt perspektiv rör det sig om en stor mängd material som varje år krävs för att utföra bärighetsåtgärder i Norrbottens län. Det mest fördelaktiga torde därför vara att med utgångspunkt i scenario 2 och miljömålet God bebyggd miljö spara naturresurser genom att använda restprodukterna hyttsten och slaggrus vid bärighetsåtgärder. I linje med miljömålen Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag och Grundvatten av god kvalitet bör man dock först göra områdesspecifika undersökningar och en lokalspecifik miljöriskbedömning. I särskilt känsliga områden bör man vara aktsam och eventuellt utföra bärighetsåtgärderna med krossat berg på grund av de då lägre emissionerna till vatten. På detta sätt kan hushållning med naturresurser kopplas ihop med extra hänsyn till särskilt känsliga områden.

Sammanfattningsvis kan man säga att det ur ett regionalt resurshushållningsperspektiv är mest lämpligt att använda scenario 2. I ett lokalt perspektiv är det lämpligt att göra en noggrann avvägning mellan de olika typfallen för att se vilken åtgärd som är mest lämplig för de för området specifika förutsättningarna. Ur naturressynpunkt är det fördelaktigt att minska andelen traditionella material till fördel för restprodukter. Nyttjandet av restprodukter kan spela en roll i länets materialförsörjning och bidra till uppfyllandet av miljömålen.

Referenser

Tryckt material och hemsidor:

Arnbom, J.-O. & Persson, M. 2003: *God bebyggd miljö, fallstudie av ballastanvändning*. Sveriges Geologiska Undersökning. Projektnr: 30008.

ATB VÄG 2004. Vägverket, publikation 2004:111.

Banverket 2005a: Fyra delprojekt – Korta fakta (2005-10-21).
http://www.banverket.se/templates/StandardTtH_11084.asp

Banverket 2005b: Tidplan (2005-10-21).
http://www.banverket.se/templates/StandardMtH_11143.asp

Benediktson, G., Staaf, H. 2005: *Sweden's National Inventory Report 2005 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Naturvårdsverket.

Berg, Å., Arell, L., Fagerlind, T., Sträng, M., Grånäs, K., 2004: *Grus, sand och krossberg – Produktion och tillgångar 2003*. Sveriges Geologiska Undersökning.

Berg, Å., Arell, L., Sträng, M. 2005: *Grus, sand och krossberg – Produktion och tillgångar 2004*. Sveriges Geologiska Undersökning.

Bergbäck, B., Johansson, K., Mohlander, U. (2001): *Urban Metal Flows – A case study of Stockholm. Review and Conclusions. Water, Air and Soil Pollution: Focus 1:3-24*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Bodens energi, analysprotokoll 2005-03-07

Boverket 2003: *Fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet – God bebyggd miljö*.

Boverket 2005: *God bebyggd miljö på regional nivå – Studie av länsstyrelsernas regionalisering av miljö kvalitetsmålet*.

Centeno López, E. 2004: *Energiläget 2004*. Statens Energimyndighet, ET 17:2004, Eskilstuna.

Edeskär, T. 2004: *Gummiklipp som skyddslager i ett fullskaleprojekt*. Forskningsrapport 2004:13 FR, Luleå Tekniska Universitet.

Ek, M. & Westling, O. 2003: *Dagsläget beträffande skogsindustrins avfall*. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, rapport B 1482.

Eliasson, S. & Sandqvist, E. 2000: *Återanvändning av restprodukter inom mark- och anläggningsområdet*. Examensarbete, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

Engström, H. & Ulwan, Å. 2005: *Sluttäckning av avfallsdeponier ur ett nationellt perspektiv*. Examensarbete, Uppsala universitet.

Esko, D. & Grånäs, K. 2000: *Naturgrus eller morän*. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning.

Fällman, A.-M. 1997: *Characterisation of residues – Release of contaminants from slags and ashes*. Doktorsavhandling 486, Linköpings Universitet.

Forssblad, L. 1987: *Packning av jord- och bergmaterial*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Handboken Bygg: Geoteknik 1984. Huvudredaktör: S. Avén. Stockholm: Liber Förlag

Handboken Bygg: Väg och vattenbyggnader 1985. Huvudredaktör: S. Avén. Stockholm: Liber Förlag

ISO 14040:1997: *Miljöledning – Livscykelanalys – Principer och struktur*. Standardiseringen i Sverige. Stockholm: SIS Förlag AB.

ISO 14043:2000: *Miljöledning – Livscykelanalys – Tolkning* 1998. Standardiseringen i Sverige. Stockholm: SIS Förlag AB.

Jansson, Å. 2002: *Riktlinjer för slagganvändning*. 2 rev. uppl. Stockholm: Jernkontoret.

Kiruna kommun 2005: Det framtida Kiruna (2005-10-24).

http://www.kommun.kiruna.se/web2/ny_web/Nya%20Kiruna%20web/pdf_filer/kominfo_3.pdf

Lindfors, L.-G. 1996: *Vägledning för Livscykelanalyser LCA, sammanfattning av LCA-Norden*. Rapport 4537. Stockholm: Naturvårdsverket Förlag.

Länsstyrelsen i Norrbottens län 2004: *Länsplan för regional transportinfrastruktur i Norrbottens län perioden 2004 – 2015*.

Magnusson, Y. 2005: *Environmental Systems Analysis for Utilisation of Bottom Ash in Ground Constructions*. Examensarbete, Kungliga tekniska högskolan, Stockholm.

Merox 2005: Vägbyggnad med Merox hyttsten (2005-11-14).

http://www.merox.se/index.pl/battre_vagar

Moberg, Å., Finnveden, G., Johansson, J., Steen, P. 1999: *Miljösystemanalytiska verktyg – en introduktion med koppling till beslutsituationer*. AFR-rapport 251 Stockholm: Naturvårdsverket.

Nätverket för transporter och miljön (NTM) (2005-11-22). <http://www.ntm.a.se/ntmcalc/>

Olsson, S. 2005: *Environmental assessment of municipal solid waste incinerator bottom ash in road constructions*. Licentiatuppsats, Kungliga tekniska högskolan.

Rydh, C., Lindahl, M., Tingström, J. 2002: *Livscykelanalys – en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster*. Lund: Studentlitteratur.

Stripple, H. 2001: *Life Cycle Assessment of Road – A Pilot Study for Inventory Analysis*. 2 rev. uppl. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, rapport B 1210 E.

Suup, M. & Wallin, Å. 2005: *Användning av naturgrus – Mängder, nyckeltal och funktionskrav för idag oundgängliga användningsområden*. Examensarbete, Luleå tekniska universitet.

Sveriges Geologiska Undersökning 2005a: Ballast, naturgrus och krossberg (2005-09-27). <http://www.sgu.se/sgu/sv/naturresurs/grus/index.html>

Sveriges Geologiska Undersökning 2005b: Karttjänst ballast och industrimineral (2005-09-20). http://www.sgu.se/sgu/sv/service/kart-tjanst_start.htm#mineral

Tossavainen, M. & Håkansson, K. 1999: *Reference data of leaching of natural materials and effects on its leaching properties of ageing*. AFR-rapport 254; AFN Stockholm: Naturvårdsverket.

Tossavainen, M. 2000: *Leaching behaviour of rock materials and a comparison with slag used in road construction*. Licentiatuppsats, Luleå tekniska universitet.

Visser, M. 2003: *Bedömningsunderlag för användning av restprodukter i vägbyggnad – med fördjupning inom aspekten ekologi*. Examensarbete Luleå tekniska universitet.

Vägverket 2000: *Användning av restprodukter i vägbyggnad*. Publikation 1999:161.

Vägverket 2004: *Den goda resan. Nationell plan för vägtransportsystemet 2004 – 2015*. Publikation 2004:93.

Wik, O., Lindeberg, J., Nilsson Påledal, S. 2003: *Inventering av restprodukter som kan utgöra ersättningsmaterial för naturgrus och bergkross i anläggningsbyggande*. Statens geotekniska institut på uppdrag av Sveriges Geologiska Undersökning.

Wilhelmsson, A. & Paijkull M. 2003: *Att bygga med avfall. Miljörättsliga möjligheter och begränsningar för återvinning av avfall i anläggningsändamål*. Stockholm: Värmeforsk Service AB.

Ödalen, M. 2005: *Mångmiljardsatsningen i Malmberget*. Norrländska Socialdemokraten (2005-09-24).

Intervjuer:

Hansson E. BDX 2005-11-28.

Hedborg G. Länsstyrelsen i Norrbottens län. 2005-10-25.

Holmström L. Banverket. E-post 2005-10-27 och 2005-11-02.

Håkansson U. Ragnsells. E-post 2005-09-26.

Kappel R. Partek Nordkalk AB. 2005-09-21.

Mácsik J. Ecoloop. Samtal under hösten 2005 och vintern 2006.

Persson L. Vägverket Borlänge. 2005-12-09.

Sandström T. SSAB Tunnpååt Luleå. 2005-09-21.

SMHI. 2005-11-14.

Sundqvist C. Länsstyrelsen i Norrbottens län. 2005-09-22.

Svedberg B. Ecoloop. Samtal under hösten 2005.

Ullberg J. Vägverket region Norr. E-post 2005-10-17.

Wikström C. BDX. 2005-10-05.

Öberg U. Bodens Energi. 2005-11-24.

Bilaga 1: Kontaktade aktörer

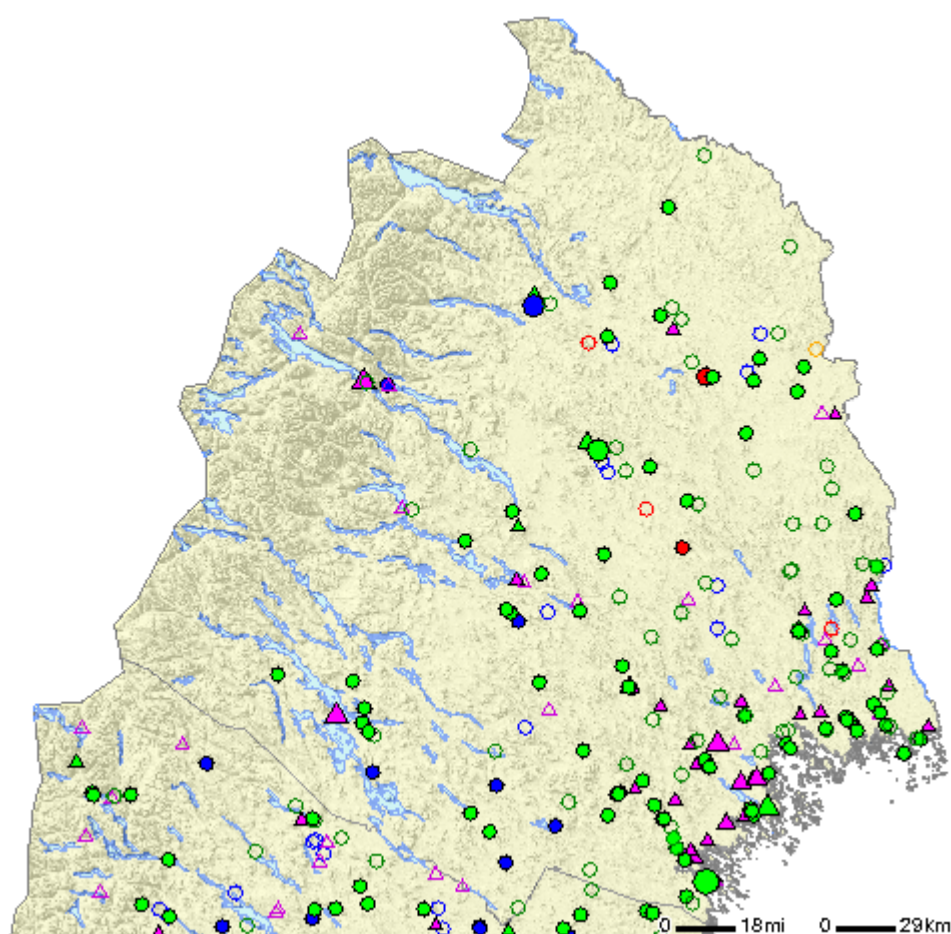
Arvidsjaur Energi AB
Banverket
BDX
Billerud Karlsborg AB
Bodens Energi AB
Boliden
Gällivare Kommun
Gällivare Värmeverk AB
Haparanda Värmeverk AB
Jokkmokks Värmeverk AB
Jukkasjärvi Energi AB
Kappa Kraftliner AB
Kiruna Kommun
Kiruna Värmeverk AB
LKAB
Lulekraft AB
Luleå Energi AB
Luleå Kommun
Länsstyrelsen i Norrbottens län
Pajala Kommun
Pajala Värmeverk AB
Partek Nordkalk AB
Piteå Energi AB
Piteå Kommun
Ragnsells
SCA Norrbränsle
SCA Packaging Munksund AB
SSAB Tunnplåt Luleå
Svenskt Vatten
Töre Energi
Vattenfall Kalix Fjärrvärme AB
Vägverket
Vägverket Produktion
Älvsbyn Fjärrvärme AB
Överkalix Värmeverk AB
Övertorneå Värmeverk AB

Bilaga 2: Inventering av tillgång på traditionella material i Norrbottens län

Kommun	Totalt ton	Naturgrus ton	Morän ton	Krossberg ton	Övrigt ton	Antal täkter
Arjeplog	155 140	8 455	77 800	68 885	0	9
Arvidsjaur	94 514	69 487	0	25 027	0	13
Boden	240 352	47 584	0	192 768	0	17
Gällivare	302 660	174 746	65 541	34 946	27 427	22
Haparanda	27 070	4 571	0	22 469	30	10
Jokkmokk	1 079 438	1 810	22 270	1 055 358	0	16
Kalix	57 634	28 686	100	28 848	0	21
Kiruna	235 980	96 802	5 000	10 157	124 021	15
Luleå	482 008	72 633	0	228 709	180 666	26
Pajala	106 524	60 009	6 500	40 015	0	17
Piteå	502 111	299 483	8 941	187 766	5 921	28
Älvsbyn	507 824	464 786	7 500	35 538	0	15
Överkalix	20 070	8 842	0	11 228	0	10
Övertorneå	78 503	3 403	0	75 100	0	12
Norrbotten totalt	3 889 828	1 341 297	193 652	2 016 814	338 065	230
Sverige totalt	77 295 142	21 008 860	1 599 860	46 640 557	8 045 865	2 597

Tabell över totala produktionen av traditionella material per kommun och materialslag år 2004 i Norrbottens län (Berg et al. 2005 s.37 f.).

Bilaga 3: Karta över tillgången på traditionella material i Norrbottens län
(SGU 2005b)



Naturgrustäcker
(Produktion i ton 2003)

- 0
- <50 000
- 50 000 - 100 000
- >100 000

Bergtäcker
(Krossbergsproduktion i ton 2003)

- △ 0
- △ <50 000
- △ 50 000 - 100 000
- △ >100 000

Moräntäcker (Produktion i ton 2003)

(continued)

- 0
- <50 000
- 50 000 - 100 000
- >100 000

Täcker för natursten
(Produktion i ton 2003)

- 0
- <50 000
- 50 000 - 100 000
- >100 000

Täcker för industrimineral
(Produktion i ton 2003)

- 0
 - <50 000
 - 50 000 - 100 000
- (continued)

- >100 000

Övrigt (ton 2003)

- △ 0
- △ <50 000
- △ 50 000 - 100 000
- △ >100 000

Terrängskuggning

- Sjö
- Län

Bilaga 4: Inventering av tillgång på restprodukter i Norrbottens län (ton/år)

Gruvindustrin:

	Gråberg	Anrikningssand	Avfallskalk
LKAB Kiruna, järnmalmshugget	6 040 000	1 996 000	24 000
Intern deponi	5 847 000	1 996 000	24 000
Extern deponi	0	0	0
Intern användning	69 000	0	0
Extern användning	124 000	0	0
LKAB Malmberget, järnmalmshugget	4 725 000	1 305 000	0
Intern deponi	4 400 000	1 305 000	0
Extern deponi	0	0	0
Intern användning	0	0	0
Extern användning	325 000	0	0
LKAB Svappavaara, malmförädlingsverk	0	512 000	0
Intern deponi	0	512 000	0
Extern deponi	0	0	0
Intern användning	0	0	0
Extern användning	0	0	0
Boliden Aitikgruvan	20 398 000	17 400 000	0
Intern deponi	0	0	0
Extern deponi	6 448 000	17 400 000	0
Intern användning	0	0	0
Extern användning	13 950 000	0	0
Totalt Norrbottens län	31 163 000	21 213 000	24 000

Stålindustrin:

	Hyttsten	Hyttstot	LD-slagg	LD-slam	Blandslagg	Filterstoff	Masugnsstoff	Stoft från stålverket
SSAB Tunnplåt	400 000	40 000	200 000	60 000	70 000	20 000	10 000	1 500
Intern deponi	0	0	80 000	40 000	70 000	0	10 000	1 500
Extern deponi	0	0	0	0	0	0	0	0
Intern användning	0	40 000	120 000	20 000	0	20 000	0	0
Extern användning	400 000	0	0	0	0	0	0	0
Totalt Norrbottens län	400 000	40 000	200 000	60 000	70 000	20 000	10 000	1 500

Massa- och pappersindustrin:

	Mesa	Grönlutslam	Flygaska	Slaggrus	Fiberbioslam	Plast- och returfiberrejekt	Sedimenterings-slam	Övrigt
Billerud Karlsborg AB	7000	10 000	2	5 000	0	0	0	0
Intern deponi	1 000	10 000	1,5	5 000	0	0	0	0
Extern deponi	0	0	0	0	0	0	0	0
Intern användning	0	0	0	0	0	0	0	0
Extern användning	6 000	0	0	0	0	0	0	0
Kappa Kraftliner AB	2 500	10 200	2 800	500	15 000	7 400	0	3 743
Intern deponi	0	10 200	2 800	0	0	0	0	2 060
Extern deponi	0	0	0	0	0	0	0	0
Intern användning	0	0	0	500	0	0	0	474
Extern användning	2 500	0	0	0	15 000	7 400	0	1 200
SCA Packaging Munksund AB	0	1 901	23	1 334	0	358	3 040	0
Intern deponi	0	0	0	0	0	0	0	0
Extern deponi	0	1 901	0	1 334	0	0	0	0
Intern användning	0	0	0	0	0	358	3 040	0
Extern användning	0	0	23	0	0	0	0	0
Totalt Norrbottens län	9 500	22 101	2 825	6 834	15 000	7 758	3 040	3 743

Förbränning:

	Aska	Slaggrus	Flygaska
Bodens Energi AB	0	8 032	1 393
Intern deponi	0	0	781
Extern deponi	0	0	0
Intern användning	0	228	612
Extern användning	0	7 804	0
Gällivare Värmeverk AB	0	0	1 500
Intern deponi	0	0	1 500
Extern deponi	0	0	0
Intern användning	0	0	0
Extern användning	0	0	0
Kalix Värmeverk, Vattenfall	2 000	0	0
Intern deponi	0	0	0
Extern deponi	0	0	0
Intern användning	0	0	0
Extern användning	2 000	0	0
Kiruna Värmeverk	0	10 284	705
Intern deponi	0	0	0
Extern deponi	0	0	0
Intern användning	0	4 312	705
Extern användning	0	5 972	0
Överkalix Värmeverk AB	595	0	0
Intern deponi	0	0	0
Extern deponi	0	0	0
Intern användning	0	0	0
Extern användning	595	0	0
Totalt Norrbottens län	2 595	18 316	3 598

Stenindustrin:

	Kalksten	Filterstoff/ Släckt kalk
Partek Nordkalk AB	7 000	300
Intern deponi	0	0
Extern deponi	0	0
Intern användning	0	0
Extern användning	7 000	300
Totalt Norrbottens län	7 000	300

Däck:

	Gummiklipp
Ragnsells	4 000
Intern deponi	0
Extern deponi	0
Intern användning	0
Extern användning	4 000
Totalt Norrbottens län	4 000

Kommunalt slam:

Avloppsslam	Torrsvikt	Våtsvikt
Arjeplog	96	320
Arvidsjaur	206	687
Boden	847	2 825
Gällivare	575	1 918
Haparanda	305	1 016
Jokkmokk	167	557
Kalix	528	1 761
Kiruna	697	2 322
Luleå	2 168	7 228
Pajala	206	686
Piteå	1 228	4 093
Älvsbyn	262	873
Övertorneå	119	395
Övertorneå	157	525
Totalt Norrbottens län	7 562	25 206

Bygg- och rivningsavfall:

Kommun	Krossad betong	Armerad betong	Asfalt	Osorterat och sorterat trä	Täckjord	Vanligt byggavfall	Restavfall till deponi	Summa
Arjeplog	103	141	175	411	62	26	43	961
Arvidsjaur	220	302	377	882	133	56	91	2 061
Boden	907	1 243	1 548	3 627	548	232	376	8 481
Gällivare	616	844	1 051	2 462	372	157	255	5 757
Haparanda	326	447	557	1 305	197	83	135	3 050
Jokkmokk	179	245	305	715	108	46	74	1 672
Kalix	565	775	965	2 261	342	144	234	5 286
Kiruna	745	1 022	1 272	2 981	457	190	309	6 976
Luleå	2 320	3 180	3 961	9 281	1 402	593	961	21 698
Pajala	220	302	376	882	133	56	91	2 060
Piteå	1 314	1 800	2 243	5 255	794	336	544	12 286
Älvsbyn	280	384	478	1 121	169	72	116	2 620
Övertorneå	127	174	217	508	77	32	53	1 188
Övertorneå	169	231	288	674	102	43	70	1 577
Totalt Norrbottens län	8 091	11 090	13 813	32 365	4 896	2 066	3 352	75 673

Bilaga 5: Inventering till miljösystemanalysen

5.1 Generella data

Ursprunglig typväg innan bärighetsåtgärd	Tjocklek	Enhet	Material		TYPFALL 3: Bärighetsåtgärd med slaggrus i skyddslagret			
Obundet bärlager	80	mm	Krossat berg		Obundet bärlager	80	mm	Krossat berg
Förstärkningslager	400	mm	Krossat berg		Förstärkningslager	420	mm	Krossat berg
Skyddslager	0	0	0		Skyddslager	700	mm	Slaggrus
Totalt	480	mm			Totalt	1200	mm	
TYPFALL 1: Bärighetsåtgärd med krossat berg i skyddslagret					Materialåtgång	m3 packat	m3 opackat	ton
Obundet bärlager	80	mm	Krossat berg		Krossat berg	4250	5246	8500
Förstärkningslager	420	mm	Krossat berg		Slaggrus	6370	7280	10192
Skyddslager	1000	mm	Krossat berg		Material till deponi	m3 packat	m3 opackat	ton
Totalt	1500	mm			Hyttsten	3280	4457	8692
Materialåtgång	m3 packat	m3 opackat	ton		Skrymdensiteter			
Krossat berg	17250	21296	34500		Material	Värde	Enhet	Referens
Material till deponi	m3 packat	m3 opackat	ton		Krossat berg (löst packat)	1,62	ton/m3	Stripple 2001
Hyttsten	3280	4457	8692		Krossat berg (hårt packat)	2	ton/m3	Olsson 2005
Slaggrus	6370	7280	10192		Hyttsten Torrdensitet	1,95	ton/m3	Vägverket 2000
TYPFALL 2: Bärighetsåtgärd med hyttsten i förstärkningslagret					Hyttsten (hårt packad)	2,65	ton/m3 (medelvärde)	Vägverket 2000
Obundet bärlager	100	mm	Krossat berg		Slaggrus (löst packad)	1,4	ton/m3	Olsson 2005
Förstärkningslager	400	mm	Hyttsten		Slaggrus (hårt packad)	1,6	ton/m3	Olsson 2005
Skyddslager	0	0	0		Avstånd			
Totalt	500	mm			Luleå-Boden	37	km	
Materialåtgång	m3 packat	m3 opackat	ton		SSAB Luleå - typvägen	19	km	
Krossat berg	730	901	1460		Bodens Energi - typvägen	19	km	
Hyttsten	3280	4457	8692		SSAB Luleå - deponi	2	km	Antaget, har egen deponi på området
Material till deponi	m3 packat	m3 opackat	ton		Bodens Energi - Brändkläppen deponi	5	km	Öberg 2005
Slaggrus	6370	7280	10192		Vägen - täkt för krossat berg	20	km	Antaget

Resursanvändning											
Krossning av berg											
Energianvändning för arbetsfordon vid krossning av berg	Fossilt bränsle MJ/ton	El-åtgång MJ/ton	Referens								
	16,99	21,19	Stripple 2001								
Lastning av material till lastbil	Fossilt bränsle	Enhet	Referens								
Energianvändning under lastning, (lätt densitet)	1,72	MJ/m3 lastat material	Stripple 2001								
Konstruktion av bärighetsåtgärd	Fossilt bränsle	Enhet	Referens								
Energianvändning vid byggnation av väg	7,02	MJ/ton	Stripple 2001								
Emissioner till luft											
Emissioner från förbränning	CO2	NOx	CO	CH4	HC	Enhet	Referens				
Förbränning av diesel vid drift av arbetsfordon	75	0,71	0,085	0,00005	0,043	g/MJ tillförd diesel	Stripple 2001				
Emissioner från krossning av berg											
Krossning av berg	1274	12	1,4	0,00085	0,73	g/ton	Uträkning				
Emissioner från lastning av krossat berg											
Lastning av krossat berg	129	1,2	0,15	8,6E-05	0,074	g/m3	Uträkning				
Emissioner från konstruktion av väg											
Konstruktion av väg	527	5,0	0,60	0,00035	0,30	g/ton	Uträkning				
Emissioner från transporter	Värde	Enhet	Referens								
Fordonstyp	Tung lastbil med släp		Hansson 2005 och NTM								
Maxlast	40	ton	Hansson 2005 och NTM								
Motor- och bränsletyp	Euro 2, Mk 1		Hansson 2005 och NTM								
Fyllnadsgrad	70	%	Hansson 2005 och NTM								
Bränsleförbrukning	4,9	l/10 km	Hansson 2005 och NTM								
Emissioner till vatten											
Lakningsdata	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cl	SO₄	Enhet	Referens
Krossat berg, L/S 2, CEN (EN 12457-3)	0,0078	0,0002	0,001	0,011	0,0054	0,0006	0,0065			g	Tossavainen & Håkansson 1999
Slaggrus L/S 2, SS-EN 12457-3	0,0167	<0,003	0,402	0,272	<0,003	<0,003	0,0054	2060	2280	mg/kg TS	Bodens Energi
Hyttsten L/S 0,035	<0,00035	<0,000045	<0,0008	0,2243	<0,0057	0,0022	0,0684		3776	mg/kg TS	Fällman 1997
Hyttsten L/S 0,488	<0,00195	0,0003	<0,0018	0,2769	<0,01085	0,0054	0,1998		568,1	mg/kg TS	Fällman 1997
Nederbörd och infiltration	Värde	Enhet	Referens			Under detektionsgränsen					
Nederbörd i Luleå per år	506	l/m2	SMHI 2005								
Infiltration genom asfaltlagret i en väg	5	%	Antaget								
Infiltration genom en deponi	50	mm/år=l/år/m2	Antaget								

Deponering av restprodukter							
	Värde	Enhet	Material	Referens			
Tjocklek på deponierna för slaggrus och hyttsten	15	m		Mácsik 2005			
Växtetableringsskikt	1,35	m	ytjord	Magnusson 2005			
Skyddsskikt	0,5	m	schaktad jord	Magnusson 2005			
Dräneringsskikt	0,1	m	sand	Magnusson 2005			
Tätskikt	0,1	m	bentonitmatta	Magnusson 2005			
Avjämningskikt	0,2	m	sand	Magnusson 2005			
Konstruktion av deponi	Dieselförbrukning MJ/ton	Enhet	Referens				
Produktion av material till växtetableringsskikt	0,057	MJ/ton deponerad restprodukt	Magnusson 2005				
Transport av jord till växtetableringsskikt	2,7	MJ/ton deponerad restprodukt	Magnusson 2005				
Konstruktion av växtetableringsskikt	0,057	MJ/ton deponerad restprodukt	Magnusson 2005				
Konstruktion av skyddsskikt	0,021	MJ/ton deponerad restprodukt	Magnusson 2005				
Produktion av sand till dräneringsskikt	0,0048	MJ/ton deponerad restprodukt	Magnusson 2005				
Transport av sand till dräneringsskikt	0,058	MJ/ton deponerad restprodukt	Magnusson 2005				
Konstruktion av dräneringsskikt	0,0042	MJ/ton deponerad restprodukt	Magnusson 2005				
Produktion av material till avjämningskikt	0,0096	MJ/ton deponerad restprodukt	Magnusson 2005				
Transport av sand till avjämningskikt	0,12	MJ/ton deponerad restprodukt	Magnusson 2005				
Konstruktion av avjämningskikt	0,008	MJ/ton deponerad restprodukt	Magnusson 2005				
Total dieselförbrukning vid konstruktion av deponi	3,1	MJ/ton deponerad restprodukt	Uträkning				
Emissioner från konstruktion av deponi	CO2	NOx	CO	CH4	HC	Enhet	Referens
	230	2,2	0,26	0,00015	0,13	g/ton	Uträkning

5.2 Uträkningar för typfallen (vid tomma rutor saknas uppgift)

TYPFALL 1: Bärighetsåtgärd med krossat berg i skyddslagret													
Materialåtgång			Värde			Enhet			Användning av väg				
Krossat berg			34500			ton			Lakning från krossat berg				
Summa			34500			ton			Emissioner till vatten		Värde	Enhet	
Material till deponi						L/S 0,1687							
Hyttsten			8692			ton			As		1,13	g/år	
Slaggrus			10192			ton			Cd		0,029	g/år	
									Cr		0,15	g/år	
Produktion av råvaror						Cu		1,60		g/år			
Krossning av berg						Ni		0,79		g/år			
Resursanvändning			Värde			Enhet			Pb		0,087		g/år
Krossat berg			1725			ton/år			Zn		0,95		g/år
El			36553			MJ/år			Cl				g/år
Fossila bränslen			29308			MJ/år			SO4				g/år
Emissioner till luft													
CO2			2198			kg/år			Deponering av restprodukter				
NOx			20,8			kg/år					Värde	Enhet	
CO			2,5			kg/år			Mängd hyttsten till deponi		8692		ton
CH4			0,0015			kg/år			Mängd slaggrus till deponi		10192		ton
HC			1,3			kg/år							
									Transport av hyttsten till deponi				
Transport av råvaror till vägen						Resursanvändning		Värde		Enhet			
Lastning av krossat berg						Fossila bränslen		550		MJ/år			
Resursanvändning			Värde			Enhet			Emissioner till luft				
Fossila bränslen			1831			MJ/år			CO2		39		kg/år
Emissioner till luft									NOx		0,35		kg/år
CO2			137			kg/år			CO		0,038		kg/år
NOx			1,3			kg/år			CH4				kg/år
CO			0,16			kg/år			HC		0,020		kg/år
CH4			9E-05			kg/år							
HC			0,079			kg/år			Uppbyggnad av deponi				
									Resursanvändning		Värde		Enhet
Transport av krossat berg						Fossila bränslen		1331		MJ/år			
Resursanvändning			Värde			Enhet			Emissioner till luft				
Fossila bränslen			21000			MJ/år			CO2		100		kg/år
Emissioner till luft									NOx		0,95		kg/år
CO2			1550			kg/år			CO		0,11		kg/år
NOx			14			kg/år			CH4		7E-05		kg/år
CO			1,5			kg/år			HC		0,057		kg/år
CH4						kg/år							
HC			0,8			kg/år			Lakning från hyttsten				
									Emissioner till vatten		Värde		Enhet
Konstruktion av bärighetsåtgärd						L/S 0,035							
Konstruktion med krossat berg						As		0,15		g/år			
Resursanvändning			Värde			Enhet			Cd		0,020		g/år
Fossila bränslen			12110			MJ/år			Cr		0,35		g/år
Emissioner till luft									Cu		97		g/år
CO2			908			kg/år			Ni		2,5		g/år
NOx			8,6			kg/år			Pb		0,96		g/år
CO			1,0			kg/år			Zn		30		g/år
CH4			0,0006			kg/år			Cl				g/år
HC			0,52			kg/år			SO4		2E+06		g/år

TYPFALL 2: Bärighetsåtgärd med hyttsten i förstärkningslagret									
Materialåtgång	Värde	Enhet	Konstruktion av bärighetsåtgärd			Uppbyggnad av deponi			
Krossat berg	1460	ton	Konstruktion med krossat berg och hyttsten			Resursanvändning	Värde	Enhet	
Hyttsten	8692	ton	Resursanvändning	Värde	Enhet	Fossila bränslen	1561	MJ/år	
Summa	10152	ton	Fossila bränslen	3563	MJ/år	Emissioner till luft			
Material till deponi			Emissioner till luft			CO ₂	117	kg/år	
Slaggrus	10192	ton	CO ₂	267	kg/år	NO _x	1,1	kg/år	
			NO _x	2,5	kg/år	CO	0,13	kg/år	
Produktion av råvaror			CO	0,30	kg/år	CH ₄	8E-05	kg/år	
Krossning av berg			CH ₄	0,00018	kg/år	HC	0,067	kg/år	
Resursanvändning	Värde	Enhet	HC	0,15	kg/år				
Krossat berg	73	ton/år				Lakning från slaggrus			
El	1547	MJ/år	Användning av väg			L/S 0,042	Värde	Enhet	
Fossila bränslen	1240	MJ/år	Lakning från krossat berg			As	0,18	g/år	
Emissioner till luft			Emissioner till vatten	Värde	Enhet	Cd	0,016	g/år	
CO ₂	93	kg/år	L/S 2,53			Cr	4,3	g/år	
NO _x	0,88	kg/år	As	0,72	g/år	Cu	2,9	g/år	
CO	0,11	kg/år	Cd	0,018	g/år	Ni	0,016	g/år	
CH ₄	6E-05	kg/år	Cr	0,092	g/år	Pb	0,016	g/år	
HC	0,053	kg/år	Cu	1,0	g/år	Zn	0,058	g/år	
			Ni	0,50	g/år	Cl	22045	g/år	
Transport av råvaror till vägen			Pb	0,055	g/år	SO ₄	24400	g/år	
Lastning av krossat berg			Zn	0,60	g/år	Summa miljöbelastning typfall 2			
Resursanvändning	Värde	Enhet	Cl		g/år				
Fossila bränslen	78	MJ/år	SO ₄		g/år	Resursanvändning	Värde	Enhet	
Emissioner till luft						Krossat berg	73	ton/år	
CO ₂	5,8	kg/år	Lakning från hyttsten			El	1547	MJ/år	
NO _x	0,055	kg/år	Emissioner till vatten	Värde	Enhet	Fossila bränslen	13892	MJ/år	
CO	0,0066	kg/år	L/S 0,488			Emissioner till luft			
CH ₄	4E-06	kg/år	As	1,1	g/år	CO ₂	1028	kg/år	
HC	0,0033	kg/år	Cd	0,17	g/år	NO _x	9,5	kg/år	
			Cr	1,0	g/år	CO	1,1	kg/år	
Transport av krossat berg			Cu	160	g/år	CH ₄	0,00032	kg/år	
Resursanvändning	Värde	Enhet	Ni	6,3	g/år	HC	0,56	kg/år	
Fossila bränslen	900	MJ/år	Pb	3,1	g/år	Emissioner till vatten			
Emissioner till luft			Zn	115	g/år	As	2,0	g/år	
CO ₂	65	kg/år	Cl		g/år	Cd	0,21	g/år	
NO _x	0,60	kg/år	SO ₄	4E+06	g/år	Cr	5,4	g/år	
CO	0,065	kg/år				Cu	164	g/år	
CH ₄		kg/år	Deponering av restprodukter			Ni	6,8	g/år	
HC	0,033	kg/år				Pb	3,2	g/år	
				Värde	Enhet	Zn	116	g/år	
Transport av hyttsten			Mängd slaggrus till deponi	10192	ton/år	Cl	22045	g/år	
Resursanvändning	Värde	Enhet				SO ₄	4E+06	g/år	
Fossila bränslen	5000	MJ/år	Transport av slaggrus till deponi						
Emissioner till luft			Resursanvändning	Värde	Enhet				
CO ₂	365	kg/år	Fossila bränslen	1550	MJ/år				
NO _x	3,3	kg/år	Emissioner till luft						
CO	0,36	kg/år	CO ₂	115	kg/år				
CH ₄		kg/år	NO _x	1,1	kg/år				
HC	0,19	kg/år	CO	0,11	kg/år				
			CH ₄		kg/år				
			HC	0,06	kg/år				

TYPFALL 3: Bärighetsåtgärd med slaggrus i skyddslagret									
Materialåtgång	Värde	Enhet	Konstruktion av bärighetsåtgärd				Uppbyggnad av deponi		
Krossat berg	8500	ton	Konstruktion med krossat berg och slaggrus				Resursanvändning	Värde	Enhet
Slaggrus	10192	ton	Resursanvändning	Värde	Enhet	Fossila bränslen	1331	MJ/år	
Summa	18692	ton	Fossila bränslen	6561	MJ/år	Emissioner till luft			
Material till deponi			Emissioner till luft			CO ₂	100	kg/år	
Hyttsten	8692	ton	CO ₂	492	kg/år	NO _x	0,95	kg/år	
			NO _x	4,7	kg/år	CO	0,11	kg/år	
Produktion av råvaror			CO	0,56	kg/år	CH ₄	7E-05	kg/år	
Krossning av berg			CH ₄	0,00033	kg/år	HC	0,057	kg/år	
Resursanvändning	Värde	Enhet	HC	0,28	kg/år				
Krossat berg	425	ton/år				Lakning från hyttsten			
El	9006	MJ/år	Användning av väg			Emissioner till vatten	Värde	Enhet	
Fossila bränslen	7221	MJ/år	Lakning från krossat berg			L/S 0,035			
Emissioner till luft			Emissioner till vatten	Värde	Enhet	As	0,15	g/år	
CO ₂	542	kg/år	L/S 0,506			Cd	0,020	g/år	
NO _x	5,1	kg/år	As	0,84	g/år	Cr	0,35	g/år	
CO	0,61	kg/år	Cd	0,022	g/år	Cu	97	g/år	
CH ₄	0,00036	kg/år	Cr	0,11	g/år	Ni	2,5	g/år	
HC	0,31	kg/år	Cu	1,2	g/år	Pb	0,96	g/år	
			Ni	0,58	g/år	Zn	30	g/år	
Transport av råvaror till vägen			Pb	0,065	g/år	Cl		g/år	
Lastning av krossat berg			Zn	0,70	g/år	SO ₄	2E+06	g/år	
Resursanvändning	Värde	Enhet	Cl		g/år	Summa miljöbelastning typfall 3			
Fossila bränslen	451	MJ/år	SO ₄		g/år				
Emissioner till luft						Resursanvändning	Värde	Enhet	
CO ₂	34	kg/år	Lakning från slaggrus			Krossat berg	425	ton/år	
NO _x	0,32	kg/år	Emissioner till vatten	Värde	Enhet	El	9006	MJ/år	
CO	0,038	kg/år	L/S 0,45			Fossila bränslen	27114	MJ/år	
CH ₄	2E-05	kg/år	As	1,9	g/år	Emissioner till luft			
HC	0,019	kg/år	Cd	0,17	g/år	CO ₂	2016	kg/år	
			Cr	46	g/år	NO _x	19	kg/år	
Transport av krossat berg			Cu	31	g/år	CO	2,2	kg/år	
Resursanvändning	Värde	Enhet	Ni	0,17	g/år	CH ₄	0,00078	kg/år	
Fossila bränslen	5000	MJ/år	Pb	0,17	g/år	HC	1,1	kg/år	
Emissioner till luft			Zn	0,62	g/år	Emissioner till vatten			
CO ₂	380	kg/år	Cl	236200	g/år	As	2,9	g/år	
NO _x	3,4	kg/år	SO ₄	261425	g/år	Cd	0,21	g/år	
CO	0,37	kg/år				Cr	47	g/år	
CH ₄		kg/år	Deponering av restprodukter			Cu	130	g/år	
HC	0,20	kg/år		Värde	Enhet	Ni	3,2	g/år	
			Mängd hyttsten till deponi	8692	ton/km	Pb	1,2	g/år	
Transport av slaggrus						Zn	31	g/år	
Resursanvändning	Värde	Enhet	Transport av hyttsten till deponi			Cl	236200	g/år	
Fossila bränslen	6000	MJ/år	Resursanvändning	Värde	Enhet	SO ₄	2E+06	g/år	
Emissioner till luft			Fossila bränslen	550	MJ/år				
CO ₂	430	kg/år	Emissioner till luft						
NO _x	3,9	kg/år	CO ₂	39	kg/år				
CO	0,43	kg/år	NO _x	0,35	kg/år				
CH ₄		kg/år	CO	0,038	kg/år				
HC	0,22	kg/år	CH ₄		kg/år				
			HC	0,020	kg/år				

Total summa miljöbelastning typfall				
	Typfall 1	Typfall 2	Typfall 3	Enhet
Resursanvändning				
Naturmaterial - krossat berg	1725	73	425	ton/år
El	36553	1547	9006	MJ/år
Fossila bränslen	69241	13892	27114	MJ/år
Emissioner till luft				
CO ₂	5164	1028	2016	kg/år
NO _x	48	9,5	19	kg/år
CO	5,6	1,1	2,2	kg/år
CH ₄	0,0023	0,00032	0,00078	kg/år
HC	2,9	0,56	1,1	kg/år
Emissioner till vatten				
As	1,5	2,0	2,9	g/år
Cd	0,065	0,21	0,21	g/år
Cr	4,8	5,4	47	g/år
Cu	102	164	130	g/år
Ni	3,3	6,8	3,2	g/år
Pb	1,1	3,2	1,2	g/år
Zn	31	116	31	g/år
Cl	22045	22045	236200	g/år
SO ₄	1665232	4388051	1902257	g/år

5.3 Uträkningar för scenarier (vid tomma rutor saknas uppgift)

Scenario 1, enbart krossat berg används till alla bärighetsåtgärder i Norrbottens län, 48,5 km														
Funktionell enhet			48,5	km	Användning av väg					Transport av slaggrus till deponi				
Materialåtgång			Värde	Enhet	Lakning från krossat berg					Resursanvändning		Värde	Enhet	
Krossat berg			2E+06	ton	Emissioner till vatten		Värde	Enhet	Fossila bränslen		3875	MJ/år		
Material till deponi					L/S 0,1687				Emissioner till luft					
Hyttsten			400000	ton	As		55	g/år	CO ₂		288	kg/år		
Slaggrus			26000	ton	Cd		1,4	g/år	NO _x		2,6	kg/år		
Produktion av råvaror					Cr		7,1	g/år	CO		0,28	kg/år		
Krossning av berg					Cu		78	g/år	CH ₄			kg/år		
Resursanvändning			Värde	Enhet	Ni		38	g/år	HC		0,15	kg/år		
Krossat berg			83663	ton/år	Pb		4,2	g/år	Uppbyggnad av deponi					
El			2E+06	MJ/år	Zn		46	g/år	Resursanvändning		Värde	Enhet		
Fossila bränslen			1E+06	MJ/år	Cl			g/år	Fossila bränslen		3902	MJ/år		
Emissioner till luft					SO ₄			g/år	Emissioner till luft					
CO ₂			106607	kg/år	Deponering av restprodukter					CO ₂		293	kg/år	
NO _x			1009	kg/år	Mängd hyttsten till deponi		400000	ton	NO _x		2,8	kg/år		
CO			121	kg/år	Mängd slaggrus till deponi		26000	ton	CO		0,33	kg/år		
CH ₄			0,071	kg/år	Transport av hyttsten till deponi					CH ₄		0,00020	kg/år	
HC			61	kg/år	Resursanvändning		Värde	Enhet	HC		0,17	kg/år		
Transport av råvaror till vägen					Fossila bränslen		25300	MJ/år	Lakning från slaggrus					
Lastning av krossat berg					Emissioner till luft				Emissioner till vatten		Värde	Enhet		
Resursanvändning			Värde	Enhet	CO ₂		1771	kg/år	L/S 0,042					
Fossila bränslen			88827	MJ/år	NO _x		16	kg/år	As		0,45	g/år		
Emissioner till luft					CO		1,7	kg/år	Cd		0,040	g/år		
CO ₂			6662	kg/år	CH ₄			kg/år	Cr		11	g/år		
NO _x			63	kg/år	HC		0,92	kg/år	Cu		7,3	g/år		
CO			7,6	kg/år	Uppbyggnad av deponi					Ni		0,040	g/år	
CH ₄			0,0044	kg/år	Resursanvändning		Värde	Enhet	Pb		0,040	g/år		
HC			3,8	kg/år	Fossila bränslen		61235	MJ/år	Zn		0,15	g/år		
Transport av krossat berg					Emissioner till luft				Cl		55113	g/år		
Resursanvändning			Värde	Enhet	CO ₂		4593	kg/år	SO ₄		60999	g/år		
Fossila bränslen			1E+06	MJ/år	NO _x		43	kg/år	Summa miljöbelastning scenario 1					
Emissioner till luft					CO		5,2	kg/år	Resursanvändning		Värde	Enhet		
CO ₂			75175	kg/år	CH ₄		0,0031	kg/år	Krossat berg		83663	ton/år		
NO _x			679	kg/år	HC		2,6	kg/år	El		2E+06	MJ/år		
CO			73	kg/år	Lakning från hyttsten					Fossila bränslen		3E+06	MJ/år	
CH ₄				kg/år	Emissioner till vatten		Värde	Enhet	Emissioner till luft					
HC			39	kg/år	L/S 0,035 (0,034)				CO ₂		239436	kg/år		
Konstruktion av bärighetsåtgärd					As		7,0	g/år	NO _x		2233	kg/år		
Konstruktion med krossat berg					Cd		0,90	g/år	CO		259	kg/år		
Resursanvändning			Värde	Enhet	Cr		16	g/år	CH ₄		0,11	kg/år		
Fossila bränslen			587311	MJ/år	Cu		4484	g/år	HC		133	kg/år		
Emissioner till luft					Ni		114	g/år	Emissioner till vatten					
CO ₂			44048	kg/år	Pb		44	g/år	As		62	g/år		
NO _x			417	kg/år	Zn		1367	g/år	Cd		2,4	g/år		
CO			49,921	kg/år	Cl			g/år	Cr		34	g/år		
CH ₄			0,029	kg/år	SO ₄		8E+07	g/år	Cu		4569	g/år		
HC			25	kg/år						Ni		152	g/år	
										Pb		48	g/år	
										Zn		1413	g/år	
										Cl		55113	g/år	
										SO ₄		8E+07	g/år	

Scenario 2, hyttsten och slaggrus används tillsammans med krossat berg till alla bärighetsåtgärder									
Funktionell enhet	48,5	km väg	Transport av slaggrus				Lakning från slaggrus		
km bärighetsåtgärd med hyttsten	46		Resursanvändning	Värde	Enhet		Emissioner till vatten	Värde	Enhet
km bärighetsåtgärd med slaggrus	2,5		Fossila bränslen	15789	MJ/år		L/S 0,45 Linjär utlakning.		
Materialåtgång	Värde	Enhet	Emissioner till luft				As	4,8	g/år
Krossat berg	88410	ton	CO ₂	1132	kg/år		Cd	0,43	g/år
Hyttsten	400000	ton	NO _x	10	kg/år		Cr	115	g/år
Slaggrus	26000	ton	CO	1,1	kg/år		Cu	78	g/år
Totalt	514410	ton	CH ₄		kg/år		Ni	0,43	g/år
Material till deponi	0	ton	HC	0,58	kg/år		Pb	0,43	g/år
Produktion av råvaror			Konstruktion av bärighetsåtgärd				Zn	1,6	g/år
Krossning av berg			Konstruktion med krossat berg och hyttsten				Cl	590499	g/år
Resursanvändning	Värde	Enhet	Resursanvändning	Värde	Enhet		SO ₄	653562	g/år
Krossat berg	4421	ton/år	Fossila bränslen	163914	MJ/år		Summa miljöbelastning scenario 2		
El	93670	MJ/år	Emissioner till luft			Resursanvändning	Värde	Enhet	
Fossila bränslen	75104	MJ/år	CO ₂	12294	kg/år	Krossat berg	4421	ton/år	
Emissioner till luft			NO _x	116	kg/år	El	93670	MJ/år	
CO ₂	5633	kg/år	CO	14	kg/år	Fossila bränslen	1E+06	MJ/år	
NO _x	53	kg/år	CH ₄	0,0082	kg/år	Emissioner till luft			
CO	6,4	kg/år	HC	7,0	kg/år	CO ₂	77601	kg/år	
CH ₄	0,0038	kg/år	Konstruktion med krossat berg och slaggrus			NO _x	710	kg/år	
HC	3,2	kg/år	Resursanvändning	Värde	Enhet	CO	79	kg/år	
Transport av råvaror till vägen			Fossila bränslen	16402	MJ/år	CH ₄	0,013	kg/år	
Lastning av krossat berg			Emissioner till luft			HC	41	kg/år	
Resursanvändning	Värde	Enhet	CO ₂	1230	kg/år	Emissioner till vatten			
Fossila bränslen	4693	MJ/år	NO _x	12	kg/år	As	92	g/år	
Emissioner till luft			CO	1,4	kg/år	Cd	9,3	g/år	
CO ₂	352	kg/år	CH ₄	0,00082	kg/år	Cr	168	g/år	
NO _x	3,3	kg/år	HC	0,71	kg/år	Cu	7490	g/år	
CO	0,40	kg/år	Användning av väg			Ni	313	g/år	
CH ₄	0,00023	kg/år	Lakning från krossat berg			Pb	147	g/år	
HC	0,20	kg/år	Emissioner till vatten	Värde	Enhet	Zn	5343	g/år	
Transport av krossat berg			L/S 2,53 och 0,506			Cl	590499	g/år	
Resursanvändning	Värde	Enhet	As	35	g/år	SO ₄	2E+08	g/år	
Fossila bränslen	53900	MJ/år	Cd	0,90	g/år				
Emissioner till luft			Cr	4,5	g/år				
CO ₂	3940	kg/år	Cu	50	g/år				
NO _x	36	kg/år	Ni	24	g/år				
CO	3,9	kg/år	Pb	2,7	g/år				
CH ₄		kg/år	Zn	29	g/år				
HC	2,0	kg/år	Cl		g/år				
Transport av hyttsten			SO ₄		g/år				
Resursanvändning	Värde	Enhet	Lakning från hyttsten						
Fossila bränslen	726316	MJ/år	Emissioner till vatten	Värde	Enhet				
Emissioner till luft			L/S 0,488						
CO ₂	53021	kg/år	As	52	g/år				
NO _x	479	kg/år	Cd	8,0	g/år				
CO	52	kg/år	Cr	48	g/år				
CH ₄		kg/år	Cu	7362	g/år				
HC	28	kg/år	Ni	288	g/år				
			Pb	144	g/år				
			Zn	5312	g/år				
			Cl		g/år				
			SO ₄	2E+08	g/år				

Total summa miljöbelastning scenarier			
	Scenario 1	Scenario 2	Enhet
Resursanvändning			
Naturmaterial - krossat berg	83663	4421	ton/år
El	1772808	93670	MJ/år
Fossila bränslen	3210376	1056119	MJ/år
Emissioner till luft			
CO ₂	239436	77601	kg/år
NO _x	2233	710	kg/år
CO	259	79	kg/år
CH ₄	0,11	0,013	kg/år
HC	133	41	kg/år
Emissioner till vatten			
As	62	92	g/år
Cd	2,4	9,3	g/år
Cr	34	168	g/år
Cu	4569	7490	g/år
Zn	1413	5343	g/år
Ni	152	313	g/år
Pb	48	147	g/år
Cl	55113	590499	g/år
SO ₄	75539285	201381524	g/år