

## Väg BD 694 Vitåfors/Töre – Miljögeoteknisk bedömning av vägkonstruktion med grus, mesa, bottenaska och flygaska



Josef Mácsik  
Ecoloop

Rev 2005-09-06

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning.....</b>	<b>4</b>
1.1	Bakgrund.....	4
1.2	Uppdrag och syfte .....	4
1.3	Målsättning .....	4
1.4	Tillvägagångssätt.....	4
<b>2</b>	<b>Miljögeotekniskt bedömningsystem (MGB) .....</b>	<b>5</b>
2.1	Karakterisering, MGB.....	5
2.2	Underlagsmaterial .....	5
2.3	Ställningstagande - MGB.....	6
<b>3</b>	<b>Karakterisering.....</b>	<b>7</b>
3.1	Användning .....	7
3.2	Provsträckor [3 (VV intern)].....	<i>Fel! Bokmärket är inte definierat.</i>
3.3	Materialegenskaper [1] och [2].....	9
3.4	Lysimeter.....	10
3.5	Omgivning.....	12
3.6	Transportbild .....	13
<b>4</b>	<b>Ställningstagande (Bedömning).....</b>	<b>26</b>
4.1	Kravspecifikation .....	26
4.2	Värdering.....	26
4.3	Ställningstagande (klassificering).....	26
<b>5</b>	<b>Kompletteringsbehov.....</b>	<b>28</b>
	<b>Bilaga 1: .....</b>	

### **Sammanfattning**

Grusvägen BD 694, mellan Vitåfors och Töre renoverades med restprodukterna mesa, bottenaska och flygaska från pappersindustrin. Mesa ingick i slitlagret inblandat i grusmaterial på en drygt 12 km lång sträcka. Botten- och flygaskorna användes i vägkonstruktionen som bär-/förstärkningslager på 50 till 100 m långa provsträckor. Bottenaska har lagts ut i skikt på ca 0,2 m, medan flygaskan nyttjades som stabiliseringsmedel av befintligt vägmateriale (tillsats av 70 % flygaska). Restmaterialens lakningsegenskaper undersöktes i laboratorium med hjälp av lakningsförsök och i fält med hjälp av lysimeter. Gemensamt för restmaterialen är att dessa har förhöjda halter av bl.a. baskatjoner och vid lakning höjer lakvattnets elektriska konduktivitet. Mesa och flygaska bedömdes som förhållandevis täta material medan bottenaska och det befintliga vägmaterialet var mer permeabla. Transporten från geokonstruktionen bedöms ske i löst form genom vatten till yt- och grundvatten.

Omgivningen är undersökt med avseende på metallhalter i grundvatten och dikessediment. Området är skogsmark med lågt skyddsvärde. Markens jordartssammansättning längs hela provsträckan varierar och består av siltig morän till sandig morän och silt. Ytvattenbildningen vs grundvattenbildningen varierar eftersom jordens täthet och markens lutning varierar. Vägdiken finns längs hela provsträckan. Vägen går på skrå i öst-västlig riktning och avvattnas av diken i sydlig riktning.

Transportbilden bedöms enbart baserad på grundvatten och sediment analyser. Det finns ett kompletteringsbehov att även undersöka transporten via ytvatten. Förändringar av grundförutsättningarna, orsakade av extrem- och olyckslaster bedöms som marginella.

*Kravspecifikationen* bygger på grundvattnets bakgrunshalt längs provsträckan och *värderingen* på de grundvattenhalter som uppmättes ca 5 m från provsträckorna. Båda är konservativa, dvs. noll tolerans. Eftersom i samtliga restprodukter ger upphov till åtminstone en förhöjning av grundvattnets konduktivitet, kan samtliga lösningar betraktas som gula lösningar.

Slutligt ställningstagande för att bedöma om effekten på omgivningen är obetydlig eller ringa kan ej tas med befintligt underlagsmaterial. Vid ställningstagandet bör omgivningsförutsättningarna ges större utrymme, dvs. det krävs en mer detaljerad kunskap om omgivningens geohydrologi.

Mesa i slitlager i en grusväg bedöms som en *gul lösning* där skyddsåtgärd för de ovan nämnda konservativa kravspecifikationen och värderingen är att vägen förses med diken som förhindrar att yt- och grundvatten når slitlagrets nivå. På provsträcka 1 (ca 200 m) uppfylls inte dessa krav. Här krävs det att kravspecifikationen och värderingen ses över för att kunna acceptera restmaterialet som en lösning.

Bottenaska i bär-/förstärkningslagret i en grusväg bedöms som en gul lösning med motsvarande villkor som i fallet ovan. Provsträcka 4 uppfyller inte dessa villkor. Det krävs att kravspecifikationen och värderingen ses över för att kunna acceptera restmaterialet som en lösning i den befintliga vägen.

Flygaska med 70 % inblandning i bär-/förstärkningslagrets grusmaterial i en grusväg bedöms som en *gul lösning*, där skyddsåtgärd för de ovan nämnda konservativa kravspecifikationen och värderingen är att vägen förses med diken som förhindrar att yt- och grundvatten når slitlagrets nivå. På provsträckan uppfylls dessa krav.

Genom kompletterande provtagning på ytvatten och uppföljning av grundvattnet i ytterligare 2 – 3 år samt på längre avstånd från vägen, kan underlag tas fram för ställningstagande att nyttja dessa restmaterial i provade applikation och i liknande miljöer.

I denna PM begränsas utvärderingen till att ge bedömning av respektive restmaterials användning i vägapplikation med avseende på den specifika platsen BD694 Vitåfors-Töre. Det bör poängteras att en generell acceptans inte kan ges i detta skede utan kompletterande information krävs. Varje rekommendation/ställningstagande är platsspecifik, dvs. omgivningsaspekterna är lika viktiga som materialet i en viss applikation, jämför [1].

Genom LTU och det doktorandarbete som bedrivs av Bo Svedberg kommer olika aktiviteter initieras i just Norrbottens län som syftar till att också väga in andra aspekter i en miljöriskbedömning som t ex naturresurshushållning, regional miljöpåverkan, ekonomi, samhällsnytta mm.

## **1 Inledning**

### **1.1 Bakgrund**

Vägverket Region Norr har byggt en serie provsträckor med olika vägkonstruktioner för att utvärdera olika grusvägslösningar å väg BD 694 Vitåfors – Töre. I konstruktionerna har ingått grus industriella restmaterial som mesa, bottenaska och flygaska. Restmaterialen levererades från SCA, där mesa och bottenaska kom från anläggningar i Kalix och flygaskan från anläggningen i Piteå. Grusmaterialet härrör från den befintliga vägen.

### **1.2 Uppdrag och syfte**

På uppdrag av Vägverket Region Norr har Ecoloop utfört en miljögeoteknisk bedömning av ovan nämnda provsträckor och även bedömt behovet av kompletterande undersökningar. Provsträckornas bärighetsegenskaper bedöms av Vägverket Region Norr i en separat PM.

### **1.3 Målsättning**

Målsättningen med den miljögeotekniska bedömningen var att komma fram till ett ställningstagande för att värdera om de aktuella lösningarna kan betraktas som acceptabel eller ej med avseende på människors hälsa och miljön.

Erfarenheter av studien kan också nyttjas för en diskussion avseende hinder och möjligheter att nyttja undersökta lösningar med restmaterial.

### **1.4 Tillvägagångssätt**

Den miljögeotekniska bedömningen har utförts med stöd av det verktyg för bedömning som föreslås i Miljögeotekniskt bedömningssystem (MGB) för väg- och järnvägsbyggnadsmaterial [1]. Som underlag för bedömningen används laboratorieundersökningar på ingående restmaterial (Luleå tekniska universitet) [2] och [3] och på utförd fältuppföljning på provsträckor med respektive restmaterial (Tyréns) [4] samt platsbesök 2005-05-16 och dialog med Ullberg (2005).

## 2 Miljögeotekniskt bedömningsystem (MGB)

Det miljömässiga bedömningsunderlaget för en slutlig bedömning för användning av ett material i en applikation bör baseras på följande:

- Miljötekniska egenskaper, beskriver materialens sammansättning, emissioner, ämnen som kan frigöras, sorptionskapacitet etc.
- Påverkan på miljön, dvs. påverkan som kan härledas till materialvalet i en viss applikation.
- Effekt på mark, vatten och luft, dvs. beskriver förutsättningen för ämnestransport till omgivningen, som halt och mängd av ett ämne.
- Människors hälsa och miljö, dvs. konsekvensen av en effekt, mätt som exempelvis obetydlig, ringa eller inte ringa miljöpåverkan.

Bedömningen [1] är platsspecifik och delas in i tre steg: *filter*, *karaktisering* och *ställningstagande*. I *filtersteget* undantas material som ej betraktas lämpliga för nyttiggörande i vägar. I *karaktiseringssteget* beskrivs användning och omgivning och en transportbild tas fram. I steget med *ställningstagande* utförs en värdering av transportbilden mot en kravspecifikation som är relaterade till tiden under och efter användning. Värderingen resulterar sedan i en klassificering i grön, gul eller röd lösning, där grön betraktas som en acceptabel lösning, gul är en lösning förknippad med villkor eller andra argument (exempelvis hushållning med naturresurser) för att kunna nyttiggöras. En röd lösning betraktas som ej tillämpbar. I denna studie sker ingen ”filtrering” enligt det första steget [1]. Nedan utvecklas de två efterföljande bedömningsstegen, se även bilaga 1:

### 2.1 Karakterisering, MGB

Karakteriseringen utförs i syfte att beskriva en transportbild baserat på den aktuella lösningen, vald konstruktion, ingående materials egenskaper i den aktuella omgivningen. Dvs. i den bedömning som utförs är det emissioner som värderas.

### 2.2 Underlagsmaterial

Underlaget till denna rapport är väl genomarbetat vad gäller miljötekniska egenskaper hos restmaterialen. Vad gäller miljö finns dock bara underlag för att göra en bedömning av effekten på grundvatten och jord (dikessediment). Underlag rörande mark, ytvatten och luft saknas. Nedan redogörs kortfattat för de olika moment som ingick i studien.

*Användning* – Sammansättning och totalhalt, och ämnens möjlighet att frigöras (till luft och vatten) och materialets radioaktivitet är viktiga faktorer. Ämnens möjlighet att

frigöras till luft och radioaktivitet behandlas ej i detta projekt. En beskrivning av vägkonstruktionen ges.

*Omgivning* – De i vägkonstruktionen ingående materialen betraktas som en möjlig källa till ämnen som kan frigöras och därmed transporteras via vatten (transport via luft behandlas ej). Följande underlag behövs bl a för att karakterisera omgivningen:

- Markanvändningen är skogsmark.
- Ekologi – skyddsvärde etc
- Geologi – jordlagerföljd, yt- och grundvattennivåer, mark- och geokemi etc.

*Transportbild* – Baserat på användnings- och omgivningsförutsättningar beskrivs en transportbild. I denna bedömning avser den transport i löst fas till grundvatten och påverkan på jord (dikessediment). För att analysera transportbilden används de mätningar som utförts på referenssträckan som underlag för jämförelser och söka beskriva vad som är stort och smått.

### **2.3 Ställningstagande - MGB**

#### ***Kravspecifikation och värdering***

Karakteriseringen leder fram till en transportbild som värderas mot en kravspecifikation. För tiden under användning är kravet för en grön lösning att emissioner från lösningen och där ingående material ligger inom omgivningens naturliga variation med avseende på:

- Vatten (yt- och grundvatten)
- Mark (jord, berg sediment)
- Luft (gas, damm, strålning)

Som kriterier för värderingen används bakgrundshalter från referenssträckan av kritiska ämnen. Det förutsättes att bakgrundshalter i det aktuella fallet inte är påverkat av lokala punktkällor dvs är ett förorenat område. Den rumsliga avgränsningen av emissioner sker till det ”juridiska” vägområdet, i detta fall antaget som 5 meter från väggkant.

#### ***Ställningstagande***

Avslutningsvis sker ett ställningstagande som resulterar i en klassificering i grön, gul eller röd lösning.

### 3 Karakterisering

#### 3.1 Användning

Pilotobjekten har byggts under sommaren 2002 på en sträcka mellan Töre och Vitåfors på väg BD 694. I tabell 3.1 redogörs för allmänna uppgifter om provvägen [5].

*Tabell 3.1. Allmänna uppgifter om provvägen.*

Slitlager	Grus
ÅDT	50
Vägbredd	6 m
Längd	13 km
Byggår	2002

*Figur 3.1 Karta/bild med indelning i olika över provsträckor.*

Mesa, bottenaska och flygaska, samt vägmateriäl från den aktuella sträckan har använts i de olika vägkonstruktionerna för grusvägen enligt tabell 3.2 och figur 3.1:

Tabell 3.2: Provsräckor

Provsräckä	Benämning	Användning	Längd
1	Referens	Bär-/förstärkningslager	50 m
2	Mesa 1	Slitlager	Ca 12 km
3	Mesa 2		
4	Bottenaska	Bär-/förstärkningslage	50 m
5	Flygaska	Bär-/förstärkningslage	50 m

## 3.2 Provsräckor [5]

### *Provsräckä 1 (referenssträckä) utförd 2002-07-11*

På referenssträckan installerades en lysimeter i en befintlig grusväg. Lysimetern bestod av en tät gummiduk. Lysimetern fylldes med bärlager (grusmaterial) och ovanpå installerades slitlager. Provsräckans längd blev 60 m.

### *Provsräckä 2 & 3 med mesa utförd juni 2002*

Mesa användes i slitlagret genom att befintligt grusmaterial på ca 5 cm blandades med ca 10 % mesa. Lysimeter installerades inte på sträckan. Utlakningen kontrollerades med hjälp av grundvattenrör. Provsräckans längd blev ca 12 km.

### *Provsräckä 3. Bottenaska utförd 2002-07-11*

Befintlig väg schaktades upp ner till 40 cm djup. Därefter återfördes 10 cm av det befintliga materialet och därefter lades det ut ett 20 – 30 cm lager av bottenaska. Ovanpå detta påfördes bärlager 0-30 mm och en vecka senare slitlager. Provsräckans längd var 40 m. Under installationsarbetet konstaterades att marken sviktar, vilket tyder på dåliga markförhållanden och mycket vatten. Lysimeter installerades på samma sätt som på referenssträckan, men istället för grus nyttjades bottenaska. Provsräckan med lysimeter installerad var 20 m. Över lysimetern lades det ut 30 cm bottenaska.

### *Provsräckä 4: Inblandning 70 % flygaska utförd 2002-07-12*

Grävmaskinen luckrade upp befintlig vägbana ner till 20 cm djup på en vägbredd på 5,0 m. Provsräckans längd var 50 m. Täckt containers med flygaska har ställdes upp den 11/7 i närheten av provsträckan. Damningsproblem kunde konstateras under byggskedet. Inblandning av flygaska i vägmaterialet utfördes med grävmaskin med tandad skopa och med hjullastare. Överytan på det flygaskastabiliserade vägmaterialet jämnades av med hjullastare. Bärlagret spreds ut med lastbil. Vägmaterialet packades enbart med lastbil. Slitlagret kördes ut en vecka senare. Lysimeter installerades på samma sätt som på referenssträckan, men istället för grus nyttjades flygaska. Provsräckans längd blev Provsräckans längd blev 70 m.

### 3.3 Materialegenskaper

Restmaterialen har undersökts med avseende på tekniska och miljötekniska egenskaper (materialegenskaper), [2]. En kompletterande undersökning på flyg- och bottenaska har utförts för att utreda hur miljötekniska och tekniska egenskaper påverkas av lagring, [3].

#### *Mesa*

Mesa har en ursprunglig vattenkvot på ca 50 %, medan materialets optimala vattenkvot ligger mellan 20 och 35 %, [1]. Materialets optimala torrdensitet ligger på ca 1,09 ton/m<sup>3</sup>. Vid en packningsgrad på ca 95 % ligger materialet permeabilitet på ca 10<sup>-7</sup> m/s. Materialet uppvisar vid lakning enligt EN 12 457 -3 ett högt pH, ca 12,9 och har något förhöjda halter av Cd. Lakbarheten av Ca, K, och Na är förhöjda [1].

#### *Bottenaska*

Bottenaska har en ursprunglig vattenkvot mellan 21 - 32 %, medan materialets optimala vattenkvot ligger mellan 20 och 25 %, [2]. Materialet har lagrat på obestämd tid innan laborieundersökningen utfördes. Materialets optimala torrdensitet ligger mellan 1,5 och 1,7 ton/m<sup>3</sup>. Bottenaskan består av 20 – 40 % grus- 60 – 70 % sand- och < 5 % siltfraktion. Materialet kan krossas vid belastning, vilket medför att silt- och sandfraktionerna ökar något, [3]. Bottenaskans permeabilitet är ej undersökt, men den bör vara i intervallet 10<sup>-4</sup> – 10<sup>-5</sup> m/s. Bottenaskan innehåller förhöjda halter av Cd, Ni och Zn. Materialet uppvisar vid lakning enligt EN 12 457 -3 ett högt pH, > 13. Lakbarheten av Ca, K, Na och S är förhöjda. Metallerna Al, Cr, Cu Pb och Zn har förhöjda halter i lakvattnet.

Bottenaskan som nyttjades på provsträckan har förvarats utomhus.

#### *Flygaska*

Flygaska undersöktes dels separat [2] och dels som stabiliseringsmedel i vägmateriell [3]. Flygaskans och flygaskastabiliserade vägmaterialets tekniska och miljötekniska egenskaper är därmed undersökta. Fältförsöket utfördes med 45 % (av TS) tillsats av flygaska.

Flygaskan hade en ursprunglig vattenkvot < 20 %, medan det flygaskastabiliserade vägmaterialets optimala vattenkvot ligger mellan 8 – 12 %. Av befintligt material framgår inte den aktuella vattenkvoten, dvs. flygaskans och vägmaterialets vattenkvot i vägapplikationen. Materialets (stabiliserade vägmaterialets) torrdensitet vid 90 % packningsgrad är ca 1,9 ton/m<sup>3</sup>. Det stabiliserade vägmaterialets permeabilitet ligger på ca 2 x 10<sup>-9</sup> m/s vid optimal densitet. Flygaskan innehåller marginellt förhöjda halter av Cd och Ni samt förhöjda halter av Zn. Materialet uppvisar vid lakning enligt EN 12 457 -3 ett högt pH, > 13 [1]. Lakbarheten av Ca, K, Na och S är förhöjda. Metallerna Cr, Cu Pb och Zn har förhöjda halter i lakvattnet.

Flygaskan förvarades torrt i container under våren. Flygaskans vattenkvot var mellan 2,6 och 4,1 %, [6].

### **Grusmaterial**

Det saknas platspecifik bedömning av grusmaterialiets innehåll av metaller. Grundvattnets kemiska sammansättning tyder på att det pågår vittring av sulfidhaltigt jordmaterial längs delar av provsträckan. Grusmaterialiet i referenssträckans bär-/förstärkningslager har undersökts med avseende på lakningsegenskaper i fält, genom analys av lysimetervatten.

### **3.4 Lysimeter**

Lysimetrar installerades på referenssträckan, sträckan med bottenaska och flygaska, medan sträckan med mesa saknar lysimeter. Analyserna utfördes på vattenprov som har varit i kontakt med omgivande material, dvs. grus (referens), bottenaska respektive flygaska under längre tid, upp till ett år. Lysimeterundersökningen kan i stort sätt jämföras med lakningsförsök i laboriemiljö och ses som en del i materialkaraktiseringen.

I tabell 3.3 redovisas lysimetervattenprovernas pH, konduktivitet och halt av metaller i samtliga lysimetrar och provtagningstillfällena. En jämförelse med referenssträckans halter visar tydligt att analysresultaten från referenssträckan har avsevärt lägre pH, konduktivitet och metallhalter än i lysimetrar med bottenaska och flygaska. Bottenaska släpper ifrån sig högre halter av bland annat aluminium, zink, bly, koppar samt förhöjda halter av bland annat kalium och natrium än referenssträckans grusmaterial. Dessa halter minskar från mätningen 2003-06-11 till mätningen 2004-06-07.

Vattenproverna från lysimetrar med flygkastabiliserat grusmaterial uppvisar förhöjda halter av samtliga metaller, med undantag av bland annat aluminium. pH och konduktivitet i proverna är höga. pH, konduktivitet och metallhalter minskar enbart marginellt från mätningen 2003 till mätningen 2004, tabell 3.3. En jämförelse mellan halterna erhållna i fält och i laboratorium (EN 12 457 -3) visar att halterna av de mest lätt lakbara ämnena K, Na och S i fält ligger på 2,5 till 3 gånger högre värden än vid  $L/S = 2$  från laborieförsöken, tabell 3.4. Detta tyder på att i fält har  $L/S = 2$  inte uppnåtts under de första två åren.

Provsträckorna med botten- och flygaska uppvisar förhöjda halter av metaller och högre pH- och konduktivitetvärden som ett resultat av att vatten och lakbart material är i kontakt med varandra.

Tabell 3.3 *Lysimetvattnets metallhalter, pH och konduktivitet..*

ELEMENT		Referens 03-06-11	Referens 04-06-07	Bottenaska 03-06-11	Bottenaska 04-06-07	Flygaska 03-06-11	Flygaska 04-06-07
Ca	mg/l	694	24	7,86	16,4	373	82,6
K	mg/l	38,6	3,32	5030	1400	21300	17400
Mg	mg/l	86,5	1,49	0,234	0,428		
Na	mg/l	102	1,99	1080	309	16100	12600
S	mg/l	103	1,26	154	12,2	15600	12100
Al	µg/l	202	839	14600	5170	9,5	83,6
As	µg/l		1,01	65	4,82		
Ba	µg/l	104	18,5	52,2	210	124	85,7
Cd	µg/l	0,502	0,13		0,125	0,0765	3,6
Co	µg/l	2,73	0,9	13,5	1,57	198	175
Cr	µg/l	0,927	2,09	915	137	1810	1370
Cu	µg/l	127	47,5	4720	128	5050	5220
Ni	µg/l	20,4	3,11	73,5	7,25	1750	1010
Pb	µg/l	49,7	3,9	668	6,57	35,3	79,3
Zn	µg/l	1780	238	3000	41,8	4120	3280
pH		7,7	6	14,4	13	12,8	12,8
Kond.	mS/m	320	130	9900	7200	1820	1000

Tabell 3.4 *Lysimeter-, respektive lakvattnets metallhalter, pH och konduktivitet. I fält har flygaskastabiliserat grus med 70 % flygaskatillsats nyttjats. Laboratorieförsöken utfördes med flygaskastabiliserat grus med 41 % tillsats av flygaska.*

ELEMENT		Flygaska(70%) 2003-06-11	Flygaska (70 %) 2004-06-07	Flygaska 41% (L/S=2)	Flygaska 41% (L/S=10)
Ca	mg/l	373	82,6	783	817
K	mg/l	21300	17400	7430	1000
Mg	mg/l				
Na	mg/l		12600	6510	784
S	mg/l	15600	12100	5330	597
Al	µg/l	9,5	83,6	22,7	
As	µg/l				
Ba	µg/l	124	85,7	270	168
Cd	µg/l	0,0765	3,6		
Co	µg/l	198	175	38,7	3,61
Cr	µg/l	1810	1370	189	14,9
Cu	µg/l	5050	5220	537	53,9
Ni	µg/l	1750	1010	128	12,3
Pb	µg/l	35,3	79,3	24,5	9,47
Zn	µg/l	4120	3280	2420	763
pH		12,8	12,8	13,6	13
Kond.	mS/m	1820	1000	5270	1470

### 3.5 Omgivning

Syftet med att undersöka omgivningen är att beskriva förutsättningar för transport av ämnen i omgivningen och med det som underlag identifiera mekanismer för transport av ämnen.

#### *Markanvändning*

Området är skogsmark och dess skyddsvärde är litet muntlig referens Ullberg 2005.

#### *Geologi*

Information om jordartprofilen saknas. Vid okulärbesiktning av provvägen bedömdes marken bestå av SiMn – SaMn och Silt, tabell 3.5. Vägsträckningen undersöktes med hjälp av skruvprovtagning av befintligt väg- och jordmaterial i två punkter ner till ca 1,5 m djup.

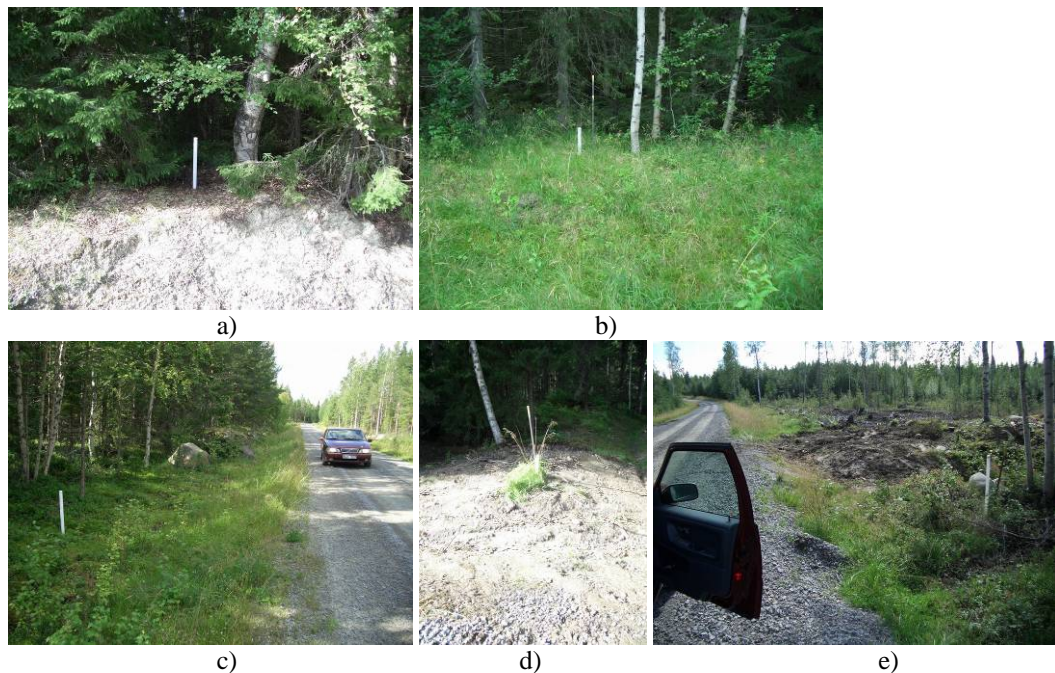
Tabell 3.5 *Provsträckornas jordartsbedömning och dikesmaterialets TS halter (medelvärde)*

Provstr.	Benämning	Jordartsbeskrivning	Bedömning	TS (medelvärde)
1	Referens	Silt (rostutfällning)	Angränsar till Lillån	64 %
2	Mesa 1	Torv, Silt	Låglänt fuktigt område	28 %
3	Mesa 2	SiMn	Torrt moränområde	77 %
4	Bottenaska	Silt (rostutfällning)	Fuktigt område	72 %
5	Flygaska	siSa, SaMn	Torrt moränområde	73 % <sup>&amp;</sup>

<sup>&</sup> Dikesmaterialets TS ökade från 47 % till 92 % från 2002 till 2004.

#### *Hydrogeologi*

Vägsträckan går i öst-västlig riktning. Vägen går på skrå genom sidolutande terräng som huvudsakligen sluttar från norr mot söder. Två större vattendrag korsar vägen, ett korsar referenssträckan och ett korsar sträckan med mesa i slitlagret. Enstaka diken avleder vatten från vägen i sydlig riktning. Förändringar i grundförutsättningarna, i form av extrem- och olyckslaster, exempelvis översvämning, bedöms som marginell. Grundvattenrör installerades upp- och nedströms vägsträckningen inklusive en referenssträcka som ingick i undersökningen, figur 3.2. Grundvattennivån varierar och ligger mellan på mellan 0,5 – 2,5 m djup.



Figur 3.2 Grundvattenrör längs provsträcka 1 – 5, med a) provsträcka 1 – referens, b) provsträcka 2 – mesa 1, c) provsträcka 3 – mesa 2, d) provsträcka 4 – bottenaska, e) provsträcka 5 – flygaska.

### 3.6 Transportbild

Transport av ämnen förväntas huvudsakligen ske genom perkolerande vatten. Vattnet kommer att transporteras till grundvattnet och till diken för vidare avbördning. Transport av ämnen i gasfas, fast fas, strålning och övriga transportsätt behandlas inte pga. avsaknad av information om dessa. Nedan redogörs för utförda mätningar relaterade till skyddsobjekten jord och grundvatten.

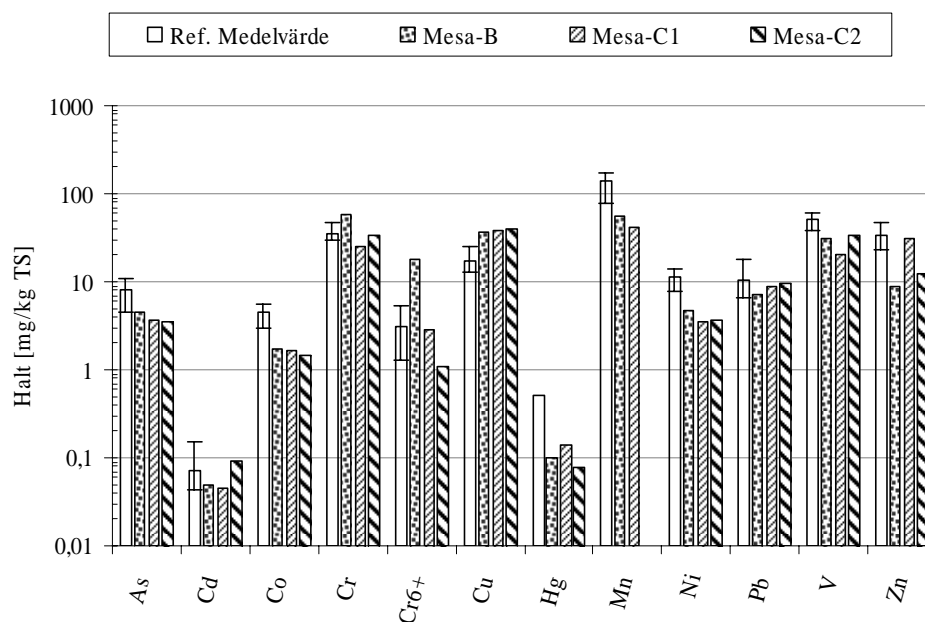
#### *Jord (dikesbotten)*

Provtagningar utfördes i dikesbotten på metaller, PAH och PCB. Undersökningen visar att halterna av PAH ligger runt detektionsnivån för analyserna [3]. PCB halterna ligger under detektionsgränsen för utförd analys [2].

Provtagningsarbetet påbörjades med grundvatten- och dikesprovtagning innan vägen renoverades under juli 2001 (moment A). Därefter gjordes uppföljning av grundvatten, lysimetervatten och dikesbotten vid tre tillfällen, november 2002 (moment B), juni 2003 (moment C1) och juni 2004 (moment C2). Uppföljningen av sträckans miljögeotekniska parametrar utfördes av Tyréns [4].

*Provsträcka 1 – referens:* Metallhalterna i diket intill referenssträckan varierar i tid och rum. I figurerna 3.3 – 3.6 redovisas medelvärdet med tillhörande max- och minvärden.

Halterna i dikesbotten från övriga sträckor redovisas från 2002 (B), 2003 (C1) och 2004 (C2).

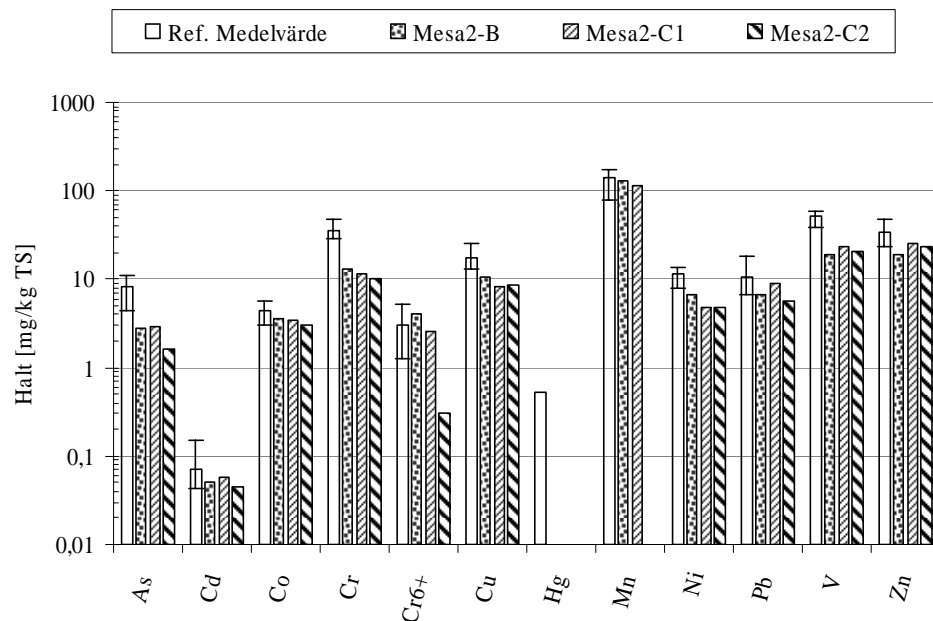


Figur 3.3 Metallhalter i dikesprover från referenssträckan och sträckan med mesa (provsträcka 2).

*Provsträcka 2 – mesa:* På provsträcka 2 var vid ett eller flera mättillfällen halterna av Cr, Cr<sup>6+</sup> och Cu högre än maxvärdet från referensmätningarna, figur 3.3.

*Provsträcka 3 – mesa:* På sträckan metallhalterna lägre än referenspunkternas medelvärden, figur 3.4, undantaget var Cr<sup>6+</sup> efter det första året. Halten av Cr<sup>6+</sup> låg dock inom intervallet för den naturliga variationen för området.

Det bör utredas vad som orsakar att halterna är högre på provsträcka 2 än på provsträcka 3. En skillnad mellan sträckorna är att den första sträckan har en TS-halt på mellan 18 och 36 % medan sträcka två har TS-halter mellan 70 och 90 %. Provsträcka två är torrare. Vore intressant att kontrollera dikesmaterialets organiska innehåll.

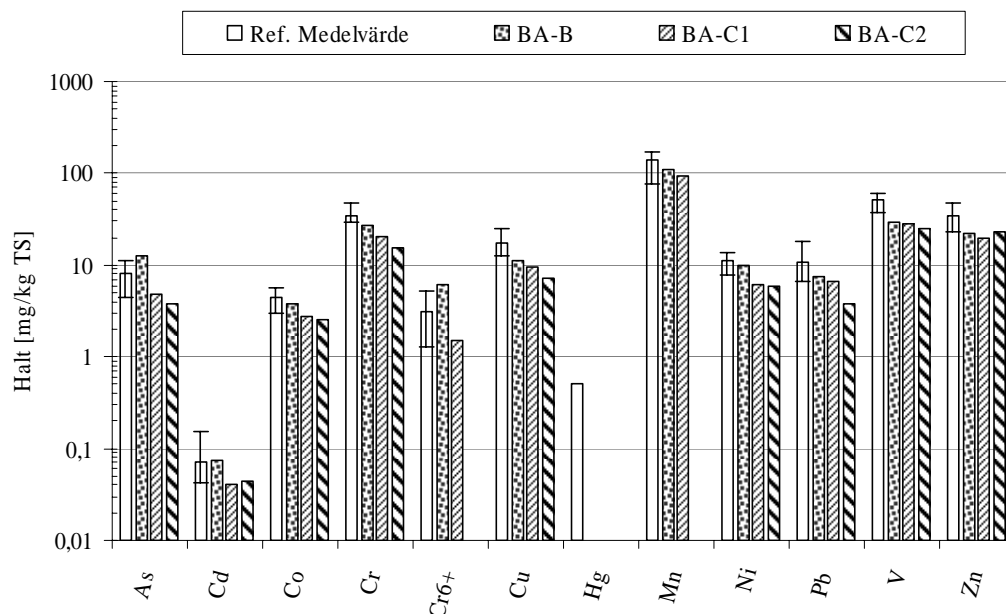


Figur 3.4 Metallhalter i dikesprover från referenssträckan och sträckan med mesa (sträcka 1).

Det finns ingen entydig tendens för att dikessedimentens halter förändras med tiden. Dikessedimentens halter av metaller är generellt lägre på provsträcka 3 med mesa än på referenssträckan.

*Provsträcka 4 – Bottenaska:* Dikesprover från provsträckan med bottenaska uppvisar liknande tendens som på provsträcka 3 med mesa, dvs. metallhalterna ligger lägre än på referenssträckan. Undantaget är As, Cd och Cr<sup>6+</sup> efter det första året. Efter tre år ligger Cr<sup>6+</sup> halten under detektionsnivån för vald analys [3]. Tendensen är att halterna minskar med tiden, figur 3.5.

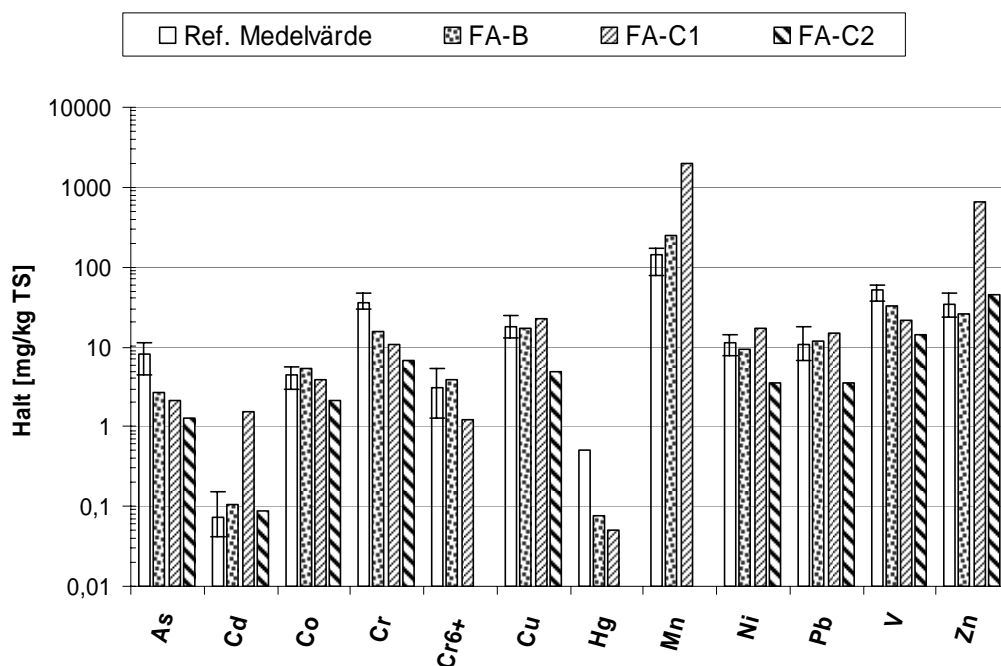
Det finns en svag tendens för att dikessedimentens halter minskar med tiden. Dikessedimentens halter av metaller är generellt lägre på sträckan med bottenaska än på referenssträckan.



Figur 3.5 Metallhalter i dikesprover från referenssträckan och sträckan med bottenaska.

*Provsträcka 5 – Flygaska:* Dikesprover från sträckan med flygaska uppvisar halter som är i nivå med eller lägre än referenssträckans medelvärde, med undantag av Cd, Mn, Pb och Zn, figur 3.6. Andra årets höga halt av bl.a. Zn är något svårt att förklara eftersom Zn uppvisar en låg löslighet från flygaskan. En förklaring till den förhållandevis höga halten vid detta provtagningstillfälle kan vara att provtagningen utfördes i en punkt med inblandning av flygaska i jordmaterialet (spill efter tillverkningen). Denna hypotes förstärks av att halterna av Cd, Cu, Ni och Pb är också förhöjda i detta prov. Ackumuleringen av Mn beror med stor sannolikhet på att lösligheten av Mn är pH- och redoxberoende. Under oxiderande förhållanden och vid pH > 8 fälls Mn ut som oxider och kan ackumuleras i sedimentmaterialet. Mn härstammar från omgivningen.

Det finns en svag tendens för att dikessedimentens halter minskar med tiden, med undantag av Zn och Mn. Dikessedimentens halter av metaller är generellt lägre på provsträckan med flygaska än på referenssträckan.



Figur 3.6 Metallhalter i dikesprover från referenssträckan och provsträckan med flygaska.

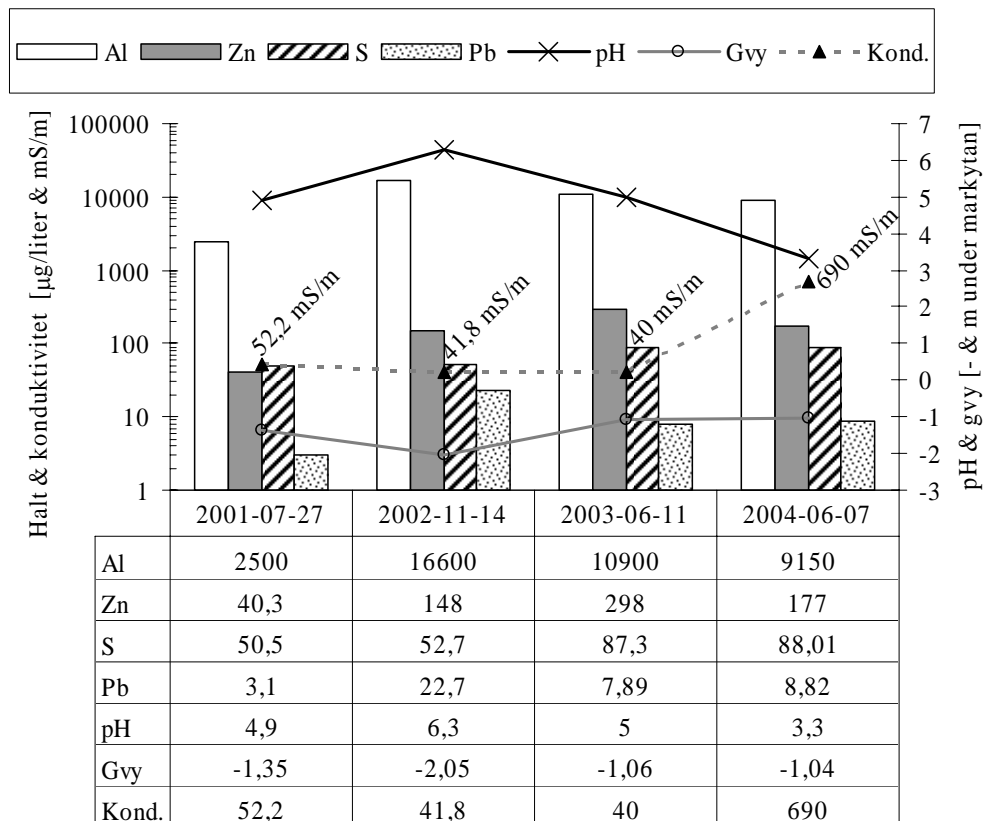
### Grundvatten

Allmänt - I figurerna 3.7 – 3.9 redovisas referensprovernas medelvärde med tillhörande max- och minvärden. Halterna i grundvatten från de övriga sträckorna redovisas från 2002 (B), 2003 (C1) och 2004 (C2). Dessa värden nyttjas sedan som jämförvärden för de andra provsträckorna. Grundvattenrörens placering redovisas i tabell 3.6.

Tabell 3.6 Placering av grundvattenrör.

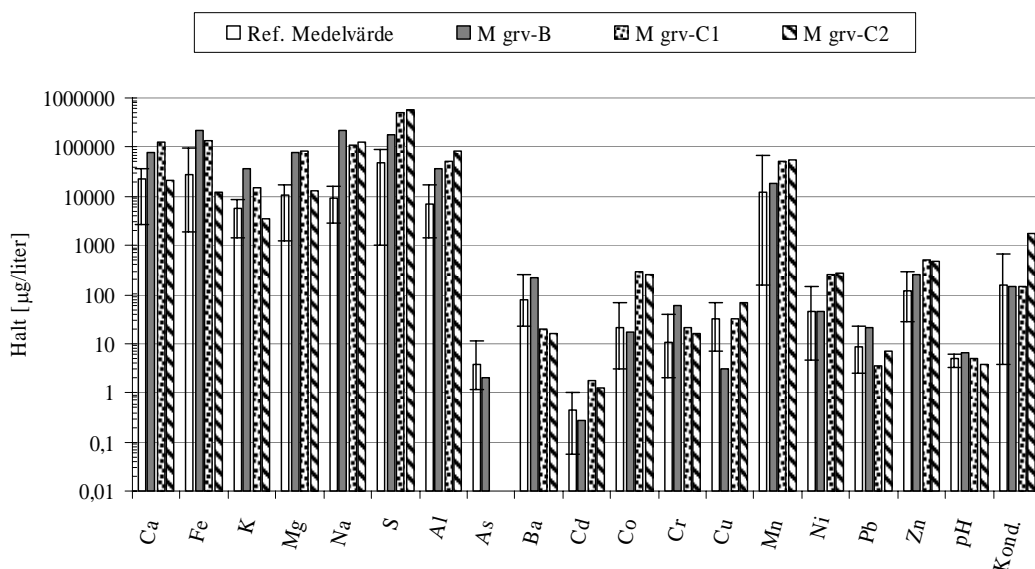
Sektion	Sidomått	ID	Benämning
5/50	V25m/H9m	2 och 3	Referens
4/120	H8m	6	Mesa 1
			Mesa 2
5/250	H6,5m	4	Bottenaska
7/650	H6,5m	1 och 5	Flygaska

Provsträcka 1 - referens: Grundvattenproverna från referenssträckan uppvisar pH värden som varierar mellan 3,3 och 6,3 och grundvattnets konduktivitet varierar mellan 40 och 690 mS/m, figur 3.7. Under den undersökta perioden mellan 2001 och 2004, fluktuerade grundvattennivån med ca 1,5 m. Grundvattennivån varierade mellan 0,5 och 2,5 m under markytan. Variationen av grundvattenytan medför att grundvattnets pH och redoxpotential ändras. pH följdes upp under perioden men mätning av redoxpotentialen saknas.



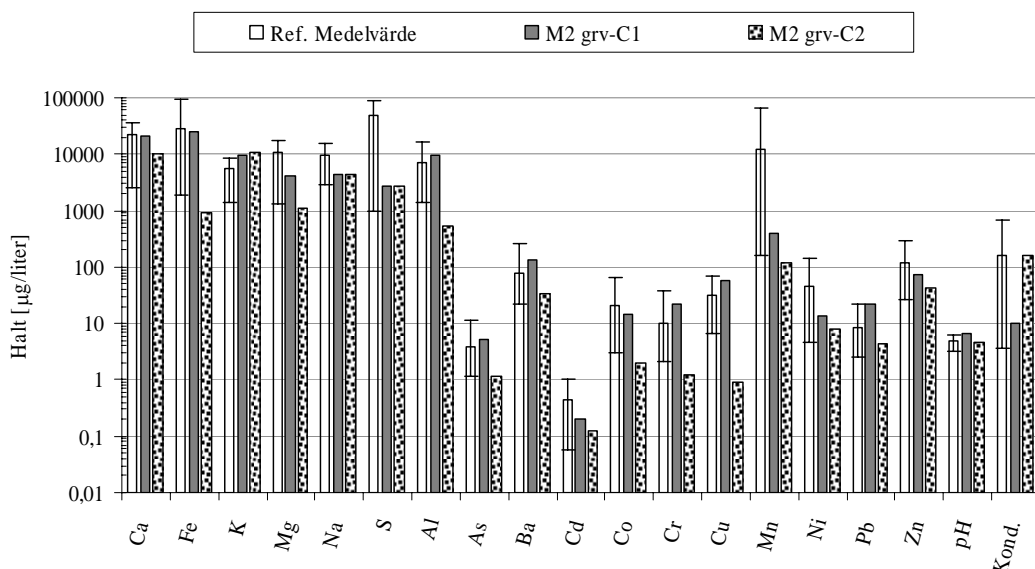
Figur 3.7 Grundvattnets (referenssträckan) naturliga variation med avseende på metallhalter, pH, konduktivitet och grundvattennivå med tiden.

*Provsträcka 2 - mesa:* Grundvattnets pH och konduktivitet varierar mellan 3,7 och 6,6 respektive mellan 150 och 1700 mS/m, figur 3.8. pH minskar med tiden medan konduktiviteten var högst vid det sista mätillfället 2004 (C2). Metallhalterna är förhöjda jämfört med referenssträckans halter. Halterna av metaller ligger i de flesta fall högre än den naturliga bakgrundsvariationen. Trenden är att grundvattnets metallhalter ökar med tiden.



Figur 3.8 pH och konduktivitet i vattenprov från grundvattenrör intill referenssträckan och sträckan med mesa.

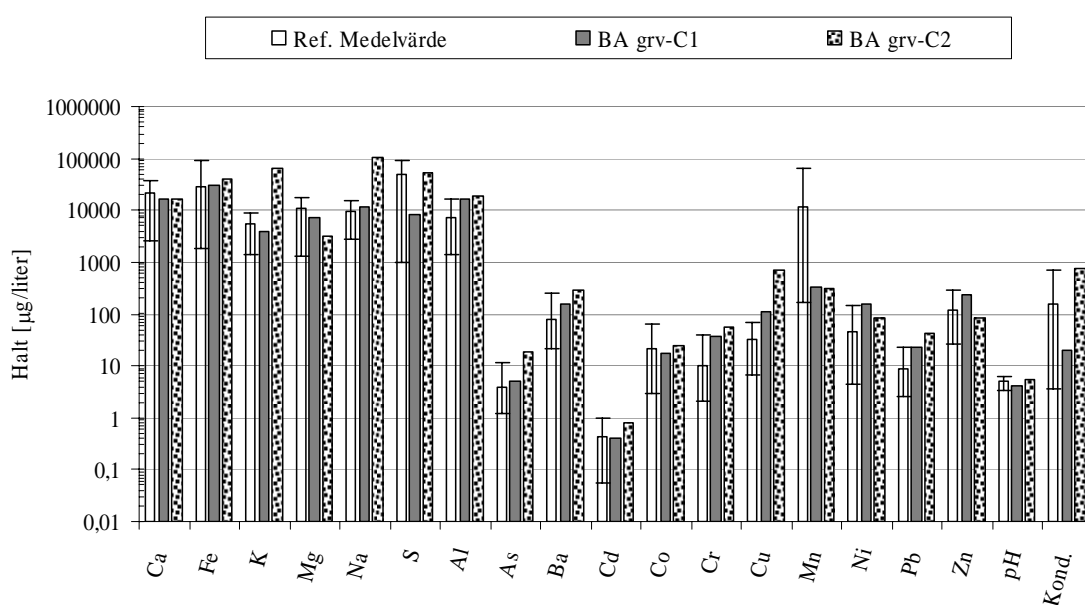
Provsträcka 3 - mesa: Grundvattnets pH och konduktivitet varierar mellan 4,6 och 6,8 respektive mellan 10 och 160 mS/m, figur 3.8. pH minskar med tiden medan konduktiviteten var högst (160 mS/m) vid det sista mättillfället 2004 (C2). Halterna av metaller ligger i de flesta fall lägre än den lägsta halten (minvärdet) på referenssträckan. Trenden är att grundvattnets metallhalter minskar med tiden.



Figur 3.8 pH och konduktivitet i vattenprov från grundvattenrör intill referenssträckan och provsträcka 2 med mesa (M2).

*Provsträcka 4 – Bottenaska.* Grundvattenproverna uppvisar pH värden som varierar beroende på grundvattennivåns fluktuation. pH varierar mellan 5,4 och 4,2.

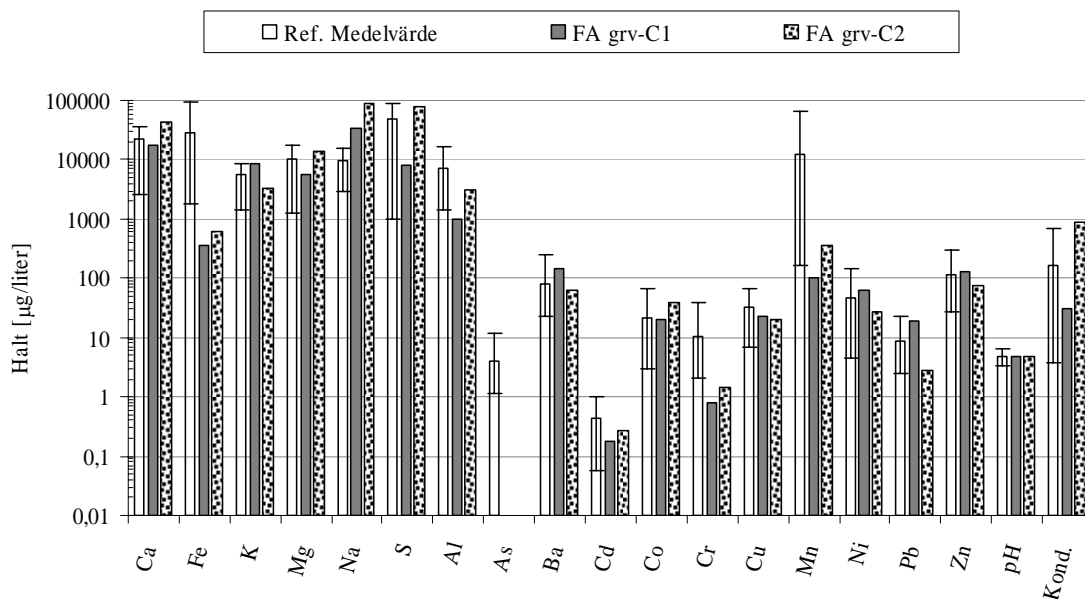
Grundvattnets pH och konduktivitet varierar mellan 4,2 och 5,4 respektive mellan 20 och 780 mS/m, figur 3.9. pH minskar med tiden medan konduktiviteten var högst (780 mS/m) vid det sista mättillfället 2004 (C2). Metallhalterna är inte förhöjda jämfört med referenssträckans halter. Halterna av K, Na, Al, Ba, Cr, Cu, Ni och Pb ligger över referenssträckans maxhalter. I flera fall är trenden tydlig att halterna i grundvattnet ökar med tiden. Undantaget är Ni och Zn.



Figur 3.9 pH och konduktivitet i vattenprov från grundvattenrör intill referenssträckan och sträcka 2 med bottenaska.

*Provsträcka 5 – Flygaska:* Flygaska undersöktes dels separat [1] och dels som stabiliseringsmedel i vägmaterial [2]. Flygaskans och flygkastabiliserade vägmaterialens tekniska och miljötekniska egenskaper är därmed undersökta. Fältförsöket utfördes med 70 % (av TS) tillsats av flygaska till befintligt vägmaterial.

Grundvattnets pH och konduktivitet varierar mellan 4,8 och 4,9 respektive mellan 30 och 880 mS/m, figur 3.10. Konduktiviteten var högst (880 mS/m) vid det sista mättillfället 2004 (C2). Metallhalterna är inte förhöjda jämfört med referenssträckans halter, men halterna av Ca och Na ligger över referenssträckans maxhalter. I flera fall är trenden att halterna minskar med tiden. Halterna av bl.a. Ca, Na och S samt följaktligen grundvattnets konduktivitet ökar med tiden.



Figur 3.10 pH och konduktivitet i vattenprov från grundvattenrör intill referenssträckan och sträcka 2 med flygaska.

### Analys av transportbilden

För analys av transportbilden har uppmätta halter för referenssträckan använts som jämförvärden både vad gäller grundvatten och jord.

*Grundvatten* - Referensprovernas pH och konduktivitet visar att det finns en naturlig variation som styrs av grundvattennivån i markprofilen. Grundvattnets pH varierar mellan 3,3 och ca 7. Detta låga värde kan tyda på försurande faktorer i markprofilen, som exempelvis sulfidhaltig jord (FeS, FeS<sub>2</sub> etc) eller torv alternativt gyttejordar.

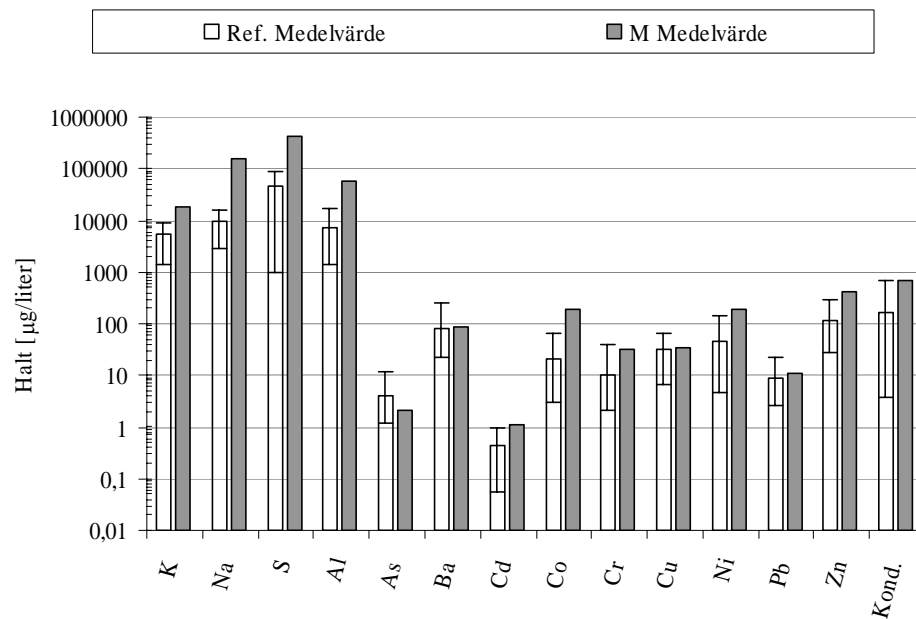
Undersökningen av grundvattenprover pågick under ca två års tid. För en utvärdering av den långsiktiga miljöpåverkan bör uppföljningen av grundvattnets metallhalter, pH och konduktivitet följas upp under en längre tid.

*Mesa* - Mesa, som det framgår av figur 4.1, kan bidra till höjning av metallhalterna i grundvattnet. Två provsträckor undersöktes.

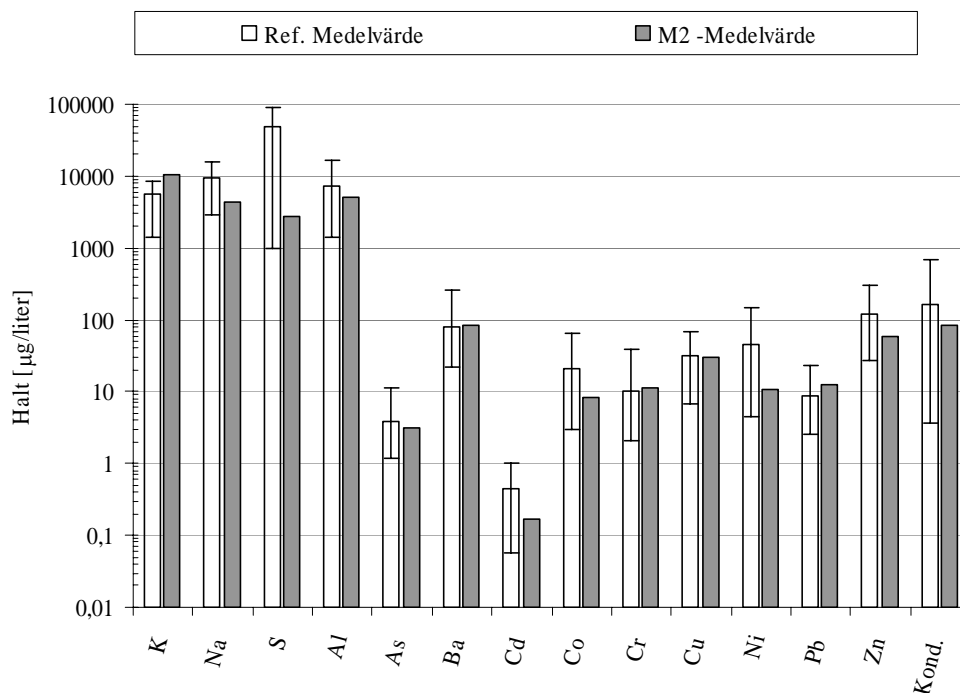
På provsträcka 2 är halterna av metaller förhöjda i grundvattnet jämfört med referenssträckans halter. Dessutom verkar tendensen vara att halterna ökar med tiden. På motsvarande sätt ökade halten i dikessedimenten också.

På provsträcka 3 är det motsatta som gäller. Halterna är inom den naturligt förekommande variationen, med undantag av kalium. Dessutom är trenden att halterna minskar med tiden, gäller både för grundvatten och för dikessediment.

En förklaring till detta kan vara att provsträcka 2 utsätts för större lakning än provsträcka 3 samt att utspädningen kan vara större på sträcka 3. Provsträcka 2 ligger i ett låglänt område med ytvattennivån nära markytan, medan provsträcka två korsar ett torrt område med blockig morän. Det krävs fler mätningar för att utvärdera långsiktiga effekter. Slitlagret med mesa bedöms ha låg permeabilitet.

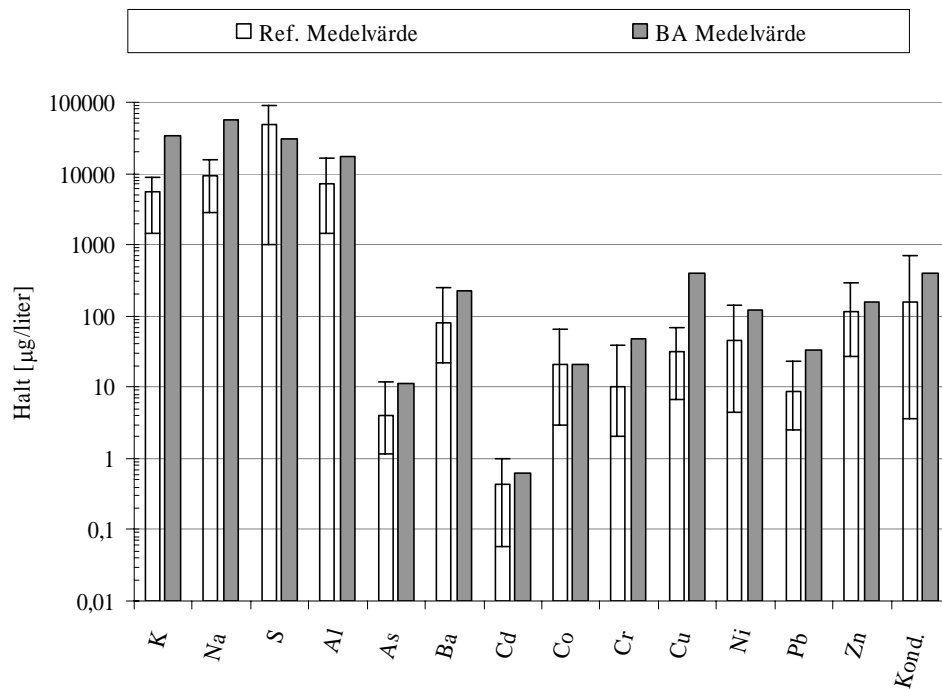


Figur 4.1 Metallhalter och konduktivitet i vattenprov från grundvatten (medel-, min- och maxvärden) vid referenssträckan och sträcka 1 med mesa (medelvärde).



Figur 4.2 Metallhalter och konduktivitet i vattenprov från grundvatten (medel,- min- och maxvärden) vid referenssträckan och sträcka 2 med mesa (medelvärde).

**Bottenaska** - Bottenaska, som det framgår av figur 4.3, bidrar till höjning av metallhalterna i grundvattnet. Medelvärdet på halterna av Na, K, Al och Cu överskrider de naturligt förekommande halterna. Trenden är dessutom att metallhalterna och konduktiviteten ökar med tiden. Fler mätningar krävs för att utvärdera långsiktiga effekter. Området bedöms bestå av en siltig jord. Eventuell grundvattenuppträckning in i bottenaskalagret bedöms kunna vara orsaken till utlakningen av ovan nämnda metaller.

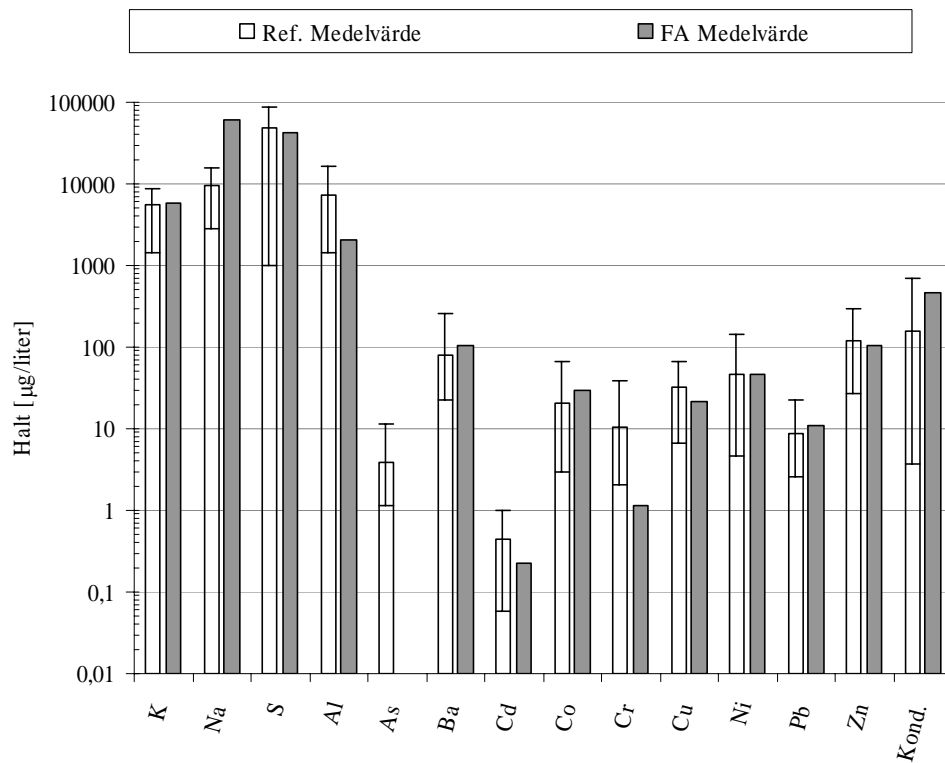


Figur 4.3 Metallhalter och konduktivitet i vattenprov från grundvatten (medel-, min- och maxvärden) vid referenssträckan och sträckan med bottenaska (medelvärde).

*Flygaska* - Flygaska, som det framgår av figur 4.5, bidrar inte till förhöjning av tungmetallhalterna i grundvattnet. Grundvattnets konduktivitet höjs dock successivt, vilket kan tyda på utlakning av bl.a. Na, figur 4.4.

Fler mätningar krävs för att utvärdera långsiktiga effekter. Noterbart är att bakgrundhalten av bl.a. S (sulfater) är förhöjda i referensprovet i högre grad än i provsträckan. Flygaskan påverkar enbart marginell grundvattnets kvalitet, genom att halterna av exempelvis Na, Ba och Co ökar medan de halterna av bl.a. Cd, Cr, Cu, och Zn minskar. Grundvattnets Na och S halter ökar med tiden.

Området bedöms bestå av en väl dränerande sandig morän (SaMn) med grundvattenytan ca 1 m under markytan. Flygaskan bedöms ha låg permeabilitet [1, 8 & 9].



Figur 4.4 Metallhalter och konduktivitet i vattenprov från grundvatten vid referenssträckan (medel-, min- och maxvärden) och sträckan med flygaska (medelvärde).

## 4 Ställningstagande (Bedömning)

### 4.1 Kravspecifikation

Karakteriseringen leder fram till en transportbild som värderas mot en kravspecifikation. För tiden under användning är kravet för en grön lösning att emissioner från lösningen och där ingående material ligger inom omgivningens naturliga variation med avseende på grundvatten och jord. Den rumsliga avgränsningen av emissioner sker till det ”juridiska” vägområdet, i detta fall antaget som 5 meter från väggkant.

### 4.2 Värdering

Som kriterier för värderingen används bakgrundshalter från referenssträckan av kritiska ämnen. Det förutsätts att bakgrundshalter i det aktuella fallet inte är påverkat av lokala punktkällor dvs. är ett förorenat område.

### 4.3 Ställningstagande (klassificering)

Tre restmaterial har undersökts med avseende på miljöegenskaper. Samtliga material påverkar grundvattenmiljön intill provsträckorna genom att grundvattnets konduktivitet höjs. Detta sker genom att Na, K, Cl och  $\text{SO}_4^{2-}$  lakas ut från restmaterialen. Dessa ämnen är lösliga och transporteras lätt med vatten. Den tillgängliga halten som kan laka ut är dock begränsad och efter  $L/S > 10$  avtar utlakningen. Utlakningen är därmed tidsbegränsad. Den generella trenden är att sedimentproverna från diket längs provsträckorna uppvisar halter som minskar med tiden. Referenssträckan och de tre olika restmaterialen behandlas separat, se nedan.

*Provsträcka 1, Referens* - Referenssträckans pH och konduktivitet varierar pga. att områdets grundvattennivå fluktuerar. Grundvattnets låga pH-värden och höga halt av Fe och S indikerar att vittring/oxidation av sulfidhaltigt material pågår. På referenssträckan består marken av silt och siltig morän. Sträckan klassificeras som grön lösning.

*Provsträcka 2 & 3, Mesa* - Sträckorna med mesa uppvisar olika resultat i applikation som på sträcka 3 (torrare konstruktion alternativt stor utspädning) påverkas inte omgivningen på den aktuella platsen. Detta gäller även dikessedimenten som har lägre och lägre halt med tiden. På sträcka 2 utsätts konstruktionen för större utlakning. Konstruktionen på provsträcka 2 påverkar därmed grundvattenmiljön. Även halterna i dikessediment uppvisar markant högre halter av vissa tungmetaller än på provsträcka 3 och på referenssträckan.

Med en mer detaljerad beskrivning av omgivningen på provsträckorna och applikationen bör ett ställningstagande kunna tas att lösningen är gul, dvs. det krävs

skyddsåtgärder alternativt andra argument för att kunna acceptera lösningen. En sådan skyddsåtgärd är att minska inläckage av yt- och grundvatten i konstruktionen (provsträcka 1). Medan provsträcka 3 uppfyller kriterierna att kunna accepteras, baserat på dagens kunskap.

*Provsträcka 4, Bottenaska* - Bottenaskan medför att dikessedimentens halter av metaller minskar. Efter tre års uppföljning av sträckan har grundvattenkvaliteten mest påverkats av förhöjda halter av Na, K och Cu. Trenden är dock att metallhalterna kommer att höjas ytterligare på grund av utlakning. Bottenaskan är ett permeabelt material och i en öppen vägkonstruktion uppnås L/S lika med 2 efter ca 1 till 3 år, beroende på nederbörds mängd och vägkonstruktion. Det bör dock beaktas att de lakbara halterna av metaller minskar med åldrandet orsakad av mineralisering [7].

Med grundvattnets bakgrundshalt som värdegrund och ett påverkansområde på 5 m från vägen kan bottenaskan i aktuell applikation och omgivning bedömas som gul lösning. Andra argument och/eller skyddsåtgärder krävs för acceptans.

*Provsträcka 5, Flygaska* - Sträckan med flygaska påverkar inte omgivningen på den aktuella platsen efter ca 2 år. Detta gäller även dikessedimenten som har lägre och lägre halt med tiden. Området som bedöms bestå av en SasiMn är väl utdikat. Det är av intresse att beskriva omgivningen mer detaljerat för att kunna ta ställning. För ett med säkerhet bedöma hela konstruktionens lämplighet bör uppföljning ske under en längre tid, förslagsvis tills L/S-kvot 10 har uppnåtts alternativt under de första fem åren. Lösningen kan betraktas som gul och provsträckan uppfyller de kriterier som krävs för att få acceptans.

#### ***Generellt ställningstagande***

Kravspecifikationen för en grön lösning i denna PM är att grundvatten som har samlats in 5 m från väggkanten inte har påverkats med avseende på metaller jämfört med referenssträckans halter.

De i detta projekt nyttjade restmaterialen har gemensamt att dessa påverkar grundvattenmiljön intill provsträckorna ( $> 5$  m) genom att grundvattnets konduktivitet höjs. Detta sker genom att bl.a. Na, K, Cl och  $\text{SO}_4^{2-}$  lakas ut från restmaterialen. Provsträckorna karakteriseras därmed som gul lösning. Därmed bedöms materialen idag ge lösningar som är förknippade med villkor alternativt erfordra andra argument inför ett nyttiggörande. Undersökningen visar också att beroende på omgivningsförutsättningar kan även halterna av andra metaller stiga i dikessediment och grundvatten.

***Villkor och andra argument***

Exempel på villkor kan vara att säkerställa att det finns diken som kan förhindra att yt- och grundvatten kommer in i konstruktionsdelar. Låglänta områden eller andra områden där grundvattennivå kan förväntas ligga nära markytan ( $< 1$  m) bör undvikas.

Exempel på andra argument kan vara att göra avvägningar av den lokala miljöpåverkan (för de aktuella provsträckorna) mot regionala miljömål, t ex värdera naturresurshushållning, minskad deponering och transportsträckor, teknisk funktion mm.

**5 Kompletteringsbehov**

I det aktuella fallet saknas det några detaljer i underlaget för att bättre beskriva rådande *transportbild*.

***Skyddsobjekt vatten***

Ytvattnet är inte analyserat och uppföljningen av grundvatten begränsas till ca 2 år efter utförandet av provsträckor. Rekommendationen är att ta yt- och grundvattenprover under minst tre år till. Ytterligare grundvattenrör krävs för att bedöma transportbild. Dessa grundvattenrör bör installeras på större avstånd (nedströms) från vägen.

Kravspecifikation med avseende på emissioner till yt- och grundvatten bör preciseras. Vilka nivåer kan tillåtas? Dessa värden kan sättas platsspecifikt. I dagsläget användes värdegrunden att inte tillåta förändring av grundvattnet 2 – 5 m från vägen. Alternativet kan vara att sätta motsvarande gräns men 10 , 20 eller 50 m från vägen. Ett sådant arbete pågår för nuvarande i projekt MGB, Svedberg (2005).

Kravspecifikationen kan också justeras genom att visa med exempelvis ekotoxdata hur en höjning av exempelvis konduktivitet påverkar omgivningen.

Mätning av redoxpotential utfördes inte med hänvisning att det inte fungerade. Mätning av redoxpotential måste i första hand utföras på färskt prov. Luftning medför att redoxpotentialen (Eh) kan förändras. De höga Eh-värden som uppmättes i de prover som undersöktes indikerar att proverna var oxiderade. Höga järnhalter i grundvattenproverna på referenssträckan tyder på järnhaltig och redoxkänslig mark.

***Skyddsobjekt jord***

Strålning – De ingående materialens strålningsnivå bör undersökas och jämföras med riktvärden.

Damning – Under tillverkningskedet är det primärt den torra flygaskan som kan bidra till damning. Damningens arbetsmiljöaspekter bör beaktas, och skyddsåtgärder vidtas.

**Generellt**

Värdering av tiden efter användning, dvs med avseende på kvarlämning, återbruk eller deponering av material efter att konstruktionen bör beskrivas.

**Referenser**

- [1] Svedberg B. 2003. *Miljögeoteknisk bedömningsystem – Applikation på väg- och järnvägsbyggnadsmaterial. Licentiatuppsats*. Luleå tekniska universitet, Avdelningen för geoteknik.
- [2] Pousette K och Mácsik J. 2000. *Material- och miljöteknisk undersökning av grönlutsslam, mesa, kalkgrus, flyg- och bottenaska från AssiDomäns fem svenska bruk*. Luleå tekniska universitet, Avdelningen för geoteknik.
- [3] Pousette K. 2001. *Laboratorieundersökningar av bottenaska och flygaska från AssiDomän, Piteå*. Luleå tekniska universitet, Avdelningen för geoteknik.
- [4] Nilsson N. 2004. *Slutrapport – Väg 694. Analys av lakning i fält*. Tyréns.
- [5] Nilsson T. 2002. *Dokumentation projekt "Väg i norr"*. Vägverket region norr.
- [6] Väglaboratoriet i Norr AB. *Mätning av vattenkvot samt vattenhalt, flygaska*.
- [7] Flyhammar P., Bendz D., Hartlén J. och Grönholm R. 2004. *Lagring av slaggrus – Slaggrusets åldrandeförändringar av miljömässiga egenskaper*. SYSAV Utveckling AB.
- [8] Mácsik J., Svedberg B., Lenströmer S. och Nilsson T., 2004. *Flygaska i geotekniska applikationer – Etapp 1: inventering/tillämplighet*, Värmeforsk, Stockholm, 2004.
- [9] Mácsik J. et al. 2003, Askblandningar i anläggningsprocesser - Användning av askblandningar vid provväg och täckning av tipp, EU strukturfond mål 1 projekt, <http://www.z.lst.se/eu/index.htm> , projektbank.
- [10] Ullberg J. 2005 *Muntlig referens, och platsbesök på provsträckan*.