



Västerbergslagens utbildningscentrum
Kvalificerad Yrkesutbildning
Markekologisk Design



Överdämningsförsök på vittrat gruvavfall

En pilotstudie för behandling av historiskt gruvavfall
genom överdämning i kombination med kemisk
stabilisering

Joel Domeij
Handledare: Mattias Bäckström

Förord

Jag vill passa på att tacka Erik Larsson, Lotta Sartz, Mattias Bäckström, och Stefan Karlsson för att de möjliggjort slutförandet av mitt projektarbete.

Alla ni har lagt ner tid och arbete för att jag skulle kunna slutföra projektet i tid och det är jag mycket tacksam för.

Jag hoppas att resultaten kan hjälpa er och att ni kan ta upp stafettpinnen där jag lämnat den och skapa något stort av detta.

Sammanfattning

I Sverige finns idag stora mängder historiskt gruvavfall, problemet med tidigare behandlingar av gruvavfall har varit att man inte kunnat ta hand om det sura lakvattnet som bildas av sulfidhaltigt gruvavfall.

I mitt projektarbete så har jag genomfört en pilotstudie där jag provat en alternativ behandlingsmetod i en sluten testmiljö.

Huvudsyftet med metoden har varit att dels skapa en fastläggning av de metaller som påträffas i avfallet, dessutom så hoppas jag kunna slå ut dess aciditet och på så sätt stoppa det sura lakvattnet.

Försöken påbörjades med att material insamlades och förbereddes i tunnor som sedan mättades med milli-Q vatten.

När väl vatten tillsatts så påbörjades en tätprovtagning där ett flertal parametrar analyserades, däribland pH, redox och konduktivitet samt utvalda metaller.

Resultaten har över lag visat på en stor reducering med avseende på metaller i utgående vatten. Flera av tunnorna visade på över 90 procentig fastläggning av metaller.

Efter genomförd provtagningsserie så går det konstatera att metoden har potential men att det finns flera frågetecken som behöver besvaras innan fler slutsatser går att dra.

Det som är säkerställt är att behandling av vattnets pH och fastläggning av metaller fungerade i stor utsträckning men att endast ett av additiven gav optimala resultat.

Innehållsförteckning

Förord.....	2
Sammanfattning	2
1 Inledning.....	5
1.1 Syfte.....	5
2 Metod	6
2.1 Kompressionstest.....	6
Homogenitets test.....	6
Rutin för förberedning av lysimetrar.....	7
Rutin för förberedning av provtunnor.....	7
Rutin för provtagning.....	9
Rutin för analys redox, konduktivitet och pH.....	9
Rutin för analys alkanitet.....	9
2.2 Avgränsning.....	10
3 Bakgrund.....	11
Oxidation.....	11
Stekenjokk	11
Magasin 4 Kristineberg	12
Aciditet.....	12
Alkanitet.....	12
Svavel och dess försurande egenskaper.....	13
Metallerna som kommer att analyseras.....	14
De alkaliska additiven.....	17
4 Resultat	21
4.1 JT1	22
4.2 JT2.....	24
4.3 JT3.....	26
4.4 JT4.....	27
4.5 JT5.....	28
4.6 JT6.....	29
4.7 JT0	31
5 Diskussion.....	33
6 Slutsatser.....	43
Vilka lärdomar har jag då tagit med mig från projektet.....	43
7 Felkällor.....	45
8 Källförteckning.....	47
1 Bilaga 1.....	48
1.1 Provtagningsprotokoll JT1 – Kalkgranuler.....	48
2 Bilaga 2	50
2.1 Provtagningsprotokoll JT2 – Aska F.....	50
3 Bilaga 3.....	52
3.1 Provtagningsprotokoll JT3 – Grönlut.....	52
4 Bilaga 4.....	54
4.1 Provtagningsprotokoll JT4 – Mesa.....	54
5 Bilaga 5.....	55
5.1 Provtagningsprotokoll JT5 – LD-sten.....	55

6 Bilaga 6	56
6.1 Provtagningsprotokoll JT6 – Filterkalk.....	56
7 Bilaga 7	58
7.1 Provtagningsprotokoll JT0 – Referens.....	58
Bilaga 8.....	60
1.1 Överdämningsförsök av historiskt gruvavfall.....	60
1.2 2010-03-01 till 2010-04-25.....	60
Start.....	60
Slut.....	60
Bilaga 9 - Analys Alkalinitet, Konduktivitet, pH och Redox.....	62
7.2 JT1.....	62
7.3 JT2	63
7.4 JT3	64
7.5 JT4	65
7.6 JT5	66
7.7 JT6	67
7.8 JT0.....	68
Bilaga 10 - Metallanalyser.....	69
Bilaga 11 - Fotobilaga.....	75

1 Inledning

I Sverige finns idag miljontals ton restavfall från den svenska gruvindustrin, bara i Dalarnas län så finns det uppskattningsvis 620 000 m³ varp, 10 500 000 m³ sand och 1 560 000 m³ slagg. Stora delar av avfallet härstammar från gruvdrift som bedrivits före sekelskiftet och som idag vittnar om en svunnen tid. Nedlagda och övergivna gruvområden står också för en betydande miljöpåverkan. Skillnaden mellan historiskt gruvavfall och dagens avfall är att förr i tiden så hade man inte möjlighet till samma anrikning som dagens industrier har, man tog helt enkelt de malmbitar som hade högst metallhalt och resten blev lämnades kvar i dagen. Genom åren har det exponerade gruvavfallet ansatts hårt, detta leder till att gruvavfallet är vittrat och trots detta fortsätter avfallet att förorena närmiljön år efter år.

Ljusbergsfältet nära Kopparberg är ett typ exempel för den nedlagda gruvområden. Under 1600-talets tidiga hälft så lades där grunden för en gruvindustri som skulle pågå i 350 års tid. Verksamheten är idag nedlagd och kvar finns stora mängder förorenat avfall. Typiskt för Bergslagen är också att gruvavfallet är av sur karaktär, detta ger också ett surt lakvatten som ställer till stora besvär.

1.1 Syfte

Inom ramen för mitt projekt ska jag titta på möjligheterna att behandla historiskt gruvavfall genom överdämning. Det har tidigare gjorts framgångsrika försök där man behandlat rent gruvavfall med kemisk stabilisering, men detta har inte helt gett samma effekt på det lakvatten som läcker från gruvfälten. Genom att blanda in alkaliska restprodukter i gruvavfallet och sedan överdämna så hoppas jag uppnå en dubbel effekt, dels så kommer det ske en förhöjning av pH, detta medför en större fastläggning av de tungmetaller som återfinns i gruvavfallet, detta skulle också leda till att de svårhanterliga lakvattnet minskar.

2 Metod

2.1 Kompressionstest

Kompressionstestets syfte var att ta reda på hur mycket volymen på gruvavfallet skulle minska vid tillförseln av vatten, detta för att kunna placera lysimetrarna på ett lämpligt djup. Framförallt genomfördes testet för att L2¹ inte skulle exponeras för ytvattnet.

Testet bestod av att en 500ml plastflaska kapades, efter detta placerades en linjal 12cm i flaskan. Flaskan fylldes sedan med gruvavfall upp till markeringen 10cm på linjalen. Därefter tillsattes vatten till markering 12cm på linjalen, se Bild 4.1. Flaskan fick sedan stå tills suspenderat material lagt sig och det gick att avläsa på linjalen hur mycket gruvmaterialet komprimerats. På Bild 4.2 går det att avläsa resultatet, 25mm eller omvandlat till procent 25%.



Bild 4.1 Kompressionstest, vätskefylld behållare



Bild 4.2 Avmätning

Homogenitets test

¹ Lysimeter två, placerad 20cm ovan tunnans botten.

För att avgöra om det rådde stora skillnader i homogeniteten i gruvavfallet så genomfördes en mindre provserie, 10 stickprover valdes slumpmässigt ut med en bestämd volym och vägdes in på en våg med två decimalers noggrannhet på grammet.

Volymen på kärlet mättes upp till 1450 ml, den något udda volymen berodde på att det var vad som fanns till hands. Innan invägning av gruvmaterialet så vägdes kärlets vikt in för att sedan kunna tareras bort.

För att fylla burken användes händerna iförd arbetshandske, gruvmaterialet lastades tills burken var full varefter den vägdes in på vågen.

Det togs ingen hänsyn till materialets TS-halt vid invägningen.²

Rutin för förberedning av lysimetrar.

För att hämta ut provvattnet ur tunnorna så hade jag valt att använda mig av lysimetrar, detta på inrådan av Lotta Sartz och hennes tidigare erfarenheter från tidigare experiment som genomförts med materialen använt liknande anordningar.

Lysimetern har dels en filtrerande funktion på 20 µm sen är det enkelt att koppla på en slang av önskad diameter som kan placeras längs kanten av tunnan och upp genom locket. Till att suga ut vattnet används en 50ml spruta.

För att undvika att lysimetern kommer i direktkontakt med jorden så tillverkades ett ytterhölje av en 15ml vial som den spetsiga änden kapats på.

Plasten på vialen perforerades dessutom för att undvika att luftfickor ej skulle bildas.

De små hålen borrades med en diameter av 2,5mm och var 6st i antalet.

Dessutom gjordes ett 3,5mm hål i korken på vialen för att dra in slangen.

Ingen mätning av längden på slangen gjordes, istället uppskattades längden.

För att undvika att de tre lysimetrarna sedan skulle blandas ihop användes tre säkerhetsfunktioner.

Den första var att i alla tunnor så placerades hålen och lysimeterslangarna i en viss ordning, L1, L2 och sist YT räknad vänster till höger. Där L1 var närmast botten och YT var ytvatten. Den andra var att en vimpel av tejp placerades på varje slang, där fanns också märkningen L1, L2 eller YT skriven på vimpeln. Vimpeln fungerade dessutom som stopp och förhindrade att slangen rörde sig ur läge.

Den sista säkerhetsfunktionen var att varje slang märkte med en påsförslutare av en bestämd färg/er.

L1 fick färgen blå, L2 fick färgen röd och YT fick varannan Gul, varannan Grön. Varför två färger användes på YT var helt enkelt för att Gul inte räckte till alla tunnor.

Rutin för förberedning av provtunnor

Varje tunna skulle lastas med en blandning om 85% gruvavfall och 15% alkalisk restprodukt. Dessutom så skulle en fri vattenyta med en mäktighet om cirka 10cm möjliggöras ovanpå gruvmaterialet.

² Gruvavfallet kom ur olika säckar och redan okulärt gick det att fastställa att det rådde skillnader i Torrhalten mellan säckarna.

Efter inmätning av tunnans djup (48cm), så beslutades att en mäktighet om 30cm eller 62% gruvavfall skulle bli en lämplig volym. Vi utgick då ifrån att det alkaliska materialet skulle ge en 15 procentig volymökning vilket skulle ge en total volym på 34,5cm eller 71,9%. Detta skulle med en 10cm vattenspiegel ge en 3,5cm marginal mot kanten på tunnan. Dock så får man ta i beaktning att i kompressionstestet så skedde en 25 procentig kompression, så i själva verket är säkerhetsmarginalen bra mycket större.

Innan gruvmaterialet lastades i tunnan så tvättades först tunnan med vanligt kranvatten och en diskborste, därefter vägdes tunnan in för att kunna tarera bort vikten vid invägning av gruvavfallet.

När tunnan var invägd så påbörjades lastning i tunnan, detta gjordes med hjälp av en vanlig spade av plåt, men med tanke på gruvmaterialets metallhalter så bedömdes påverkan ej ge något utslag i mätresultaten. Först lastades tunnan till 30cm, ytan 30cm mättes fram genom att på fyra mätpunkter konstatera djupet 18cm till avfallets yta mätt från toppen, mätpunkterna sattes mitt emot varandra så att de bildade ett ”kors”, noggrannheten som använts vid inmätning är 0,5cm, ojämnheter i ytan sopades till med handen införd arbetshandske. Därefter vägdes tunnan in med en våg som hade en noggrannhet till 0,5 hekto på kilot. Vikten på den nu lastade tunnan tarerades med vikten på olastad tunna och därefter kunde man räkna ut hur stor vikt det alkaliska materialet skulle uppgå till.

Det alkaliska materialet vägdes upp i en låda av plast vars vikt först tarerats bort, volymen på materialet gjorde att materialet fick vägas upp i omgångar, en hög noggrannhet hölls dock då vågen som användes för de alkaliska materialet hade en tre decimalers noggrannhet på grammet.

För att sedan kunna homogenisera materialet så lastades tunnan ur med den nu kända vikten i en plastbalja. Därefter tillfördes majoriteten av det alkaliska materialet, lite sparades för att tillsättas i det undre gruvmaterialet för att få en jämnare fördelning.

För att homogenisera materialet användes först en gjutjärnspinne, även dennas eventuella påverkan bedömdes kunna bortses ifrån. Pinnen kördes ner genom materialet och rördes om i cirkulära rörelser vilket formade en kon, detta genomfördes tills det okulärt gick att uppskatta materialet som homogeniserat, ingen tidtagning hölls, detta då de olika alkaliska materialen var av väldigt olika karaktär och en tidtagen homogenisering bedömdes ofördelaktig för vissa av materialen.

Därefter lastades den nu homogeniserade massan ner i tunnan till ett djup av 5 cm, (uppmätt från botten till materialets yta med tumstock) i tunnan skedde sedan en ytterligare homogenisering där spaden rördes runt i en cirkulär rörelse. Därefter placerades den första lysimetern, kallad L1 under experimentets fortsättning i ytan av gruvmaterialet. Därefter homogeniserades det kvarvarande materialet i plastlådan ytterligare med samma teknik som tidigare. Materialet lastades sedan i tunnan till en mäktighet av 20cm, (uppmätt från botten till materialets yta med tumstock) materialet i tunnan homogeniserades sedan med spade med samma teknik som tidigare nämnts. Därefter placerades den andra lysimetern, kallad L2 under experimentets fortsättning i ytan av gruvmaterialet. Nu tillsattes de sista sparade alkaliska materialet i kvarvarande gruvavfall i plastbaljan, detta homogeniserades med spade innan det slutligen lastades i tunnan, ingen homogenisering skedde i tunnan denna gång.

Den totala mäktigheten mättes upp med tumstock. Sista åtgärden som gjordes var att kontrollväga tunnan och jämföra mot det innan bestämda värdet, vågen hade som sagt inte samma noggrannhet som kalkylationen men det gav en bild om det skulle skett ett stort bortfall eller om vi räknat fel tidigare.

Rutin för provtagning

Varje tunna utrustades med tre lysimetrar, för att hämta ut prover ur dessa så användes en spruta med storleken 50ml som via en sprutkoppling kopplades direkt mot slangen, sedan sögs provet ut med hjälp av vakuumtrycket.

Provvattnet förvarades i tre olika vialer, 2 st. vialer med volymen 15ml där 10ml prov togs ut för varje vial. Det första 10ml provet märktes upp och reserverades för metallanalys, det andra prover märktes upp och reserverades för Tvåvärt Järn, (Fe (II)).

Den sista vialen hade storleken 50ml och hela volymen fylldes, provet märktes och reserverades för analys på pH, redox, elektronisk konduktivitet och alkanitet.

Dessa prover togs alltså ut för varje lysimeter vilket gav totalt 9 prov per tunna.

Innan varje provtagning så sögs 20ml milli-Q vatten upp i sprutan som sedan skakades om och tömdes, sedan upprepades rutinen mellan varje byte av lysimeter för att minska korspåverkan mellan lysimeterproven. Sprutan rengjordes en sista gång efter avslutad provserie (tunna).

En spruta användes per tunna, samma sprutor har använts genom hela provtagningsserien.

Rutin för analys redox, konduktivitet och pH

För analys på ovan nämnda parametrar så togs ett prov på ca 5,5ml ut i en 15ml vial från originalprovet, totalt roterades på 4 vialer under en provomgång, efter avslutad omgång så slängdes de fyra vialerna och fyra nya användes nästa omgång.

För analyserna användes ett kedjesystem där redox mättes först sedan flyttades samma vial vidare till nästa mätstation som var konduktivitet, sista mätstationen blev således pH.

Notera att pH elektroden kalibrerades innan varje analysserie.

Mellan varje prov så sköljdes och rengjordes elektroderna med milli-Q vatten.

Efter att ett prov gått igenom hela kedjan så slängdes provet och vialen rengjordes med tre vialvolymmer milli-Q vatten innan den sattes in i systemet igen.

Rutin för analys alkanitet

Alkaniteten mättes dagen efter provtagning, detta då det inte fanns tid att avklara allting första dagen, konduktiviteten tar också mest tid i anspråk då det tar lång tid att titrera prover med hög buffertkapacitet. När provtagningsfrekvensen gått ner så var det dock möjligt att genomföra allt under samma dag.

Titrerings maskinen som användes för analyserna av alkanitet var en Titroline Easy.

Innan analys påbörjades så kalibrerades Titroline med en pH 7 och en pH 4 blandning. För analys på alkaniteten togs ytterligare 10ml ut ur det stora 50ml provet, dessa mättes upp med en mätpipett om 2x5ml och placerades i en 50ml vial. Provet späddes sedan 5 gånger till totalt 50ml varefter provet omskakades i 5 sekunder innan analys.

Titrerings syran vi använde var 0,02 molarig Saltsyra (HCl).

Även vid alkanitetsanalysen användes 4 st. kärl om 50ml, dessa märktes med nummer 1,2,3,4 och samma siffra på korken. Detta för att undvika att lock och vialer bytte plats.

Prov 1 skakades och hölls sedan ned i en bägare, bägaren placerades i titreringsutrustningen där mättes pH upp mot tidigare uppmätt pH, syre tillsattes genom en pump för att undvika bildning av Kolsyra (CO_2). Den titrerade mängden syra noterades och sedan kastades prov 1 och utrustningen sköljdes, vial 1 rengjordes sedan med milli-Q vatten ca 20ml x 3 och korken rengjordes en gång. Sedan upprepades rutinen för vial 2, 3 och 4.

När vial 4 startades så bereddes en ny serie om 4 prover.

Utöver ovan nämnda rutiner så genomfördes också analys på tvåvärt järn enligt SIS 028129 men analys svaren kom tillbaka negativt på alla utvalda prover.

För Fe(II) så valdes omgång 1,2,3,4,5,6,7 och 10 ut. Eftersom inga av provresultaten kommit tillbaka som positiva så gjordes inga fler analyser mer avseende på Fe(II) men enligt provtagningsrutinen så fortsatte vi ta ut prover för tvåvärt järn om 15ml, dessa kan fortfarande användas i framtida analyser.

Alla metallanalyser är ej utförda av mig, däremot så har jag hjälpt till att späda samtliga prover.

Vid analys med avseende på metaller så gjordes först en testserie på omgång 13 för att ta fram spädningsskallningsfaktorer. Vi använde oss av spädningarna 2,10,100 och 1000.

Varje späddes med hjälp av mätpipett med en noggrannhet som var lämpad för uppgiften, spädningarna mättes upp i volymer om 10ml i vialer med storleken 15ml.

Eftersom x2 spädning tog längst tid att analysera så började jag med den och jobbade mig uppåt.

Varje prov tillfördes först konc syra, omskakades och sedan tillfördes en isotop av Rodium innan proves analyserades i ICP.

Under hela spädningsprocessen så användes handskar och spetsar på pipetterna byttes mellan varje prov.

2.2 Avgränsning

Experimentets begränsning gör det omöjligt att ge ett svar på om överdämning är ett långsiktigt alternativ även om försöket på kort sikt skulle visa sig framgångsfullt.

Två huvudfrågor kommer dock besvaras

- Kommer det alkaliska additivet att klara av att ge en ökad pH med hög stabil alkalinitet, och om så kommer det ge en ökad fastläggning av metaller.
- Är det något av de alkaliska additiven som lämpar sig mer än de övriga.

Dessa två frågeställningar kommer kunna besvaras.

3 Bakgrund

Sverige har haft gruvdrift i över 1000 år i varierande skala, malmfyndigheterna har spelat stor roll inte bara lokalt utan för Sverige som stormakt och välfärdsnation. Sverige har främst två typer av malmer som bryts, järnmalm som framförallt påträffas i de norra delarna av landet. Kirrunavaara och Malmberget är de två stora gruvorna i som producerar järnmalm, LKAB är största aktören.

I mellansverige dominerar Sulfitmalm, ur denna utvinns koppar, zink, bly och järn, Garpenbergs gruvorna är exempel på sulfidgruvor, Boliden är största aktören inom detta området.

Vid moderna anrikningsprocesser så använder man flotation för att anrika Sulfidmalm, restprodukten blir en sulfidsand som innehåller låga halter av sulfidmineraler. Idag så består Ca 70% av all gråberg³ och 85% av allt avfall från anrikningsverken som går till sandmagasin av material med härkomst från Sulfidgruvor. Sammanlagt så uppgår idag produktionen av avfall från sulfitgruvor till ca 43 miljoner ton. [5]

Sulfidavfall är den delen som står för majoriteten av de miljöproblem som kan kopplas till gruvdrift. Det som gör att det ofta uppstår väldigt komplexa problem är att det finns en rad förutsättningar som spelar roll för hur problemet artar sig. Man talar om sambandet mellan de fysikaliska, kemiska, biologiska och mekaniska processerna.

Oxidation

Oxidation är den största faktorn för hur ett gruvavfall beter sig, direkt gruvavfall kommer i kontakt med syre så påbörjas kemiska reaktioner mellan syret och de metallsulfider som återfinns i materialet.

När väl oxideringen av avfallet har satt igång så börjar materialet att vittra vilket leder till en pH-sänkning i de lakvatten som frigörs till omgivningen. En lägre pH leder till större friläggning av metaller som sedan följer med det sura lakvattnet och sprider sig ofta till närliggande recipienter. De största problemmetallerna är Zink, Koppar, Bly, Kadmium och Järn, varken Zink- eller Bly-sulfider har någon försurande förmåga och är därför av mindre vikt när det gäller just försurningsproblematiken. Oxidationsprocessen är helt beroende av syre, finns inget syre så stannar processen.

³ Gråberg är den restprodukt som sorteras ut redan innan malmen går till anrikning. Den kan variera i storlek och har ofta så pass låga halter att den går att återanvända som fyllnadsmaterial vid exempelvis vägbyggen.

Stekenjokk

Stekenjokk är ett exempel där man använt just överdämning för att behandla gruvavfall från en sulfidmalmsbrott. Gruvan var i drift mellan 1976 och 1988, innan gruvan lades ned så hade man tagit ut ca 8 miljoner ton malm och kvarlämnat ca 4,4 miljoner ton avfall. [5] För att förhindra att avfallet skulle börja oxidera så beslutade man att hela området skulle täckas med vatten, förutsättningarna var goda då det fanns tillgång till vatten och berggrunden hade också en naturligt hög kalkhalt. Efterbehandlingsprojektet kostade 25 Mkr och slutfördes 1991 [5] efter avslutat projekt så har uppföljningen pågått och den har visat på goda resultat, halterna i vattnet är förvisso högre än i den naturliga berggrunden men jämfört med vatten som kopplas samman med gruvavfall så är halterna låga. Det har nu gått så långt i ekosystemets utveckling att röding etablerat sig i sjön, metallhalterna i fiskarna som fångats in har varit lägre än i refrenssjöarna och inga negativa effekter har hittat på fiskarna.

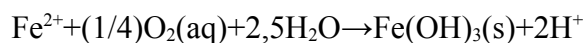
Magasin 4 Kristineberg

I forsknings projektet Mitigating the Environmental Impact of Mining Waste eller som det förkortas MiMi så har man kommit fram till att om inget görs för att begränsa syretillförsen till de gruvavfall som finns i Sverige idag så kommer effekterna att vara över tusen år framtåt. För att en åtgärds metod ska vara realistisk så måste den vara stadigvarande. En av de behandlingsmetoder som tillämpats är överdämning. För att sedan reglera pH så har man regelbundet kalkat sjön vilket har lett till att det nu finns ett tjockt gipstäck som täcker avfallet, pH varierar mellan 9-12. På lång sikt så hoppas man dock kunna etablera ett fungerande ekosystem i sjön, för att detta ska vara möjligt har man valt att leda Vormbäcken genom sjön, detta tillför ett tillflöde av sedimentpartiklar, växter och organismer, dessutom så är vormbäcken svagt försurad med ett pH på 6

Aciditet

Aciditet ska inte förväxlas med förorening, aciditet är ett mått på hur bra markens eller vattnets förmåga att avge vätejoner är. Man brukar definiera aciditet som totala förmågan att frigöra vätejoner som kan förbrukas, bildas i andra reaktioner eller förbli fria i lösningen.

Exempel



Tvåvärt järn oxiderar i vatten och bildar en järnoxid som får den klassiska rostutfällningen i vatten, i reaktionen bildas och 2 vätejoner.

Fe^{2+} brukar därför vara en indikator på en hög aciditet i vattendrag där den påträffas i höga mängder.

Alkanitet

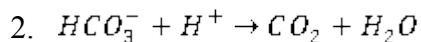
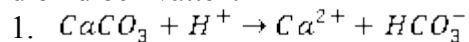
Alkanitet är ett mått på markens eller vattnets förmåga att neutralisera vätejoner ofta omnämns det också som buffertförmåga.

Oftast handlar det om karbonater eller hydroxidjoner som gör jobbet.

Ett väldigt enkelt exempel är när väte kommer i kontakt med en hydroxidjon och bildar vatten.



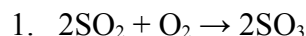
Ett annat exempel är när Kalciumkarbonat reagerar med en vätejon i två steg och bildar Koldioxid och vatten.



Svavel och dess försurande egenskaper

Svavel har stått för majoriteten av försurningen i Sverige, detta i formen av surt nedfall. Ursprunget till detta kommer ur eldning av fossila bränslen där Svavel ingår som en av föroreningarna.

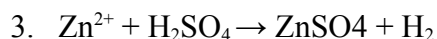
Exempel:



Svaveldioxid kommer i kontakt med syre och bildar svaveltrioxid



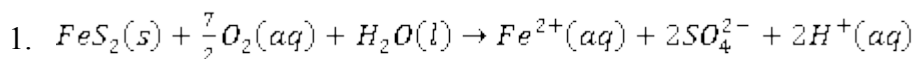
Svaveltrioxid reagerar med vattnet i luften och bildar Svavelsyra.



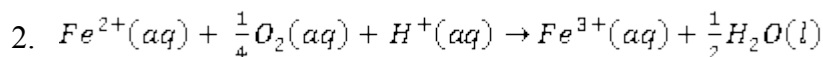
Svavelsyran avger sedan vätejoner genom att reagera med exempelvis zinkjoner.

Sulfidmineral reagerar också vid kontakt med syre. Sulfidmineralen bildas djupt nere i jordskorpan där det råder andra förhållanden i tryck och temperatur men framförallt syreförhållanden. När sedan mineralerna kommer upp i ytan så blir de instabila och börjar vittra.

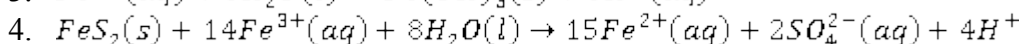
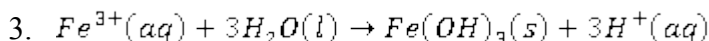
I sulfidmalmer så är det pyrit som är det mineral som ställer till med störst problem. Oxidationen av pyrit är en reaktion i flera steg.



När pyrit reagerar med vatten och syre, redan i första steget så bildas H^+ och Fe^{2+} , S omvandlas till SO_4^{2-} .



I steg två oxideras Fe^{2+} till Fe^{3+} och konsumerar i processen H^+



Efter att Fe^{3+} bildats så finns två möjliga reaktioner, antingen bildas $\text{Fe}(\text{OH})_3(s)$ eller så reduceras Fe^{3+} av pyrit till Fe^{2+} och S oxideras till SO_4^{2-} i båda reaktionerna bildas H^+ .

Trevärdigt järn verkar som ett starkare oxidationsmedel än syre för pyrit.

Det är inte bara järn som förekommer i sulfidmineral, andra metaller som kan tänkas förekomma i förhöjda halter vid vittring av sulfidmineral kan tänkas vara Ni, Cu, Co, Mn, Zn, Pb, Cd, Al [9]

Metallerna som kommer att analyseras

Aluminium

Förhöjda aluminiumhalter i vattendrag kan ofta kopplas till en grad av förorening i närliggande markområden. Aluminium är inte en löslig metall under normala pH förhållanden, men med en sjunkande pH så tillkommer också en ökad löslighet.

Vid pH 4 så är den trevärdiga aluminiumjonen dominerande i vattendrag, vid högre pH så är det främst i form av aluminiumhydroxid som metallen påträffas $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Det betyder att vid en sjunkande pH så kommer varje utfälld aluminiumjon att komma tre vätejoner att frigöras.

Aluminium är toxiskt för flera vattenorganismer och då framförallt i sura sjöar och vattendrag. [10] [13]

Riktvärdet i dricksvatten inom EU är satt till 100 mg/l men det påpekas också att detta värde ej är hälsobaserat utan är satt efter tekniska restriktioner. [12]

Kalcium

I sötvatten så härstammar allt kalcium från vittring av mineral, halten kalcium varierar därför kraftigt från sjö till sjö, man brukar använda Vänern som ett bra exempel på medelfördelningen då Vänern både får vatten från den betydligt kalciumfattigare norra avrinningsområdet och det kalciumrika södra avrinningsområdet. [13]

I Vänern så utgörs ungefär hälften av alla katjoner av Ca^{2+} -joner, detta ska dock tas med en nypa salt och framförallt så ska det beaktas vars man hämtar sina egna data ifrån.

Rent allmänt utgör dock Kalcium och Magnesium de vanligast förekommande katjonerna Kalcium är också ett mått på ett vattens totala hårdhet.

En ökad hårdhet i vattnet har kunnat visa sig ha minskade toxiska effekter hos vissa giftiga ämnen [13]

Riktvärdet i dricksvatten inom EU är satt till 100mg/l [12]

Kadmium

I Sverige så utgör kadmium inget problem i vattendrag idag, förhöjda kadmiumhalter kopplas till industriell verksamhet. Under riksinventeringen 00-01 så undersöktes 1163 sjöar och majoriteten av dessa visade på halter på 0,01 µg/l eller mindre.

Inget av ytvattenproverna visade på en högre halt än 0,2 µg/l [13]

Kadmium har också visat sig ha en betydligt mindre toxisk effekt på vattenlevande organismer än landlevande. [10]

Naturvårdsverkets riktvärden för kadmium i ytvatten styrs efter följande

Klass	Benämning	Cd (mg/kg TS)
1	Mycket låga halter	0,01
2	Låga halter	0,01-0,1
3	Måttligt låga halter	0,1-0,3
4	Höga halter	0,3-1,5
5	Mycket höga halter	>1,5

I SGUs miljöövervakningsprogram så finns enbart ett fåtal mätpunkter som faller under Måttligt höga halter, ingen punkt har klassats högre än så, SGU använder ett liknande bedömningssystem för grundvatten.

Klass	Benämning	Cd (mg/kg TS)
1	Mycket låga halter	<0,05
2	Låga halter	0,05-0,1
3	Måttligt låga halter	0,1-1,0
4	Höga halter	1,0-5,0
5	Mycket höga halter	>5,0

Gränsvärdet för kadmium i dricksvatten är 0,005 milligram per liter. [Livsmedelsverket]

Kobolt

Förhöjda halter av kobolt kopplas ofta till brytning av koppar och sulfidmalmer. Idag förknippas inte kobolt med förorenat ytvatten. De toxiska egenskaperna gäller främst inandning via luft.

Metallen räknas som ett spårämne då den utgör byggstenen i den essentiella vitamin B₁₂.

Riktvärdet för kobolt i förorenade vattendrag i södra Sverige är satt av naturvårdsverket och är som följande

Klass	Benämning	Co (mg/kg TS)
1	Ingen eller liten påverkan av punktkälla	<1,8
2	Trolig påverkan av punktkälla	1,8-9,0
3	Stor påverkan av punktkälla	9-45
4	Mycket stor påverkan av punktkälla	>45

Koppar

Koppar är relativt ovanligt som grundämne men är väldigt viktigt för de flesta levande organismer.

Metallen ackumuleras i biomassa och påträffas oftast i låga koncentrationer i vatten men kan ändå hålla flera gånger högre halter i vattenlevande organismer från samma vattendrag. Det har också visat sig att flera vattenorganismer är känsliga för höga kopparhalter, laxfisken Regnbåge har t.ex. visat en ökad infektionsrisk om kopparhalten överstiger 2 µg/l. [Mäta vatten]

Gränsvärdet för oss människor är dock betydligt högre, vid halter över 2 mg/l så bedöms vattnet att vara otjänligt som dricksvatten enligt livsmedelsverkets siffror.

För en vanlig sjö så är det normalt att ytvattnet håller en halt av mellan 0,5-3 µg/l

Järn

Järn påträffas i ytvatten främst genom vittring av bergmineral rika på järn.

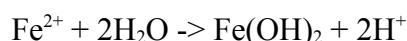
I vatten så påträffas järnet i två former, som Fe (II) och Fe (III). Oxidationsstadiet bestäms av vattnets oxidationsförmåga.

I väl syresatta vatten så är Fe (III) dominerande, i denna formen är järn också betydligt mer svårlösligt. Om det blir syrebrist eller om pH sjunker så kommer järnet gå över i sin tvåvärda form, följden blir en betydligt högre löslighet.

I grundvatten är mycket höga halter av järn inte ovanligt av ovannämnda skäl.

I ytvatten däremot så är det normalt med halter under eller mycket under 200µg/l beroende av berggrund.

Om ett syrefattigt vatten exponeras för syre så kommer det tvåvärda järnet att falla ut som järnhydroxid, detta leder till att koncentrationen av vätejoner ökar.



Till skillnad från många övriga metaller är järnhalten alltså inte direkt pH beroende utan istället går det att korrelera syrgashalten med järnhalten där en lägre syrgashalt medför högre halter av järnjoner då Fe(II) har en ökad mobilitet.

Kalium

Kalium förekommer rikligt i främst fältspat och olika glimmermineral.

Kalium används i olika legeringar och är också nyckelämnet vid tillverkning av kristallglas, som miljöförorenande ämne är det i princip obefintligt, det kan i kombination med kraftig övergödning av fosforberikat gödsel leda till övergödning.

Människor har ett RDI på ca 3,5g/dag och klarar av betydligt högre halter utan negativa effekter. [Livsmedelsverket]

Magnesium

Utgör tillsammans med Kalcium den talrikaste positiva jonen som påträffas i ytvatten, är styrande för hårdheten av vattnet. Hårdheten har visat sig ha viss minskande effekt av giftiga ämnens toxiska egenskaper. [13]

Magnesium är också ett viktigt ämne för kroppen då det styr nerv och cellfunktioner.

RDI ligger på 280mg/dag för kvinnor och 350 mg/dag för män.

Mangan

Mangan uppträder i ytvatten naturligt genom vittring och liknar järn i sitt uppträdande men mangan förekommer i betydligt lägre koncentrationer.

Mangan (IV) dominerar i syresatta vatten, Mangan (II) förekommer i vatten med låg syrgashalt.

Mangan är essentiellt för växters klorofyllbildning, om mangan däremot förekommer i höga halter så kan det vara skadligt för organismer.

Vid höga halter så kommer manganhalten att leda till en kraftig färgning av vattnet.

I Manganrika områden så har den så kallade surstöten visat sig kunna medföra kraftiga ökningar av halten mangan i ytvattnet i nedströmsliggande sjöar.

Livsmedelsverket har satt ett gränsvärdet på 0,050mg/dag i RDI.

Nickel

Nickel är en tungmetall som förekommer i samband med koppar, kobolt och järn, den är tämligen vanligt förekommande i sulfider och också i arsenider.

Metallen används till olika typer av legeringar för att härda andra metaller, största mängden går åt till tillverkning av rostfritt stål.

Människor kan drabbas av nickelallergi, enligt kemikalieinspektionen så är upp till 40% av alla kvinnor i Sverige drabbade av nickelallergi. Ämnet kan också hämma vissa enzymprocesser. [13]

Klass	Benämning	Ni (mg/kg TS)
1	Mycket låga halter	<0,07

2	Låga halter	0,7-15,0
3	Måttligt låga halter	15,0-45,0
4	Höga halter	45,0-225
5	Mycket höga halter	>225

De alkaliska additiven

Kalkgranulat

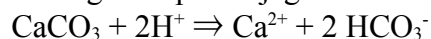
Kalkgranulat bildas när man avhärdat vatten, vanligen från vattenverk. Granulen bildas genom att man har en bädd av fin sand som hålls svävande i uppåtriktad ström av kalkrikt vatten i

vattenverk, kommer man få en kalciumkarbonat-beläggning på sandkornen. När kornet fått en stor nog beläggning så kommer det att sjunka till botten och det är egentligen nu som det kallas kalkgranulat.

Granulerna i de här försöken kommer från Uppsala Vatten. Vid lakning av granulerna får man ett pH på runt 8.

Kalkgranulat är egentligen alltså ren kalciumkarbonat och är egentligen inte en restprodukt i sin rätta benämning då den har många positiva egenskaper som uppskattas.

Den egenskap som jag var ute efter är dess neutraliserande egenskaper.



Det är därför att vänta förhöjda halter av kalcium, kalciumhalten kommer alltså bli en slags indikator på hur effektiv buffringsprocessen är.

Grönlut

Grönlut är en produkt som kommer från pappersmassa industrin och bildas när svartluten förbränns i sodapannan.

Huvudbeståndsdelarna är främst Natrium sulfid (Na_2S), Natriumkarbonat (Na_2CO_3) och Natriumsulfat (Na_2SO_4)

I försöket så är det natriumkarbonaten som är intressant då den har samma förmåga att buffra genom att bilda vätekarbonat som Kalciumkarbonaten.

Förhöjda halter av natrium är att vänta i tunnan som använder grönlut som additiv.

Mesakalk

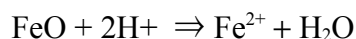
Mesan liknar Kalkgranulaten då den har samma kemiska sammansättning av kalciumkarbonat men innehåller också fraktioner av släckt kalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Mesan skiljer sig också från granulaten då den har en större aktiv yta och en lägre TS halt.

Det förväntade är att mesakalken i stort bör bete sig som kalkgranulaten men att buffringsprocessen bör gå något snabbare.

LD-sten

LD-sten är en restprodukt som bildas vid ståltillverkning. Materialet har väldigt höga metallhalter i kombination med en hög pH. Detta gör att tillämpningsområdena för materialet är starkt begränsat. Metallerna är bundna som oxider och hydroxider, exempelvis järnoxid (FeO) och Kiseloxid (SiO₂).

Det höga pH-värdet som kan gå så högt som 12,5 gör dock att materialet blir intressant gällande fastläggning av metaller i kombination med hydroxid och oxidernas buffrande förmåga.



I tunnan med LD-sten bör det förekomma förhöjda halter av de metaller som tillförts via additivet men i vilken omfattning är oklart, framförallt så kommer det inte ge någon större påverkan i förhållande till gruvavfallets metallhalter.

Filterkalk

Filterkalken är en restprodukt som bildas då man bränner kalksten för att ta fram kalkprodukter inom kalkindustrin.

Huvudbeståndsdelen är Kalciumkarbonat (CaCO₃) det finns även lite bränd kalk (CaO).

Frövi-aska

Askan bildas genom förbränning av bark, olika typer av trärester, samt bio och fiberslam. Vid förbränningen används också olja.

Askan innehåller metaller som är bundna som hydroxider och oxider.

4 Resultat

Redovisning av tunnornas innehåll, nedan så redogörs invägningsresultaten från tunna JT1-JT0. Inledande text förklarar termerna som kommer användas. Vikt tunna innebär den totala vikten av enbart tunnan, locket är subtraherat då detta ej är inräknat i någon av övriga invägningar. Vikt lastad innebär den totala vikten av tunnan efter att den lastats med gruvavfallet. Vikt avfall innebär värdet som får ut genom att subtrahera "vikt tunna" från "vikt lastad". Vikt alkaliskt innebär att 15% alkaliskt additiv adderats baserat på att "vikt avfall" utgör 85% av totala massan. "Total vikt" innebär den matematiskt uträknade totala vikten på tunnan. "Invägd vikt" är den vikt som vågen angav, detta för att kontrollera att allt stämde överens. "Vikt vattnad" är den totala vikten efter att vatten tillsatts och tunnan mättats. Fördelning jord/vatten redovisas i de två sista raderna.

Tunna 1	Kalkgrannul
Vikt Tunna	1,457
Vikt Lastad	38,800
Vikt Avfall	37,343
Vikt Alkaliskt	6,590
Total Vikt	45,390
Invägd Vikt	45,400
Vikt Vattnad	65,700
"jord"	69%
"vatten"	31%

Tunna 2	Aska
Vikt Tunna	1,472
Vikt Lastad	38,700
Vikt Avfall	37,228
Vikt Alkaliskt	6,570
Total Vikt	45,270
Invägd Vikt	45,250
Vikt Vattnad	64,600
"jord"	70%
"vatten"	30%

Tunna 3	Grönlut
Vikt Tunna	1,434
Vikt Lastad	40,300
Vikt Avfall	38,866
Vikt Alkaliskt	6,859
Total Vikt	47,159
Invägd Vikt	47,200
Vikt Vattnad	64,650
"jord"	73%
"vatten"	27%

Tunna 4	Mesa
Vikt Tunna	1,446
Vikt Lastad	38,000
Vikt Avfall	36,554
Vikt Alkaliskt	6,451
Total Vikt	44,451
Invägd Vikt	44,400
Vikt Vattnad	64,300
"jord"	69%
"vatten"	31%

Tunna 5	LD-sten
Vikt Tunna	1,878
Vikt Lastad	42,500
Vikt Avfall	40,622
Vikt Alkaliskt	7,169
Total Vikt	49,669
Invägd Vikt	49,700
Vikt Vattnad	70,000
"jord"	71%
"vatten"	29%

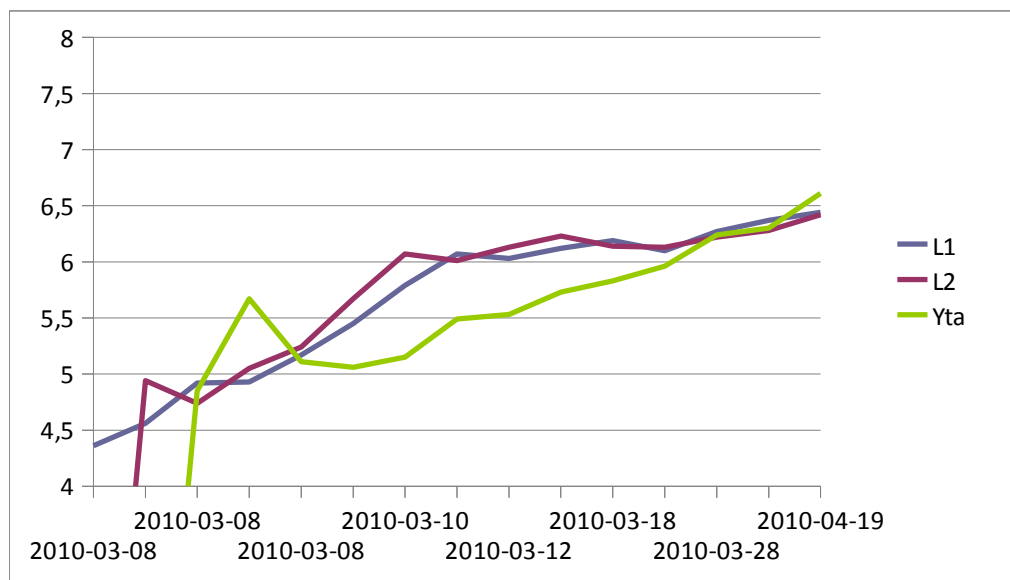
Tunna 6	Filterkalk
Vikt Tunna	1,480
Vikt Lastad	37,500
Vikt Avfall	36,020
Vikt Alkaliskt	6,356
Total Vikt	43,856
Invägd Vikt	43,850
Vikt Vattnad	61,450
"jord"	71%
"vatten"	29%

Tunna 0	Referens
Vikt Tunna	1,480
Vikt Lastad	38,250
Vikt Avfall	36,770
Vikt Alkaliskt	6,489
Total Vikt	44,739
Invägd Vikt	44,750
Vikt Vattnad	65,600
"jord"	68%
"vatten"	32%

Tabell 5.1 Visar invägda resultat för JT1,2,3,4,5,6 och JT0

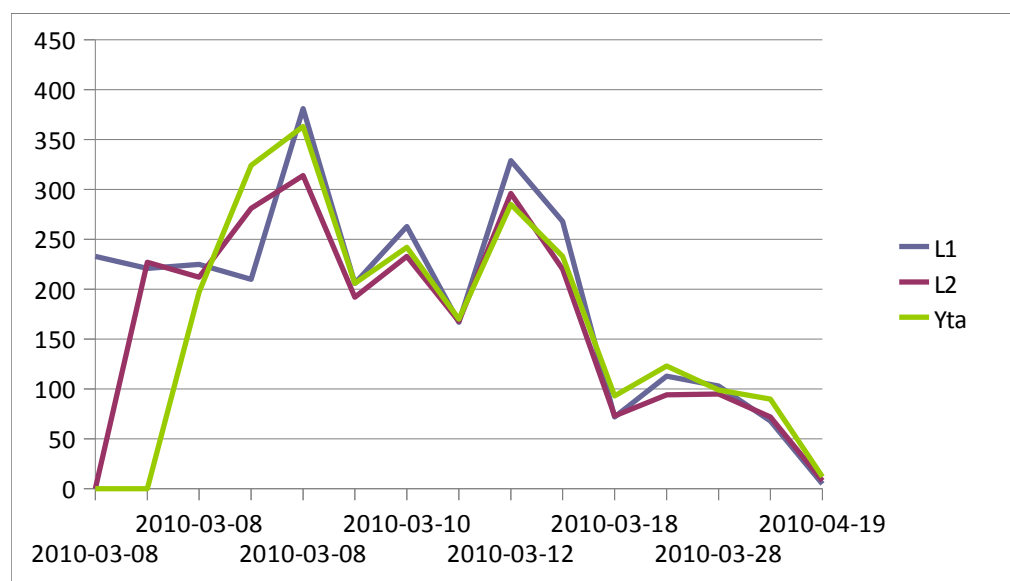
4.1 JT1

JT1 har visat en positiv utveckling gällande pH, den var långsam i starten men har nu en stadigt ökande trend, L1, L2 och Yta har närmat sig en jämviktsfördelning av vätejoner. Samtliga lysimetrar ligger inom samma pH område, ytvattnet som till en början var trög har dock börjat dra ifrån L1 och L2. Alla lysimetrarna ligger strax över eller under pH 6,5.



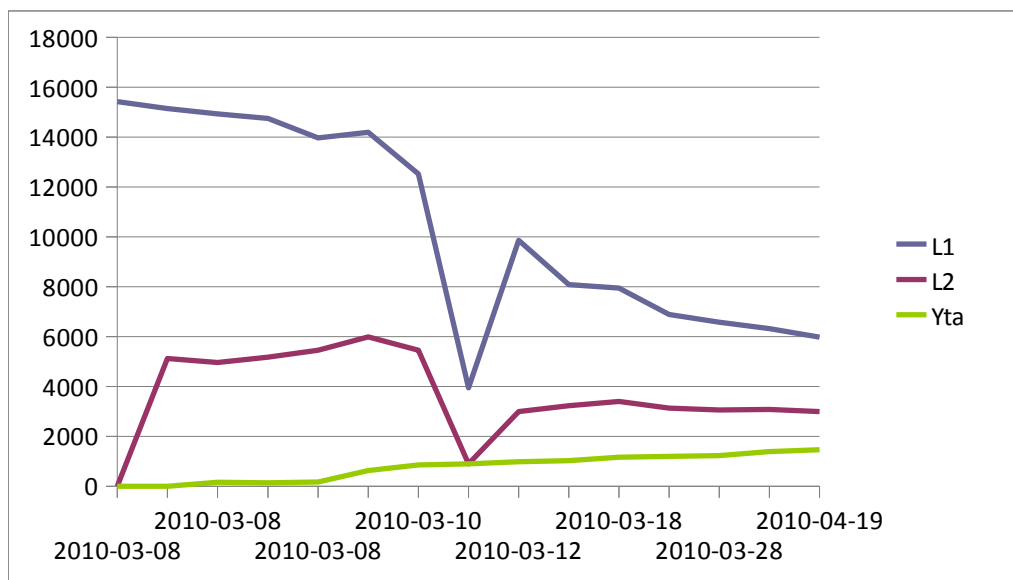
Figur 5.1 pH-utvecklingen i tunna JT1

Redoxkurvan kan verka svårtolkad men som det syns i slutet så har felkällan korrigerats vilket leder till att i slutet så pekar trenden stadigt nedåt, även här så följer L1, L2 och Yta varandra. på grund av störningen från JT0 så är det svårt att avgöra vars JT1s verkliga redox har legat. Trots korrigeringen så har den dock i slutet ej passerat över till negativa mV utan ligger strax över, L1 är närmast med 5mV på sista mätningen.



Figur 5.2 Redox-utvecklingen i tunna JT1

Konduktivitetskurvan visar även den en stadig trend där kurvan börjar plana ut, L1 och L2 är helt klart separerade, notera att när Ytlysimetern börjar stiga i halt så sjunker också L2 något. Hacket i den annars "perfekta" kruvan har inte kunnat förklaras, värdet redovisas trots att det troligast ej är relevant för resten av kurvans utveckling.

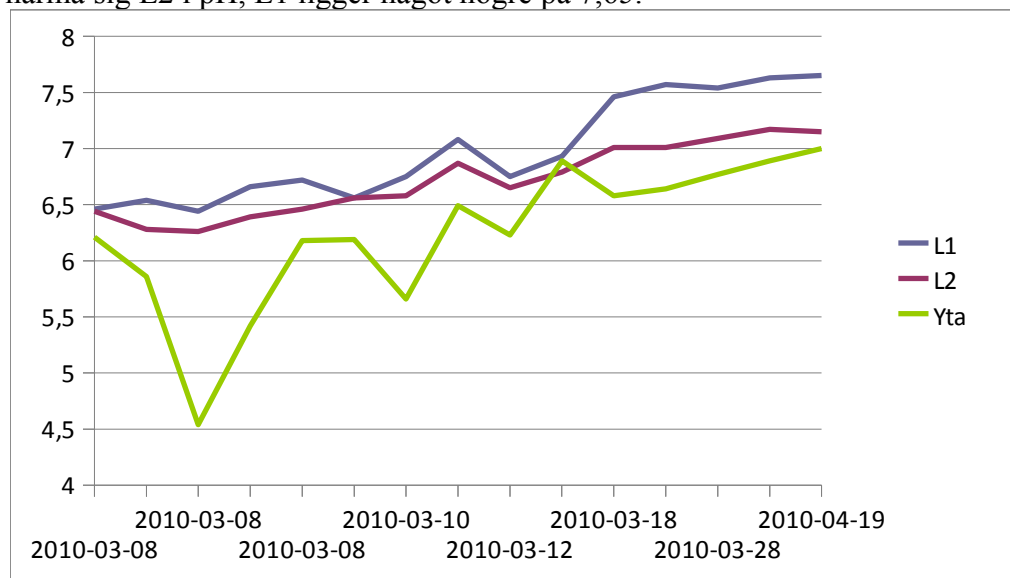


Figur 5.3 konduktivitets-utvecklingen i tunna JT1

JT1 har trots allt haft en god reducering i konduktivitet och L1 ligger högst med 5890 mS/cm. JT1 har den dåligaste förmågan att reducera zink av alla tunnor med undantag för refrenstunnan. L1 ligger på 80ppm medans L2 är något bättre på 10,03. Den höga konduktiviteten beror dock sannolikt på den höga halten magnesium i proven. L1's magneisumhalt låg på 2231 ppm sista mätomgången.

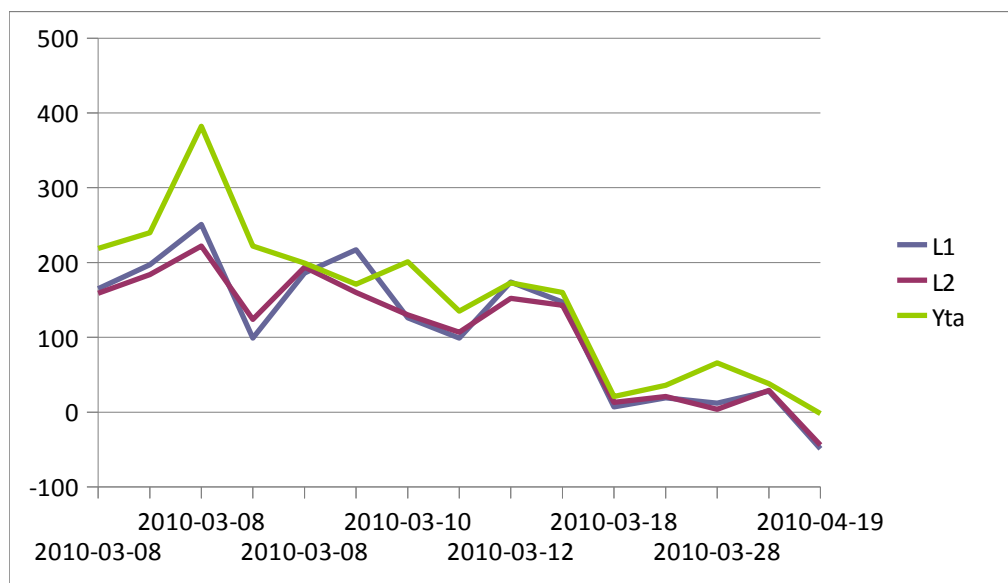
4.2 JT2

JT2 har ännu inte någon jämn fördelning mellan andelen vätejoner, framförallt så verkar L1 fortsätta stiga medans L2 stagnerar mer och mer på bekostnad av Ytläsimetern som börjar närma sig L2 i pH, L1 ligger något högre på 7,65.



Figur 5.4 pH-utvecklingen i tunna JT2

Redoxkurvan i JT2 pekar stadigt nedåt och har nu gått över till den negativa sidan, ytvattnet verkar ha en liten tröghet men följer i stora drag de övrigas utveckling. Störst skillnad är det i L1 där redox startade på 165, sista omgången hade redox sjunkit till -44 mV.



Figur 5.5 Redox-utvecklingen i JT2

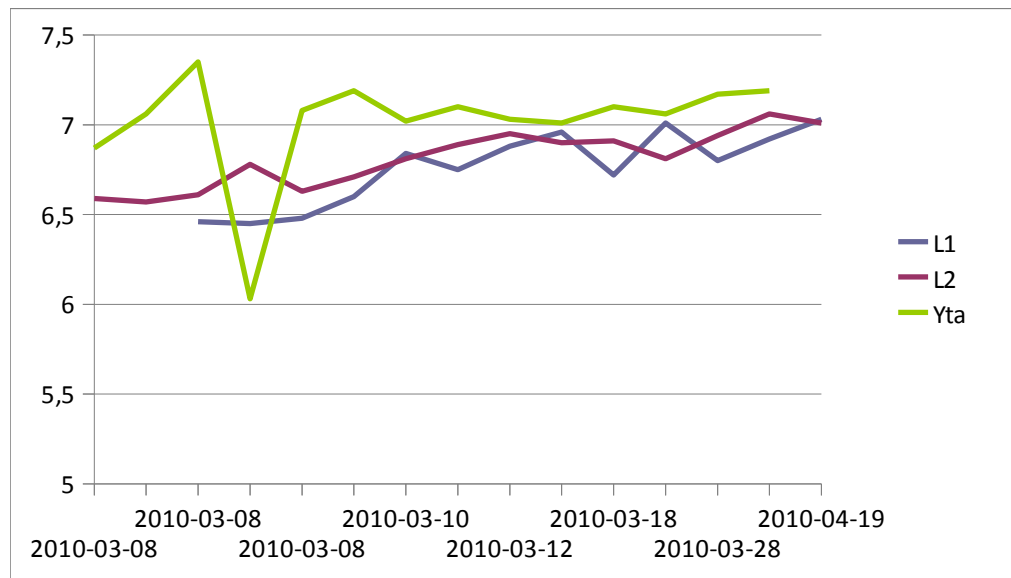
Konduktiviteten pekar något nedåt men utvecklingen går långsamt, L2 verkar ha planat ut för att nu peka uppåt i sista mätomgången, hurvida det är en tillfällig fluktation eller inte är omöjligt att säga. L1 ligger förhållandevis högt på 12830 mS men har sjunkit sen pH passerade 6,5.

JT2 har framförallt förhöjda halter av kalium som reducerats måttligt mot slutet av analysperioden men som fortfarande ligger på 3247 ppm i sista mätomgången. Natrium har ökat och ligger på 1258 ppm.

4.3 JT3

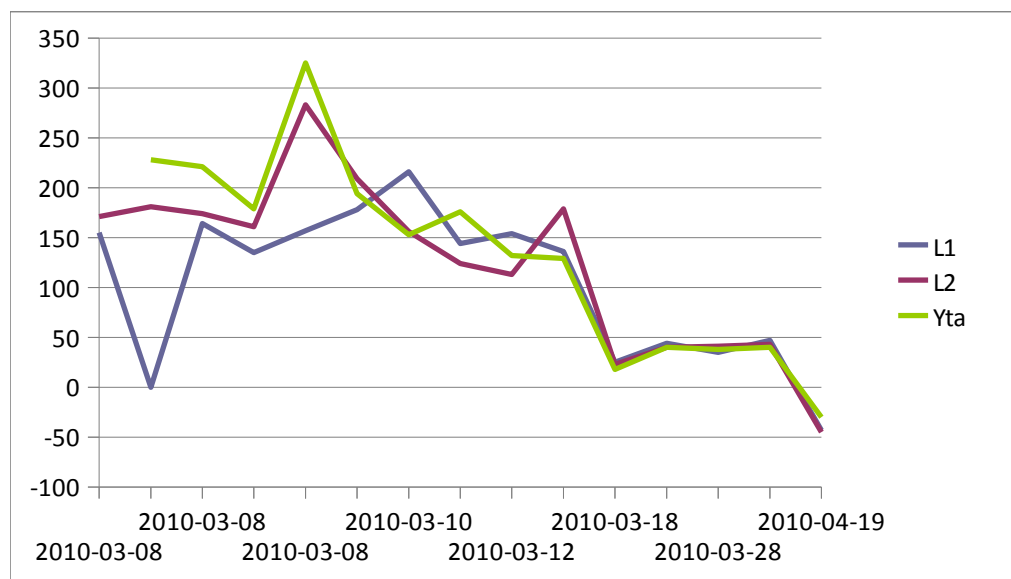
JT3 har en rätt svårtolkad utveckling i pH, den har en trend som inte ger ett jämt resultat utan beter sig ganska oförutsägbart, någon typ av utplaning går ändå tyda, L1 och L2 verkar följas åt medans Yta lägger sig några enheter över de övriga två. Jämfört med de två tidigare kurvorna så får man ändå benämna "pHtrenden" som svag.

Sista provtagningen är första gången alla tre lysimetrar passerat pH 7, Yta ligger något över de två andra med 7,19.



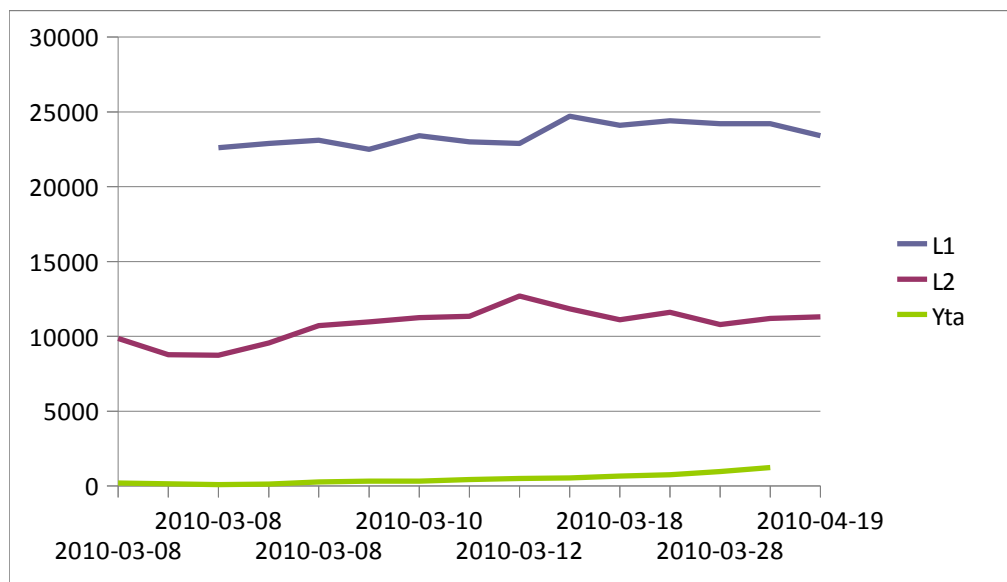
Figur 5.6 pH-utvecklingen i tunna JT3

Redoxkurvan pekar stadigt nedåt, till en början verkade L1 gå en helt egen väg men har efterhand anpassat sin utveckling till de övriga två, nu verkar de följa varandra. Alla lysimetrar har passerat in på negativa mV under sista provomgången.



Figur 5.7 Redox-utvecklingen i tunna JT3

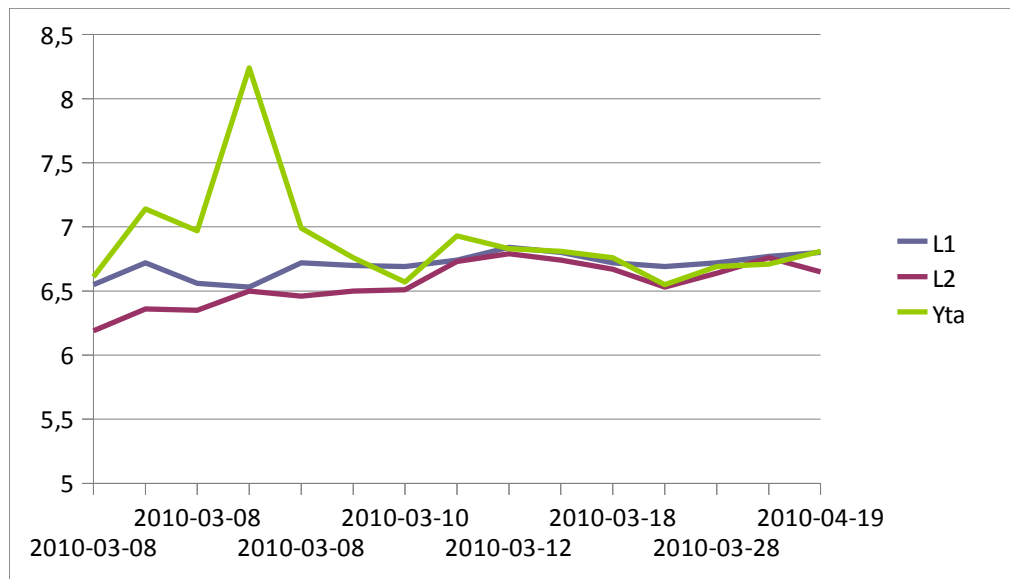
Den höga konduktiviteten i L1 visar inga direkta tecken på att avta utan har legat stabilt mellan 23 000 - 24 000mS/cm , liksom L1 verkar L2 inte stabilisera sig riktigt, kan bero på att Yta börjat röra uppåt. L2 har ökat från 9800mS till 11 300mS, Höga halter av natrium påträffas i alla tre lysimetrarna men i L1 är den högst på 6681 ppm. Förutom höga halter i natrium har JT3 också problem att reducera zink och magnesium. Zinken i L1 ligger på 8,01 ppm och Magnesiumhalten har ökat med 18,7% till 3353ppm.



Figur 5.7 Konduktivitets-utvecklingen i tunna JT3

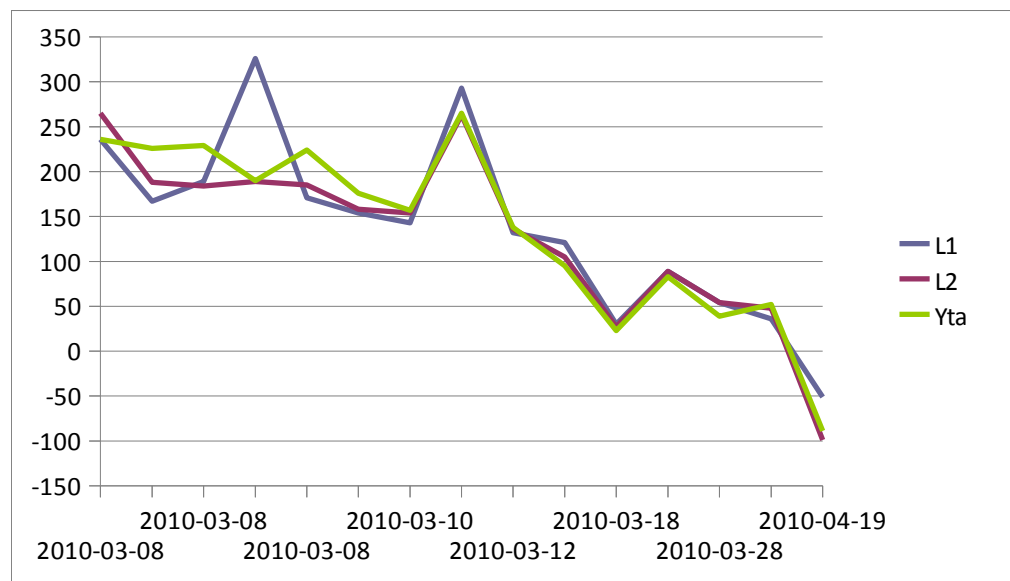
4.4 JT4

JT4 har en pH kurva som mer eller mindre planat ut, L1,L2 och Yta följer alla varandra, det förhöjda ytvattenprovet anses inte vara relevant för kurvans utveckling och kan därför bortses från. L1 har stigit med 0,25 pH enheter under mätperioden från 5.55 till 5.8. L2 startade något lägre och ha till 5.65, Yta har rört sig minst sen första mätomgången och ligger nu i nivå med L1 på 6,81.



Figur 5.8 pH-utvecklingen i tunna JT4

Redoxkurvan i JT4 pekar stadigt nedåt, det går inte att särskilja de tre lysimetrarna utan de följer varandras utveckling. L2 och Yta ligger på ungefär samma nivå med -99 resp -89 mV medans L1 har en något högre -51 mV.



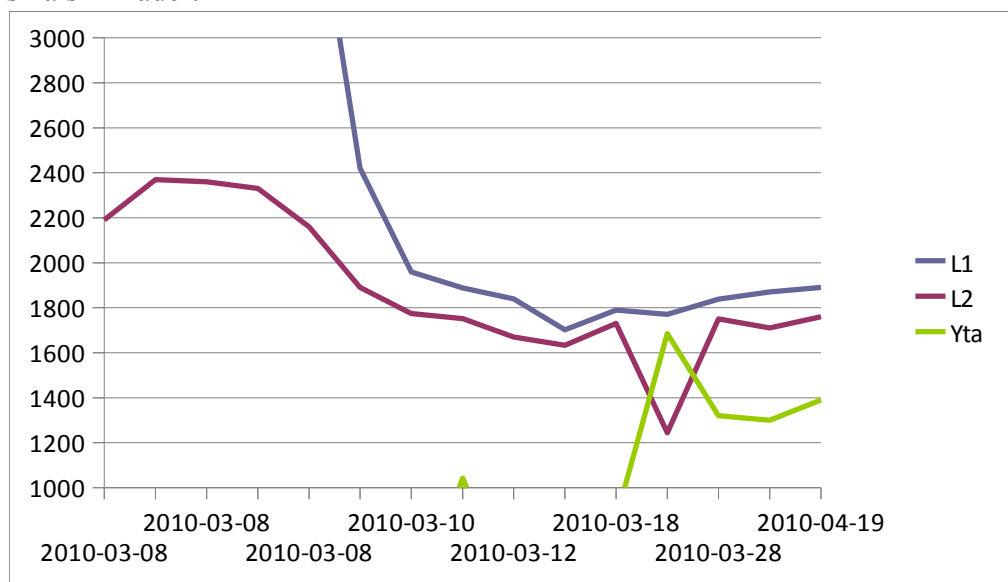
Figur 5.9 Redox-utvecklingen i tunna JT4

JT4 har visat sig ha problem att reducera vissa av de analyserade ämnena, i sista mätomgången är det framförallt zink på 9,19 och 8,28ppm som sticker ut, dessutom så är magnesium på 1618 ppm (L1) och 838 ppm (L2) med bara en reduktion på drygt 32% i L1.

4.5 JT5

JT5 är den av tunnorna som visat störst potential, som figur 5.10 visar så har JT5 nått det optimala pH-området på över pH 8. L1 låg vid sista mätningen på pH 9,78, L2 stannade något

lägre på 9,08 och lägst la sig Yta med 8,81 i pH. Redox har efter senaste mätningen passerat -140 mV för L2 och Yta, L1 har en lite trögare utveckling men ligger uppmätta till -66 mV. Alla tre lysimetrarna faller alltså under klass 3 i naturvårdsverkets mått för reducering. Konduktiviteten har mer eller mindre stabiliserat sig, det sker fortfarande en viss förändring, intressant är att mot slutet så har konduktiviteten ökat i alla tre lysimetrar om än med väldigt små skillnader.



Figur 5.9 I diagrammet syns den ökande konduktiviteten, notera att Yta och L2 är förväxlade i mätpunkten 18:e Mars.

Alkaliniteten i JT5 är förhållandevis låg men ökande, den är fortfarande svag i jämförelse med de karbonatrika additivens utveckling exempelvis JT3.

JT5-L2 visar på en 99,9% reducering av metallerna Al, Cd, Co, Mn, Pb, Zn och på Cu, Fe och Mg så är reduceringen mellan 96-99,4%.

I JT5 L1 så är reduceringen bättre, alla metaller reduceras med >99,8%

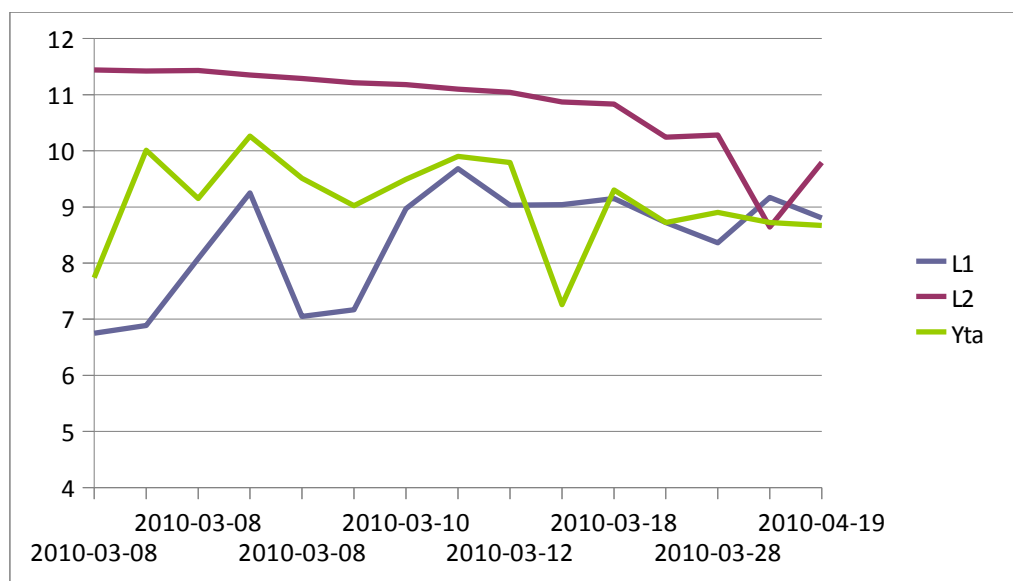
Zink reduceras exempelvis från 611 ppm till 0 ppm (omätbart)

Inga av de analyserade metallerna överstiger gränsvärdet för lakvatten från en modern gruvdeponi.

4.6 JT6

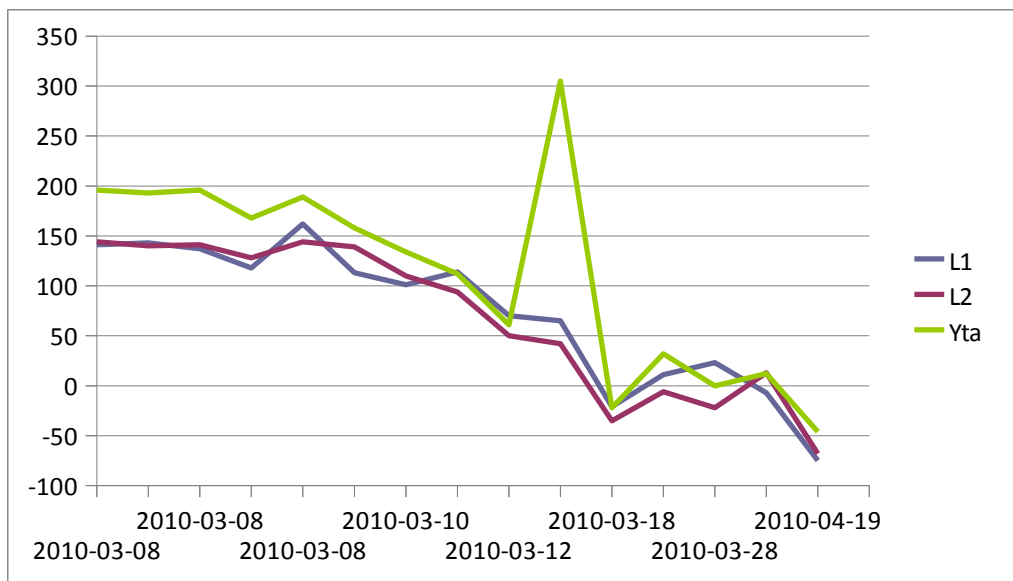
JT6 har en avvikande pH utveckling, pH har sjunkit de senaste omgångarna och nu ligger L1 på pH 8,8, L2 som nästan hela tiden legat över pH 11 har sjunkit ned till 9,79.

Yta verkar lägga sig på samma nivå som L1 med sin pH på 8,67



Figur 5.10 pH-Kurvans utveckling

Redox visar en liknande utveckling med övriga tunnor, alla tre lysimetrar har gått över till negativt utslag. Inget pekar ett avstannande, L1 har lägsta värdet med -75 mV



Figur 5.11 Redoxkurvan för tunna JT6, toppnoteringen i yta påverkad av felkälla

JT6 har en förhållandevis låg alkalinitet, majoriteten av tunnorna ligger högre, detta i kombination med ett högt pH borde ge förutsättningar för en hög reducering men trots förutsättningarna så är reduceringen av vissa metaller inte tillräckligt bra.

De två metallerna som ställer till störst problem är Zink och koppar, båda har en dålig reducering i L1 och ligger på 5,9 resp 4,2 ppm.

4.7 JT0

JT0 är refrenstunnan och är tänkt att spegla vad som sker vid en överdämning av gruvmaterial om man inte tillsätter ett alkaliskt additiv.

På pH så syns redan stora skillnader, analyserna visar att alla tunnan är starkt försurad med ett pH på mellan 2,54 (L1) och 3,05 (Yta).

Redox är högst av alla prover och den sänkning som faktiskt skett under försökets tidspann är minimal i jämförelse med övriga tunnors. L1 ligger på 470 mV och Yta har klättrat ner till 197 mV.

Konduktiviteten är lägre än väntat men då ska man komma ihåg att materialet redan har lakat ur stora mängder metaller under sin "levnadstid" medans de övriga tunnorna har fått ett tillägg på 15% ovittrat material.

Reduceringen i refrenstunnan ligger på mellan 24 och 30% på metaller med undantaget för bly som har 53% reduktion i L1.

Minskningen av bli i L1 avspeglar sig dock i en ökning av blyhalten i L2 med 44%

Störst reduktion i L2 utgörs av aluminium som ligger på 772,1 ppm och har gjort en reduktion med över 60%.

Utgångshalterna i JT0 gör dock att även om reduktionen skulle vara 90% så skulle ändå metallhalterna vara alldeles för höga.

Invägning av gruvavfall

		minus burk
Burk vikt	40,18	(g)
B1	1908,58	1868,4
B2	1825,87	1785,69
B3	1845,24	1805,06
B4	1802,1	1761,92
B5	1856,6	1816,42
B6	2019,55	1979,37
B7	1882,87	1842,69
B8	1816,5	1776,32
B9	1842,98	1802,8
B10	1886,36	1846,18
	Medel:	1828,485

Burk volym (ml) 1450

g/ml 1,26102414

g/dm³ 1261,02414

5 Diskussion

Jag har haft svårt att ta fram riktiga jämförelsevärden då hela projektet går emot normen. Vilka resultat är egentligen relevanta, är halterna i det mättade gruvavfallets "lakvatten" av intresse eller ska jag fokusera på ytvattnet som faktiskt är det vatten som omgivningen kommer exponeras för.

Resultaten i sig är väldigt spännande då den generella linjen inom området har varit att förkasta denna typen av behandling på vittrat gruvavfall. Ytterligare ett problem är att jag har data för det första 30 dagarna, det är väldigt svårt att dra konkreta slutsatser utan att göra allt för stora antaganden. Jag ska därför hålla mig till ren fakta och peka på trender presenterade tunna för tunna.

JT0, referenstunnan får ses som opåverkad och speglar därför en möjlig utveckling vid överdämning utan alkaliska additiv.

Jag har valt att bortse från de första 48 timmarna när jag räknat på reduktion då jag anser att under första 48 timmarna så råder det inte en riktig jämviktsfördelning, det finns flera exempel på detta i i data hämtat från lysimetrarna samt att vi inte har fullständiga data från alla punkter. I diagram 5.1 så illustreras exempel på detta.

Vad detta beror på kan diskuteras, jag ser flera faktorer, dels har vi en oproportionerlig omsättning av vatten under första 24 timmarna med 6st provtagningar, eftersom vattnet grummlades av det tillsatta vattnet så beslutades att inget nytt vatten skulle tillföras första provomgångarna.

Dvs vi tog bort 80ml * 4 utan att tillföra nytt vatten, efter detta så tillkom nytt vatten.

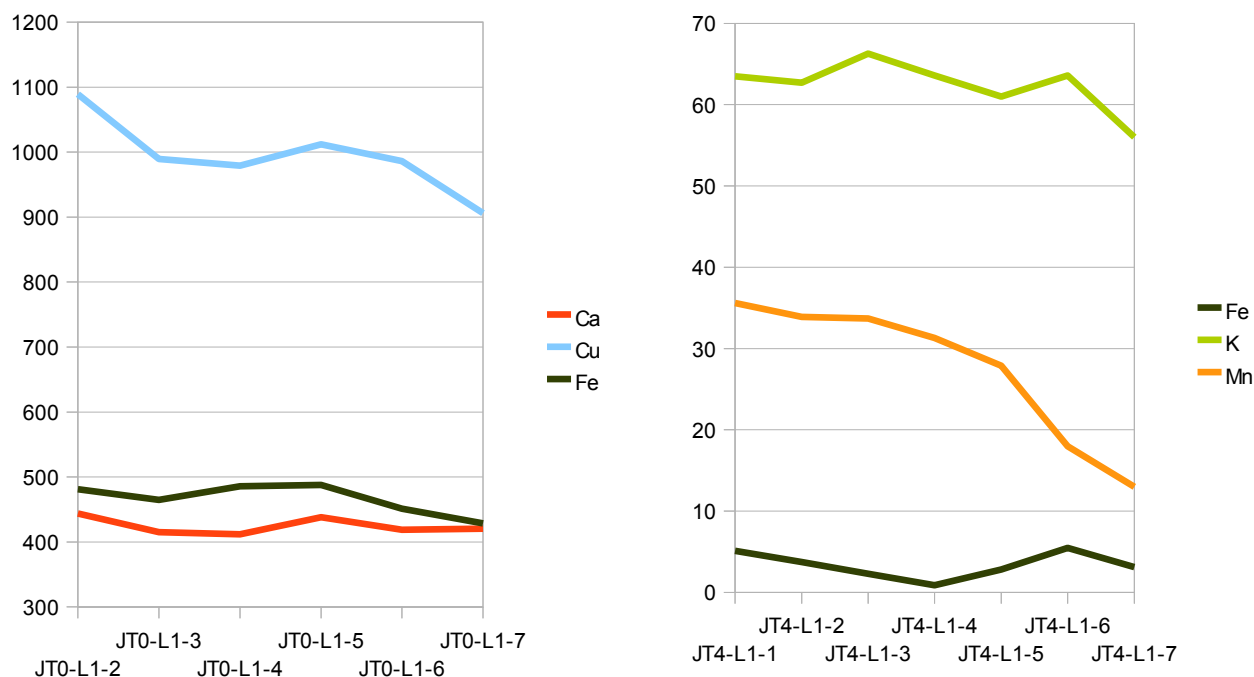


Diagram 5.1 Återkommande trender över de första 48 timmarna där halterna både stiger och sjunker. Exemplet är hämtat från JT0 och JT4 men samma trender går att spåra i alla tunnor.

Dels så är inte tunnorna helt mättade under första provomgångarna, jonfördelningen är inte helt rättvis.

I JT0 så har vi t.ex. stigande halter fram till omgång 5 på kalcium, koppar och järn, dessa är sedan sjunkande fram till sista mätomgången. I tabell 5.1 kan man se att störst reducering erhålls på bly, detta kan förklaras med att bly också är den metall som bäst adsorberar även vid lägre pH. Redan vid pH 4 så erhålls en 80% adsorption. [9] Kalcium är det ämne som visar sämst reducering med undantag för alkalierna kalium och natrium som faktiskt visade ökade halter. Även detta är i lag med det förväntade då kalcium kräver ett högt pH innan den börjar adsorberas.

Halter i mg/l	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT0-L1-7	4267	420,6	16,15	4,68	0,09	906	428,8	1,5	5146	240,1	13,7	0	1,59	11800
JT0-L1-14	3870	417,2	14,41	4,31	0,08	807,2	364,4	1,8	4640	209,5	14,6	0	0,21	10820
Reducering %	9%	1%	11%	8%	9%	11%	15%	-20%	10%	13%	-7%	0%	87%	8%

Tabell 5.1 Tabellen visar på reduceringen vid mätningar på L1 i Referenstunnan räknat efter 48 timmar från T0.

Det råder skillnader i resultaten mellan L1 och L2, genomgående för alla tunnor är trenden tydlig, i L2 så erhålls en större reducering. Detta kan förklaras genom att en högre andel av de analyserade parametrarna övergår till ytvattnet. Kalcium fortsätter att visa samma utveckling. Här ökar halten med 2%. Bly erhåller en 44% reducering medan aluminium visar på en 53% reducering, att betänka är dock att aluminium visar på ökade halter i ytvattnet medan bly har en med stagnerande kurva. Vilket också återspeglas i diagram 5.2

Halter i mg/l	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT0-L2-7	1658	369	7,39	2,19	0,05	396,1	203,2	1,6	2046	94,3	14,65	0	1,79	4892
J10-L2-14	772,1	375,5	4,96	1,47	0,03	264,4	126,6	0,62	847,9	60,8	11,06	0	1,01	3112
Reducering %	53%	-2%	33%	33%	29%	33%	38%	61%	59%	36%	24%	0%	44%	36%

Tabell 5.2 Tabellen visar reduceringen vid mätningar på L2 i referenstunnan efter 48 timmar från T0.

Ett problem med ytvattenproverna är dock att lysimetrarna varit fixerade vid ett fast djup, det betyder att vissa lysimetrar kan ha legat väldigt nära gruvmateriallets yta medans andra kan ha placerats nära ytvattnets yta. Det gör att det är svårt att lita på resultaten från en tunna kontra en annan gällande ytvattenhalter.

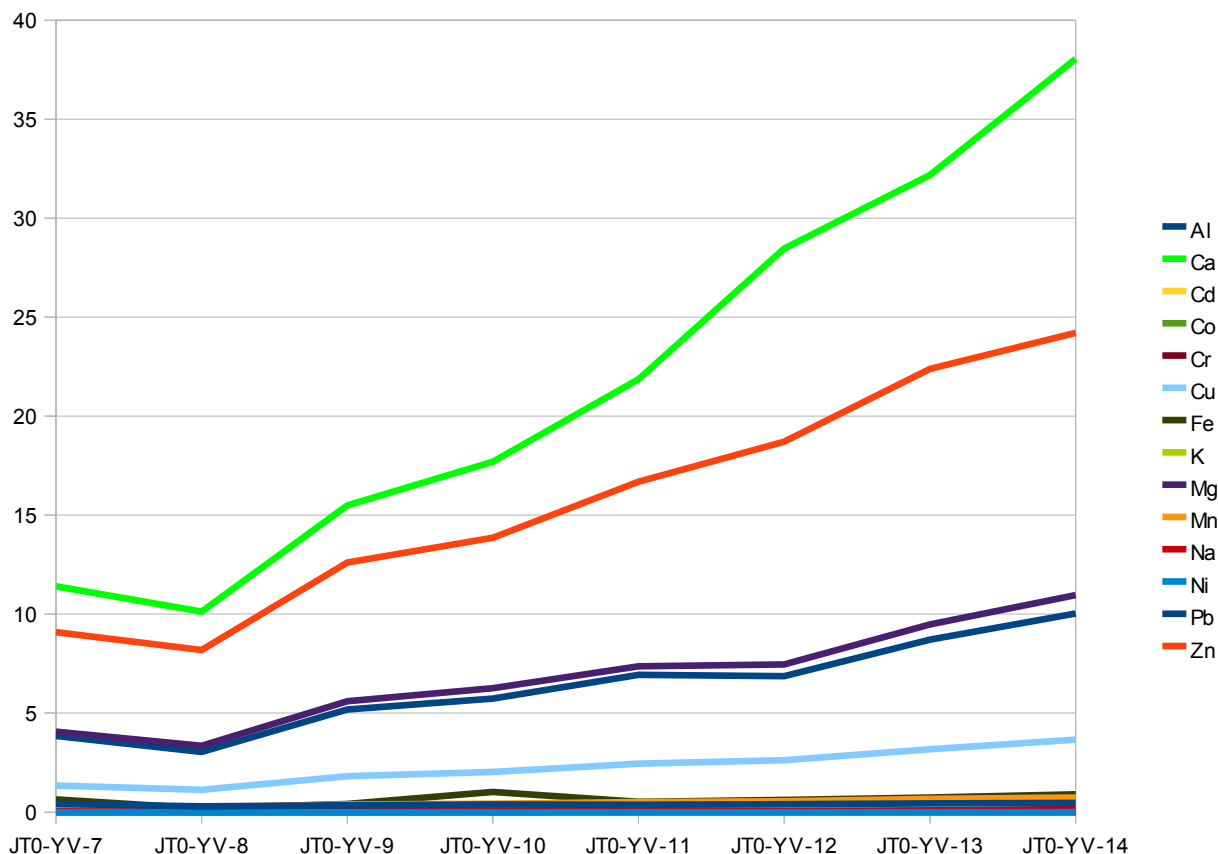


Diagram 5.2 Trendkurvor över halterna i ytvatten på tunna 0.

Ett tydligt exempel på detta är halterna i ytvattnet i JT0 kontra JT1 där JT0 faktiskt har lägre halter i omgång 14 gällande zink än JT1 men skillnaden är att trenden för JT1 är sjunkande medans i JT0 så är halten stigande, detta är ett problem som återkommer i andra tunnor och illustreras i diagram 5.3.

Det som man kan ställa sig frågande till är hur vida man ska tolka JT1's ytvatten halt av zink som positiv eller negativ. Vi har en halt som är högre än referensprovet men som visar en stadigt sjunkande trend.

Mina analyser sträcker sig bara de första 30 dagarna därför anser jag att man inte ska katagorisera JT1 som misslyckad ännu. Det finns flera anledningar till detta, dels så har vi ett additiv i JT1 som har en långsammare utvecklingskurva men trender som fortsätter öka. Detta kan kopplas till en ökande pH, en redoxkurva som närmar sig optimala området för sulfidadsorption.

Zink är en av de metaller som kan bindas via sulfidadsorption vilket talar för att trendkurvan kan fortsätta sin utveckling.

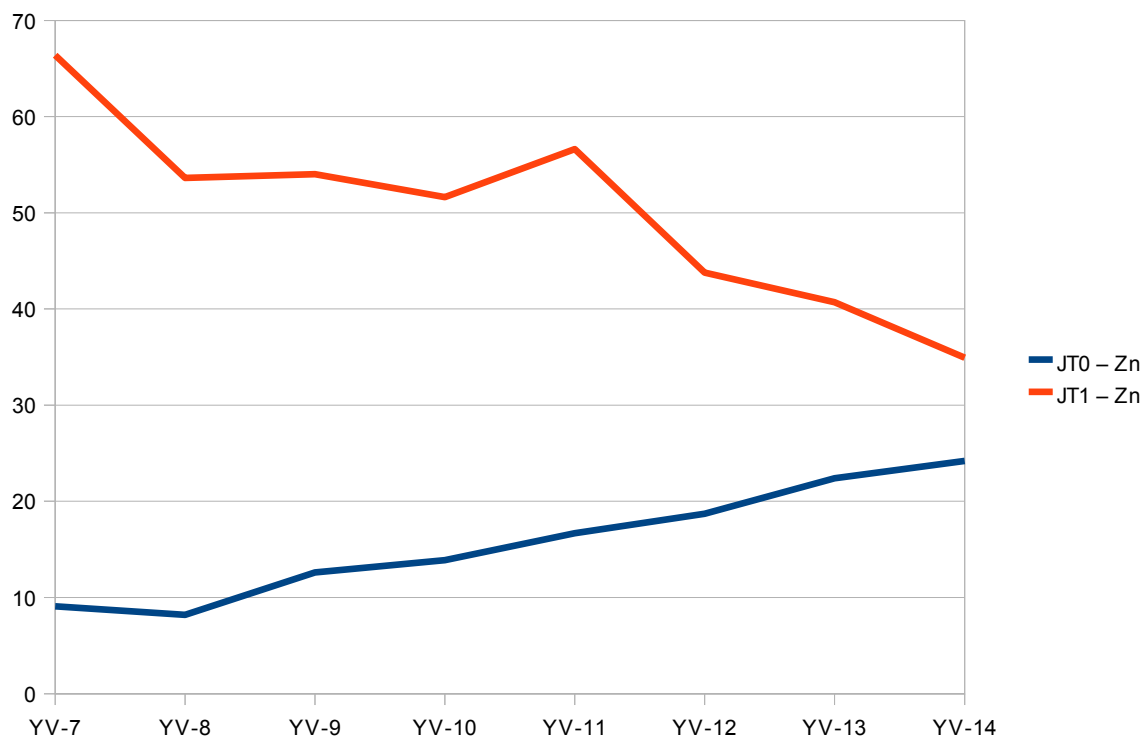
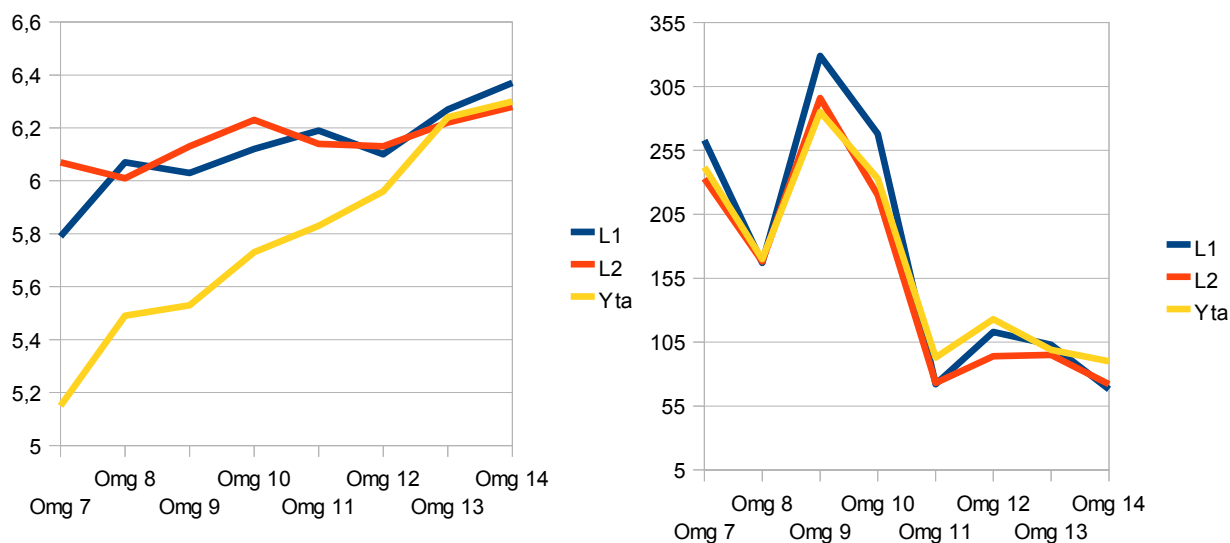


Diagram 5.3 Halterna zink i ppm i ytvattnet för tunna JT0 och JT1

Tittar man på JT0 så visar den små eller mycket små utvecklingar gällande redox och pH, detta i kombination med metallhalterna gör att trenden med ökande halter i ytvattnet bör fortgå.

Additivet i JT1 utgörs av Kalkgranulat som i stort sett består av rent kalciumkarbonat, granulen har dock en rätt grov kornstorlek vilket leder till en mindre aktiv yta, detta fick jag bekräftat via mätresultaten i JT1.

En förhållandevis långsam utveckling både gällande pH och redox (Diagram 5.4 och 5.5) men ingen av visar tecken på att avstanna. En sak som måste påpekas när jag berör redox och som jag också kommer återkomma till under felkällor är att när man ser den något hackiga kurvan på redox så ska det framföras att mätelektroden för redox ej kunde hantera stora skillnader i redox potential,



Figur 5.4 t.h. och 5.5 t.v. Visar trendutvecklingen för pH respektive redoxpotential (mV).

Olyckligtvis så speglar sig detta i kraftigt förhöjda mätvärden på JT1. Detta kommer sig av att JT0, som visade på allra högst gällande redox mättes precis före JT1. Det syns också på JT1 L1 som mättes först efter JT0, den visar ett högre värde under omgång 9,10,11 för att sedan ligga i våg med övriga lysimetrar under övriga mätpunkter i diagram 5.5. Trots detta så går det ändå få ut en tydligt sjunkande trend i redox.

Tittar man på metaller så ger JT1 en genomgående reducering på mellan 80-90%, svagheten med kalkgranulen verkar vara förmågan att hantera magnesium som endast uppnår en 25% reducering i L1 och 58% reducering i L2. Efter omgång 14 så ligger fortfarande magnesiumhalten på 2231 ppm för L1 och 444,3 för L2. Normalt så klassas magnesium som en mindre farlig metall och är dessutom en av de vanligaste jonerna i akvatiska miljöer, trots detta så blir den styrande för JT1.

Noterbart är också ökningen av kalcium vilket är ett tecken på att karbonaterna börjat verka. Detta syns tydligast i tabell 5.5 där ökningen är 257%.

Halter i mg/l	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT1-L1-7	377,3	495,2	5,19	2,97	0,03	7,66	11,87	2	2986	252,6	3,96	0	0,5	3867
JT1-L1-14	6,37	417,8	0,18	0,21	0	0,29	3,67	3,87	2231	26,9	4,58	0	0,25	80
Reducering %	98%	16%	97%	93%	100%	96%	69%	-94%	25%	89%	-16%	0%	50%	98%

Tabell 5.3 Tabellen visar på reduceringen av de valda parametrar för tunna JT1 L1.

Halter i mg/l	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT1-L2-7	74,4	513	1,16	0,92	0,01	2,48	7,74	0,92	1054	61,5	3,42	0	0,41	622,9
JT1-L2-14	3,18	579,5	0,05	0,04	0	0,12	0,87	1	444,3	4,12	5,3	0	0,02	10,03
Reducering %	96%	-13%	96%	96%	100%	95%	89%	-8%	58%	93%	-55%	0%	96%	98%

Tabell 5.4 Tabellen visar på reduceringen av de valda parametrar för tunna JT1 L2.

Halter i mg/l	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT1-YV-7	21,04	163,54	0,16	0,08	0	1,81	6,73	0,51	58,62	3,97	0,46	0	0,96	66,38
JT1-YV-14	6,83	420	0,1	0,05	0	0,12	0,12	0,17	73,92	2,93	0,68	0	0	34,92
Reducering %	68%	-157%	41%	33%	0%	93%	98%	66%	-26%	26%	-48%	0%	100%	47%

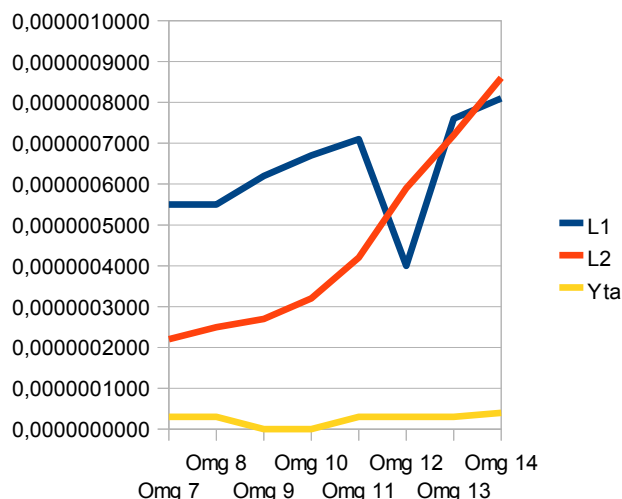
Tabell 5.5 Tabellen visar på redueringen av de valda parametrar för tunna JT1 Yta.

Additivet i JT2 utgörs av aska som är hämtat från Assidomän Frövi och deras biobränsleanläggning.

Askan har en bra trend i redox men en svag utveckling i pH i förhållande till optimumvärdet som bör ligga mellan 8-9.

Jämför man halten metaller så kan JT2 hävda sig med undantag för magnesium.

JT2 har några faktorer som gör att den får anses som olämplig, alkaliniteten är inte alls i klass med de bästa additiven, även om den har en ökande trend så gör det i kombination med ett lägre pH att askan ej kan anses som lämplig vid överdämning som behandlingsmetod.



Figur 5.6 Grafen visar på JT2s låga alkalinitet i ytvatten.

Additivet i JT3 utgörs av Grönlut, utmärkande för JT3 är dess höga konduktivitet, det är den enda av tunnorna som har en konduktivitet som är högre än referenstunnan.

Det kan verka lite oroande vid en första anblick men om man jämför med övriga tunnor så håller även JT3 en väldigt god reduktion av metaller trots att konduktiviteten förblir i stort sett oförändrad, den stora differensen i konduktivitet jämte andra tunnor härstammar troligast i de höga halterna natrium och sulfid. Dessa är dock väntade med tanke på grönlutens kemiska sammansättning.

Det är framförallt L1 som ligger högt med sina dryga 23400 mS/cm.

Att L1 ligger på 24 000 mS/cm kan dock förklaras med den höga natriumhalten på 6689ppm. JT3 har också den bästa utvecklingen gällande alkalinitet, det är fortfarande inga dramatiska ökningar av buffertkapacitet men hade försöken fortgått så hade JT3 varit redo att byta från 0,02Molarig syralösning till 0,25Molarig då det tog alldeles för lång tid att titrera proven mot slutet.

Varför detta inte gjordes var för att det bedömdes ta längre tid att titrera med två olika lösningar än en. Detta då titreringsapparaturen visade sig vara mycket kinkig när det gällde kalibrering mot pH.

Tabell 5.6 redogör för reduceringen i procent, där går det att se att även här så är pH för lågt för att någon fastläggning av kalcium ska ske i större utsträckning, koppar har precis börjat fastlägga och om pH fortsätter stiga kommer troligast koppar också att reduceras i en större utsträckning.

Alla halter är nära eller inom ramen för vad som är acceptabelt för lakvatten inom gruvindustrin med avseende på metaller med undantag på magnesium och mangan som fortfarande påträffas i för höga halter, jag hävdar att om pH fortsätter stiga till 8 så kommer vi få ett betydligt bättre resultat på L1.

Halter i mg/l	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT3-L1-7	4,92	415,7	0,3	0,59	0,01	0,26	2,83	696,9	3149	45,8	6284	0,31	0	59,6
JT3-L1-12	1,34	392,6	0,06	0,05	0	0,14	0,45	737,8	3353	16,2	6689	0	0	10,22
Reducering %	73%	6%	80%	91%	100%	48%	84%	-6%	-6%	65%	-6%	100%	0%	83%

Tabell 5.6 Reducering av analyserade parametrar, OBS! pga felaktiga data så är reduceringen mätt mot omgång 12 för att ge komplett data, för data från omgång 13,14 hänvisas till Bilaga Analysresultat.

L2 visar en "sämre" reducering men ser man till totalhalten så är skillnaden avsevärd endast på zink och aluminium så är halterna nämnvärt högre än acceptabla nivåer som ligger mellan 0,1-0,5mg/l [RVF rapport 4 2006]

Halter i mg/l	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT3-L2-7	1,49	388,4	0,05	0,04	0	0,15	0,48	345,1	1203	9,36	2514	0	0	7,45
JT3-L2-14	0,6	381,3	0,02	0,01	0	0,02	0,03	325,2	1332	6,57	2466	0	0	2,81
Reducering %	60%	2%	54%	61%	100%	88%	94%	6%	-11%	30%	2%	0%	0%	62%

Tabell 5.7 Reducering av analyserade parametrar för JT3 L2

Ytvattnet visar att JT3 har potential, det man ska flagga för är den något förhöjda halten av zink som kan komma att öka något men det på bekostnad av sjunkande halter i L2, svagheten är som på flera av de andra tunnorna oförmågan att reducera den höga magnesiumhalten samt den extremt höga natriumhalten. Varken L1 eller L2 visar på en reducering.

Halter i mg/l	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT3-YV-7	0	61,04	0	0	0	0,13	0,21	4,33	8,46	0,27	21,64	0	0,01	0,3
JT3-YV-14	0	161,72	0	0	0	0,01	0,03	19,14	44,98	0,57	85,02	0	0	0,39
Reducering %	0%	-165%	-100%	0%	0%	94%	86%	-342%	-432%	-113%	-293%	0%	0%	-31%

Tabell 5.8 Reducering av analyserade parametrar för JT3 Yta.

Additivet i JT4 utgörs av kalkmesa. JT4 är den tunna vars pH är lägst, detta visar sig också i analysresultaten där reduceringen tyvärr är dålig jämfört med de bättre tunnorna.

Noterbart är att JT4 har haft en stor produktion av kolsyra under provtagningen, detta tyder på att karbonatsystemet verkligen fungerar, det speglar sig också i ökande halter av kalcium. pH trenden pekar tyvärr på en alldeles för långsam utveckling, möjligheterna att nå upp över pH 8 ser tyvärr mycket begränsade ut.

Om pH fortsätter att stiga i kombination med en sjunkande mV så kan utfällning av sulfider göra att reduceringen ökar ytterligare.

Det är framförallt zinken som inte fungerar bra alls i tunna 4 vilket också leder till att den tyvärr ej är lämplig att användas som additiv vid överdämning. 9,19 resp 8,28 ppm för L1 resp L2 är alldeles för högt för att vara godkänt.

Halter i mg/l	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT4-L1-7	3,49	429,4	0,09	0,14	0	0,28	3,11	56	2217	13,01	656,8	0	0,06	26,72
JT4-L1-14	1,14	399,4	0,04	0,05	0	0,11	0,09	53	1619	5,12	655,5	0	0	9,19
Reducering %	67%	7%	57%	66%	0%	62%	97%	5%	27%	61%	0%	0%	0%	66%

tabell 5.9 Reducering av analyserade parametrar för JT4 L1.

Halter i mg/l	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT4-L2-7	3,92	449,1	0,11	0,13	0	0,22	1,61	18,7	1276	10,21	8,62	0	0	31,7
JT4-L2-14	0,98	435	0,04	0,03	0	0,07	0,23	20,7	838,3	3,32	9,24	0	0	8,28
Reducering %	75%	3%	67%	79%	0%	67%	86%	-11%	34%	67%	-7%	0%	0%	74%

Tabell 5.10 Reducering av analyserade parametrar för JT4 L2.

Additivet i JT5 utgörs av LD-sten, karaktärsdraget för denna tunnan har varit den dåliga alkaniteten i kombination med en näst intill optimal pH-kruva.

Det som gör JT5 till den en av de bättre tunnorna i försöken är helt klart dess förmåga att reducera magnesium, faktum är att med undantag för kalcium så har JT5 åstadkommit reduceringar över 96% gällande alla metaller utom koppar som har en halt på 0,05mg/l vilket är en accepterad nivå trots den något sämre reduceringen i L1. L2 visar en något sämre reduceringskapacitet men halterna slutar ändå inom avsatta gränsvärden för lakvatten från gruvdeponier.

Om JT5 och LD-stenen har någon svaghet så skulle det vara buffertförmågan i vattnet, tyvärr så är den inte optimal om än stigande.

Tittar man på pH så ligger L1 en bit över de andra två kurvorna, det påminner om fördelningen i JT2 (aska). Karbonatbaserade tunnorna har en betydligt jämnare fördelning gällande pH och de olika lysimetrarna.

Halter i mg/l	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT5-L1-7	0,4	649,3	0,01	0,01	0	0,21	0,74	8,41	83,78	0,56	11,59	0	0	2,26
JT5-L1-14	0	664,4	0	0	0	0,05	0,03	20,04	2,1	0,01	12,59	0	0	0
Reducering %	100%	-2%	100%	100%	0%	78%	96%	-138%	97%	99%	-9%	0%	0%	100%

Tabell 5.10 Reducering av analyserade parametrar för JT5 L1.

Redox har börjat klättra nära vad naturvårdsverket klassar som starkt reducerande förhållanden, det är inom detta spann som sulfidbindningar blir stabila vilket mycket väl skulle kunna leda till ytterligare fastläggning i JT5.

Ytterligare en sak som gör JT5 speciell är dess lukt, ingen av de andra tunnorna visar samma typ av lukt, det är ej svavelväte som annars hade varit att vänta utan luktar snarare som någon organisk syra, skulle kunna vara smörsyra. Syran har hjälpt till att komplexbinda metaller så som bly, koppar.

Additivet i JT6 utgörs av filterkalk. Detta speglar sig också i de extremt höga halterna kalcium som återfinns i proven. JT6 har bra pH och redox är näst intill optimal. Något bättre

alkanitet än JT5 men förhållandevis dålig om man jämför med de två övriga karbonatbaserade additiven, detta är något oroande och talar inte för additivets fördel.

Förmågan att reducera metaller är väldigt god på flera områden men koppar och framförallt zink visar sig tyvärr inte reduceras i takt med de övriga.

Halter i mg/l	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT6-L1-7	21,5	6544	0	0	0	11,7	10,9	1585	343,2	3,9	707,8	0	0	10,3
JT6-L1-14	0	6459	0	0	0	4,2	0,1	2209	394,7	1,3	961,3	0	0	5,9
Reducering %	100%	1%	0%	0%	0%	64%	99%	-39%	-15%	67%	-36%	0%	0%	43%

På grund av osäkerheten med sjunkande pH i kombination med den dåliga alkaniteten och en oförmåga att hantera zink och koppar trots den höga pH som råder i tunnan så anser jag att filterkalk ej är lämpad att använda vid överdämning av vittrat gruvmaterial.

Om man nu går bort från tunnorna och tittar på projektet i sin helhet så finns det frågetecken runt hur stora skillnaderna i markskiktet skulle bli.

Det går att se tydliga differenser mellan L1 och L2 i tunnorna, detta trots att båda monterats på ett känt djup där differensen enbart är 15cm. Detta är något som man kan få ett svar på först efter en lång tid i nuläget är det svårt att säga om fördelningen kommer att jämnas ut sig mellan hela volymen.

I ett fullskaligt projekt skulle mäktigheten på det vittrade materialet säkerligen överstiga de dryga 30cm som vi packade i våran tunnor under försöket.

Hur stora kommer differenserna vara när mäktigheten kanske är 1,5-2 meter.

Frågan är ju om så sker vilket värde ska man mäta på?

Ytvattnet är det som biota direkt exponeras mot men jag har valt att inte fokusera på det då jag anser att det inte går att säga något om ytvattnet då vi har haft allt nytt tillsatt vatten i ytvattnet, lysimetrarna ej fixerade vid ett precist djup vilket gör att vissa ligger närmare eller i vissa fall i direkt kontakt med botten medan andra ligger närmare ytan som är i direkt kontakt med luften.

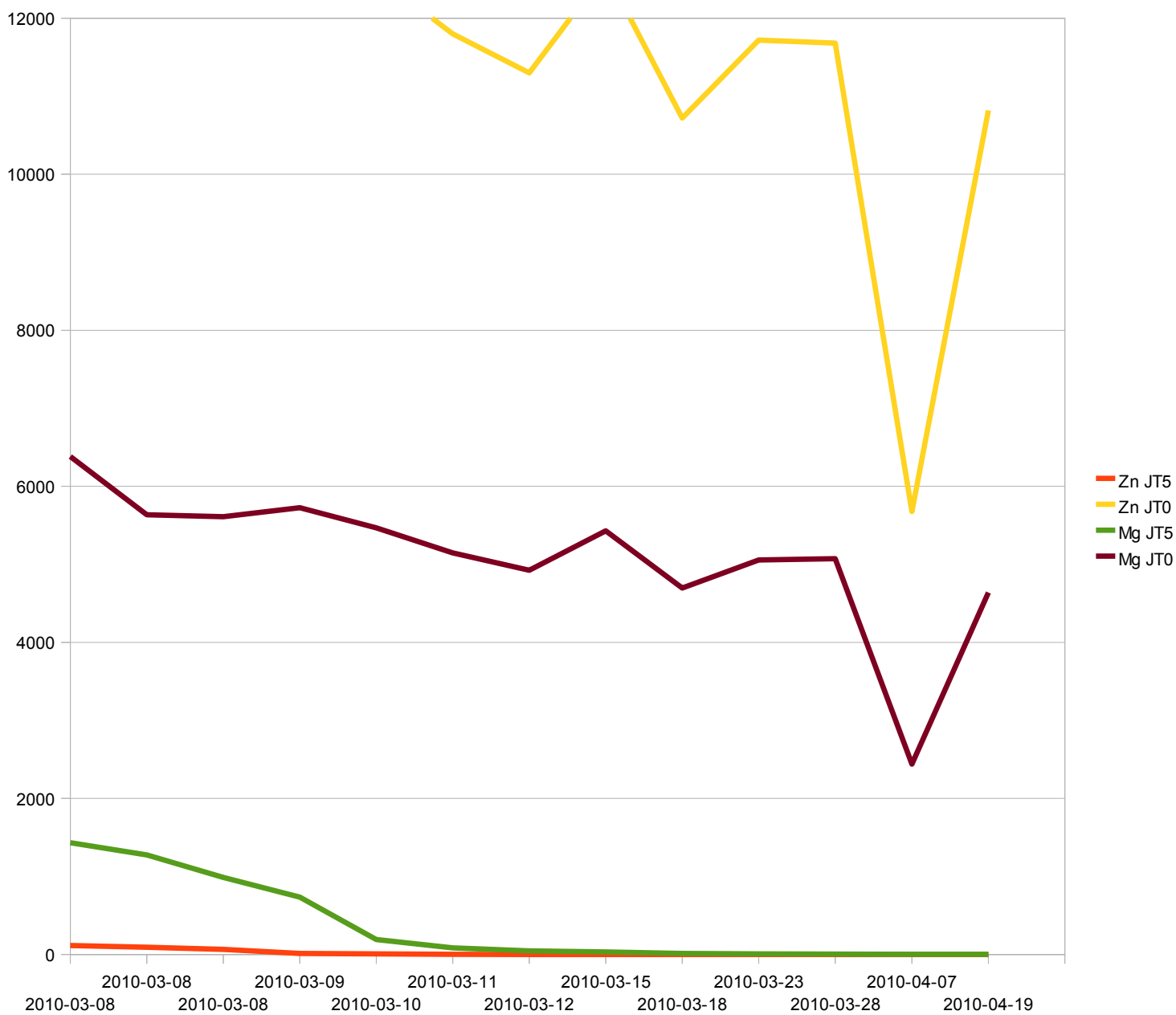
Generellt kan man säga att det råder viss reducering även i vattenytan men i vilken omfattning och möjligheten att jämföra tunnor mot varandra är tyvärr begränsade.

Ett stort frågetecken som jag inte kunnat svara på är hur vida anjoner blivit mobila, detta bör kompletteras i fortsatta undersökningar inom området.

Magnesium och Zink är de två metaller som ställer till problem om man bortser från alkalierna. Exakt vilka halter som gäller för magnesium gällande toxicitet har jag tyvärr inte hittat, snarare har jag hittat källor som indikerar att magnesiumbrist är vanligare än överexponering.

Zink däremot bör tas allvarigare och har i de flesta fall blivit styrande för mitt slutomdöme av tunnan.

Den sista figurerna får representera skillnaden mellan referensen JT0 och försökens vinnare JT5.



Figur 5.7 Skillnaden mellan JT5 och JT0, zink och magnesium håller gigantiska skillnader.

6 Slutsatser

Det är otroligt svårt att ge raka slutsatser på en långsiktig förvaringslösning för historiskt gruvavfall som kanske är tänkt att hålla fram till nästa istid när man baserar sina slutsatser på 30 dagars analyser.

Trots detta så går inte annat än se projektet som lyckat, genomgående i alla tunnorna så har en tydlig trend med sjunkande metallhalter gått att tyda fram. Alkalierna, kalcium och magnesium är de ämnen där halterna ökat, i alla fallen har detta varit väntat då det rör sig om de vanligaste ämnena som påträffas i marken, dessutom har både natrium och kalcium tillförts i koncentrerade mängder via de alkaliska additiven som blandats in i gruvavfallet.

Av de tunnor som körts under försöken så är det egentligen bara en lösning som jag skulle rekommendera i nuläget, det är JT5, LD-stenen har visat sig ha genomgående mycket bra reduceringsförmåga och håller dessutom en basisk pH som ligger mellan 8 och 9. Den har en svaghet och det är alkaliniteten, den lämnar inte mycket spelrum för en ökad aciditet, innan man går upp i stor skala så bör man göra mera tester med LD-sten där den får utsättas för surstötter och testa hur den klarar av frysning.

Samtidigt så har försöken bara pågått i 40 dagar, mycket kan hända ännu, speciellt om karbonatbaserade tunnorna skulle nå upp i en pH över 8, det är egentligen för tidigt för att dömma ut något, jag skulle göra fortsatta provtagningar i minst några månader till innan jag drar allt för hårda slutsatser.

Är överdämning en möjlig åtgärd? i nuläget skulle jag svara njaaa, jag tror att man måste forska vidare innan man skulle gå och göra ett fullskaligt försök.

Jag skulle dock utan tvekan rekommendera fortsatta studier inom området för att få fram mer bevis som styrker de resultat som jag presenterat i detta arbetet. Oavsett vilket additiv som skulle användas så skulle den försurande effekten avhjälpas det kan man med säkerhet säga redan nu. Metaller kommer att reduceras i utgående lakvatten, jämfört med referensen så är skillnaden markant. Enligt mig så bör man snarare ställa sig frågan om man har råd att inte titta på lösningen i det "gruvrika" Sverige.

Vilka lärdomar har jag då tagit med mig från projektet.

Jag kan utan att skämmas säga att jag underskattade den tid projektet skulle ta, dels pga ett missförstånd i planeringen som faktiskt till mitt försvar godkänts av examinator. Det kom senare fram att jag planerat in en vecka för mycket och därför tappade en vecka som var dedikerad till själva skrivandet av rapporten. Sen så tog faktiskt analys och provtagning betydligt längre tid än jag väntat mig, jag fick analyssvaren på metaller veckan då projektarbetet egentligen skulle vara klart. Men det var bara att skarva på tid efter skoltid och bita i det sura äpplet. En annan faktor som spelade in var att jag planerat att flytta samma vecka vilket ledde till att det blev inte vidare mycket tid över till skrivande av arbetet tyvärr. Nästa gång jag gör ett projekt ska jag försöka dimensionera insatsen bättre efter den tid som finns tillgänglig.

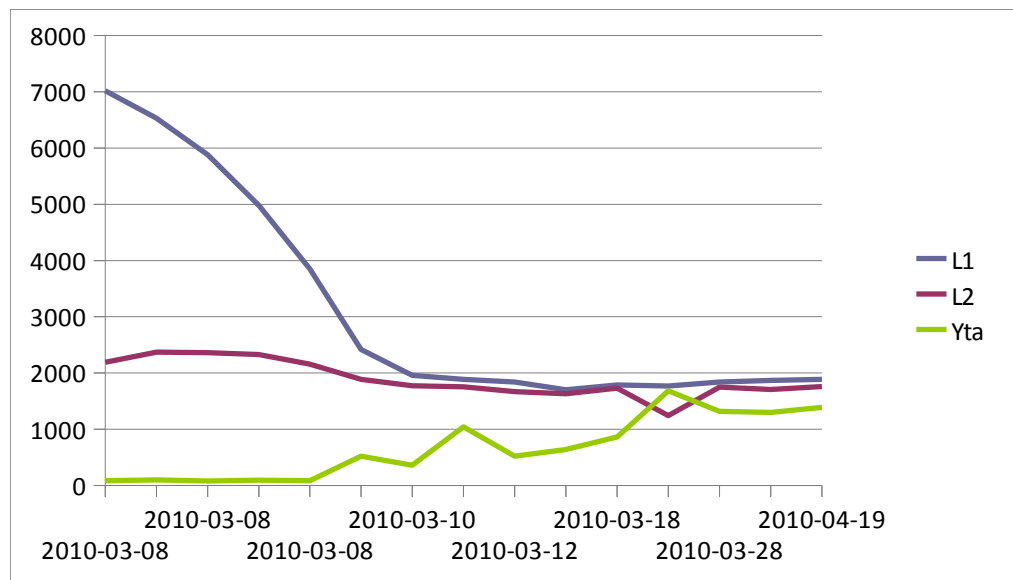
En annan sak som jag själv känt är att jag själv varit en flaskhals för projektets framfart, jag kände att jag själv skulle velat ha betydligt mer kunskaper inom geologi och mineralers sammansättning innan jag skulle gått in i projektet, desamma gäller kemin, det har hämmat mig och kanske även begränsat mig i mina slutsatser.

Ergonomi är något som jag inte tänkt speciellt mycket på innan men efter 5 dagars konstant provtagning så var ryggen mer eller mindre helt slut, jag fick sitta på en stol och dra prover i slutet.

Om jag hade fått chansen skulle jag ha anpassat tunnornas placering för att underlätta provtagningen, kanske placerat dem högre upp och anpassat slangarnas längd mer efter att det skulle vara lätt att dra prover istället för att de skulle vara korta så att vätskan skulle färdas en kortare väg.

Samma sak gäller alla andra typer av statiska uppgifter så som märkning av vialer, spädning av prover och laborationer etc. ska man driva ett försök en längre tid så funkar det inte att bara tänka kortsiktigt.

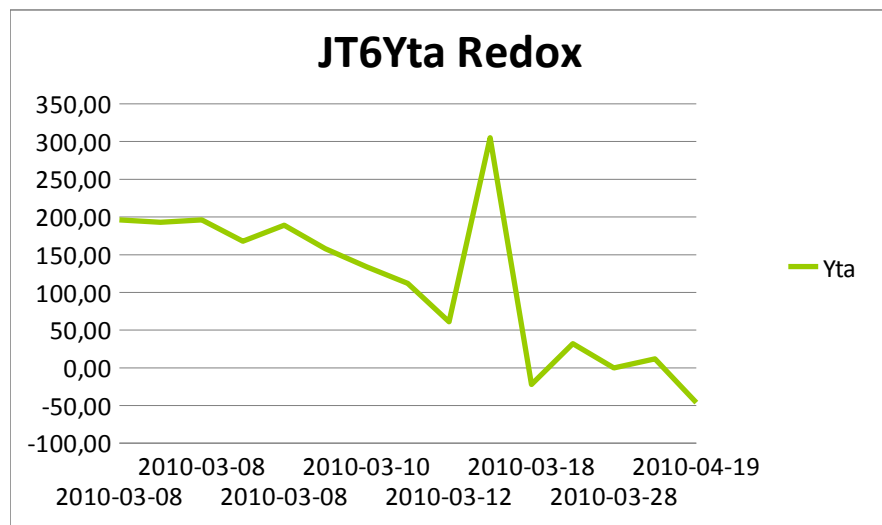
7 Felkällor



Figur 6.1 Diagrammet illustrerar ett klassiskt fel som tyvärr kan inträffa när man hanterar stora mängder prover.

På figur 6.1 så syns ett problem som ibland har återkommit, just denna har inte detekterats före hela provserien är analyserad men i grafen så syns det väldigt tydligt att vid analysen omgång 14 så förväxlades med väldigt stor sannolikhet L2 och Yta, detta normalt så har jag kunnat identifiera de flesta felmätningar bara genom att tolka resultatet direkt på plats men här så ligger Yta och L2 förhållandevis nära varandra varför jag troligast helt enkelt missat att proven bytt plats.

En annan felkälla som identifierades men som tyvärr inte gick att åtgärda men som iallafall minimerades var redoxelektrodens oförmåga att hantera stora skillnader mellan ett prov och nästa.



Figur 6.2 I diagrammet så syns tydligt hur Ytprovet helt plötsligt ökar kraftigt i redox, detta kunde spåras till att provet analyserats efter ett prov från JT0.

Felet upptäcktes efter att ett Ytvattenprov från JT6 analyserades direkt efter JT0, på figur 6.2 så syns "toppen" i kurvan väldigt tydligt.

Det som gick att göra för att åtgärda bakgrundspåverkan var att alltid lägga JT0 sist i analysserien. Trots felkällan så går det ändå läsa ut en tydlig trend med sjunkande redox i alla tunnor.

Jag genomförde på försök att vänta och se hur långt tid det tog för elektroden att gå ner från JT0-L1 för att sedan flytta över till ett rent prov med enbart milli-Q vatten, efter 20 minuter hade provet fortfarande en redox på över 200 varför möjligheterna att vänta ut JT0 förkastades.

Ett annat problem som enbart uppträdde i början var att mängde provvatten från lysimetrarna var starkt begränsat, detta berodde på för dålig tillrinning varför flera mätresultat saknas, antingen då första analysen visat fel och förkastats eller för att det inte funnits nog med prov för att överhuvudtaget göra analys.

Provhanteringen saknade också ett effektivt system, jag hade grovt underskattat ytan som alla prover skulle ta i besittning, detta ledde till att dels så har en prover försvunnit i "röran" och vissa prover hade läkt och föll därför bort. Det senare inträffade bl.a. i en påse med metallprover som surgjorts, dvs det hade lagts till koncentrerad syra i provet, följden blev att texten på etiketterna angreps när syran kom ut i påsen, som tur var så gick det fortfarande att läsa etiketterna när det upptäcktes.

Surgörning av prover är ytterligare en förmodad felkälla till databortfall, när man skall surgöra 25 vialer så kan det lätt ske att man missar att surgöra en av proverna vilket för följden att provet blir värdelöst.

Samma problematik som med surgörningen återkommer också vid isning av metallproverna, för att få i rätt mängd rhodium så skulle en pippet omgång tillsättas per prov, ibland hände det att man blev osäker på om man pipetterat provet noll, en eller två gånger vilket fick till följden att man hellre avstod från att tillsätta en omgång för mycket.

Jag vet att att ICPn kan detektera halten rhodium så de exakta följderna av detta kan jag inte svara på men jag utgår ifrån att haltangivelserna blir felaktiga som följd.

Lysimeterns placering i ytan, tyvärr så placerades aldrig lysimetern i ytan på ett fixerat djup, lysimetern har flyttats upp och ner i vattnet och vissa har mer eller mindre legat i direkt kontakt med gruvmaterialen, om försöken skulle göras om så skulle dessa definitivt varit fixerade.

8 Källförteckning

- [1] - Öman. Cecilia, Malmberg. Marianne, Wolf-Watz. Camilla - RFV Rapport 00:07
- [2] - Stenmarck. Åsa, Sundqvist, Jan-Olov - IVL Rapport B1665 2006, Användning av täta oorganiska restprodukter som tätskikt i deponier
- [3] - Höckert. Linda - Kemisk stabilisering av gruvavfall från Ljusnarsbergsfältet med mesakalk och avloppsslam (2007)
- [4] - Bäckström. Mattias, Johansson Inger - Översiktlig geokemisk undersökning (MIFO fas2) av gruvavfall vid Kaveltorp, Kopparberg, Ljusnarsbergs kommun
- [5] - Fröberg. Gunnar, Höglund. Lars-Olof - MiMi Rapport 2004:8
- [6] - Satrz. Lotta - Alkaline By-Products as Amendments for Remediation of Historical Mine Sites
- [7] - Ekholm. David - Ljusnarsbergsfältet, Huvudstudie (2008)
- [8] <http://www.bergskraft.se>
- [9] - Rapport 5741 Naturvårdsverket - Modeller för spridning av metaller från mark till vatten (2007)
- [10] - Degerman. Erik, AMBIO Vol 22, No 5, 1993
- [11] - <http://www.sgu.se/> - Sveriges geologiska undersökning
- [12] - <http://www.slv.se/> - Livsmedelsverket
- [13] - Mäta vatten ISBN 91-88376-22-2
- [14] - Rapport 4918 Naturvårdsverket - Metodik för inventering av förorenade områden
- [15] - <http://www.naturvardsverket.se> - Naturvårdsverket

Bilaga 1

Provtagningsprotokoll JT1 – Kalkgranuler

T0 = 10:40

Omgång	Tid	Datum	Kommentar
1	10:55	2010-03-08	Ytvatten grummlar inget vatten tillsätts
2	11:40	2010-03-08	Som ovan
3	12:40	2010-03-08	Inget vatten tillsätts för att undvika grummling
4	14:40	2010-03-08	Första omgången vatten tillsätts efter provtagning
5	18:40	2010-03-08	
6	10:40	2010-03-09	L1 väldigt svårt att få ut prov, skummar!
7	10:40	2010-03-10	L1 svår, bubblar
8	10:26	2010-03-11	L2 svår, L1 mycket svår, endast 15ml prov på 50ml vial, Börjar använda ett sprutlås (bild finns) för att spara tid då det är slöseri att stå och hålla i spruta manuellt i över 1 timme per drag.
9	10:19	2010-03-12	L1 lättare än gårdagen, teori om att de två lysimetrarna i botten tar vatten ifrån varandra, ska se om L2 ger full utdelning idag när L1 gav fullt. *uppdatering, L2 verkar fylla upp bra, inte lika seg som L1 igår, teori borträknas.
10	10:17	2010-03-15	JT1 inte lika seg idag, alla lysimetrar klara redan 11:49, ingen märkbar skillnad mellan L1 och L2
11	10:04	2010-03-18	
12	10:10	2010-03-23	Klar 11:30
13	17:43	2010-03-28	Klar 20:29, 50ml metallprov togs ut för att ta reda på spädningsfaktorerna för metallanalys. L2 seg som f-n
14	10:10	2010-04-07	
15	10:12	2010-04-19	Svag svavelvätedoft i YV

Bilaga 2

Provtagningsprotokoll JT2 – Aska F

T0 = 10:35

Omgång	Tid	Datum	Kommentar
1	10:50	2010-03-08	Ytvatten grummlar inget vatten tillsätts
2	11:35	2010-03-08	Som ovan
3	12:35	2010-03-08	Inget vatten tillsätts för att undvika grummling
4	14:35	2010-03-08	Första omgången vatten tillsätts efter provtagning
5	18:35	2010-03-08	
6	10:35	2010-03-09	
7	10:35	2010-03-10	
8	10:20	2010-03-11	
9	10:44	2010-03-12	
10	10:40	2010-03-15	
11	10:30	2010-03-18	
12	10:30	2010-03-23	
13	17:57	2010-03-28	50ml Me prov uttaget
14	10:23	2010-04-07	Svag doft JT2YV (svavelväte)
15	10:26	2010-04-19	Svavelvätedoft i YV

Provtagare som dragit prover: Joel Domeij, Erik Larsson, Mattias Bäckström

Bilaga 3

Provtagningsprotokoll JT3 – Grönlut

T0 = 10:30

Omgång	Tid	Datum	Kommentar
1	10:45	2010-03-08	Ytvatten grummlar inget vatten tillsätts
2	11:30	2010-03-08	Som ovan
3	12:30	2010-03-08	Inget vatten tillsätts för att undvika grummling
4	14:30	2010-03-08	Första omgången vatten tillsätts efter provtagning
5	18:30	2010-03-08	
6	10:30	2010-03-09	
7	10:30	2010-03-10	
8	10:12	2010-03-11	
9	10:29	2010-03-12	
10	10:20	2010-03-15	
11	10:05	2010-03-18	
12	10:14	2010-03-23	Upplevde L1 och L2 som gasigare idag
13	17:36	2010-03-28	50ml taget på ME för att ta reda på lämpliga spädfaktorer.
14	10:10	2010-04-07	L1 skummar endel
15	10:14	2010-04-19	JT3L2 Doft som påminner om JT5s doft men svagare, L1 bubblar

Provtagare som dragit prover: Joel Domeij, Erik Larsson, Mattias Bäckström

9 Bilaga 4

Provtagningsprotokoll JT4 – Mesa

T0 = 11:40

Omgång	Tid	Datum	Kommentar
1	12:00	2010-03-08	Ytvatten grummlar inget vatten tillsätts
2	12:45	2010-03-08	Som ovan
3	13:45	2010-03-08	Inget vatten tillsätts för att undvika grummling
4	15:45	2010-03-08	Första omgången vatten tillsätts efter provtagning
5	19:45	2010-03-08	
6	11:45	2010-03-09	
7	11:45	2010-03-10	Gasig/bubblig
8	11:37	2010-03-11	Gasig/bubblig (främst L1, mindre i L2)
9	11:38	2010-03-12	Fortsätter skumma i L1, skummar även i L2 men mindre
10	11:51	2010-03-15	L1 skummar
11	11:45	2010-03-18	L1 skummar
12	11:10	2010-03-23	L1 skummar
13	18:40	2010-03-28	L1 likvärdig med L2 idag, L1 skummar alltså något mindre, 50ml metallprov ist för 10ml för att ta reda på spädningsfaktorer för metallanalys.
14	11:04	2010-04-07	L1 skummar mer än L2
15	11:09	2010-04-19	L1 skummar

Provtagare som dragit prover: Joel Domeij, Erik Larsson, Mattias Bäckström

10 Bilaga 5

Provtagningsprotokoll JT5 – LD-sten

T0 = 12:15

Omgång	Tid	Datum	Kommentar
1	12:30	2010-03-08	Ytvatten grummlar inget vatten tillsätts
2	13:15	2010-03-08	Som ovan
3	14:15	2010-03-08	Inget vatten tillsätts för att undvika grummling
4	16:15	2010-03-08	Första omgången vatten tillsätts efter provtagning
5	20:15	2010-03-08	
6	12:15	2010-03-09	
7	12:15	2010-03-10	
8	12:06	2010-03-11	
9	11:57	2010-03-12	
10	12:16	2010-03-15	
11	12:03	2010-03-18	
12	11:33	2010-03-23	Doft, svavelväte+?, metallisk, organisk syra?
13	19:02	2010-03-28	Samma doft
14	11:21	2010-04-07	Doft, stark
15	11:44	2010-04-19	Doft, stark

Provtagare som dragit prover: Joel Domeij, Erik Larsson, Mattias Bäckström

11 Bilaga 6

Provtagningsprotokoll JT6 – Filterkalk

T0 = 13:00

Omgång	Tid	Datum	Kommentar
1	13:15	2010-03-08	Ytvatten grummlar inget vatten tillsätts, Inga ytvattenprov tagna omg. 1, genomgående för alla tunnor på avseende Me, Fe (II)
2	14:00	2010-03-08	Som ovan
3	15:00	2010-03-08	Inget vatten tillsätts för att undvika grummling
4	17:00	2010-03-08	Första omgången vatten tillsätts efter provtagning
5	21:00	2010-03-08	
6	13:00	2010-03-09	
7	13:00	2010-03-10	
8	13:00	2010-03-11	
9	12:42	2010-03-12	
10	12:57	2010-03-15	
11	12:47	2010-03-18	Doft svavelväte? Stark
12	12:09	2010-03-23	Svavelväte
13	19:58	2010-03-28	Svavelväte, 50ml metall uttaget
14	11:31	2010-04-07	Svavelväte, stark
15	11:48	2010-04-19	Svavelväte, stark doft

Provtagare som dragit prover: Joel Domeij, Erik Larsson, Mattias Bäckström

12 Bilaga 7

Provtagningsprotokoll JT0 – Referens

T0 = 11:10

Omgång	Tid	Datum	Kommentar
1	11:25	2010-03-08	Ytvatten grummlar inget vatten tillsätts, Inga ytvattenprov tagna omg. 1, genomgående för alla tunnor på avseende Me, Fe (II)
2	12:10	2010-03-08	Som ovan
3	13:10	2010-03-08	Inget vatten tillsätts för att undvika grummling
4	15:10	2010-03-08	Första omgången vatten tillsätts efter provtagning
5	19:10	2010-03-08	
6	11:10	2010-03-09	
7	11:10	2010-03-10	
8	10:50	2010-03-11	
9	10:59	2010-03-12	
10	10:52	2010-03-15	
11	10:52	2010-03-18	
12	10:46	2010-03-23	
13	19:36	2010-03-28	50ml metall uttaget
14	10:40	2010-04-07	
15	10:48	2010-04-19	

Provtagare som dragit prover: Joel Domeij, Erik Larsson, Mattias Bäckström

Bilaga 8

Provtagnings och Analysschema

Provtagare: Joel Domeij, Erik Larsson, Mattias Bäckström

Provberedare: Joel Domeij, Erik Larsson, Lotta Sartz, Mattias Bäckström

Analys: Joel Domeij, Erik Larsson, Lotta Sartz, Mattias Bäckström, Stefan Karlsson

Start							Slut																				
Provtagning							8.3.2010							4.19.2010													
Analys							3.8.2010							4.25.2010													
Mars														April													
M	T	O	T	F	L	S	M	T	O	T	F	L	S														
1	2	3	4	5	6	7				1	2	3	4														
8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11														
15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18														
22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25														
29	30	31					26	27	28	29	30																
Mars														April													
M	T	O	T	F	L	S	M	T	O	T	F	L	S														
1	2	3	4	5	6	7				1	2	3	4														
8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11														
15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18														
22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25														
29	30	31					26	27	28	29	30																

Bilaga 9 - Analys Alkalinitet, Konduktivitet, pH och Redox

JT1

Omgång Tunna Mätpunkt Redox (mV) Kond (µS7cm)pH ml 0,02M hcl) späd

L1

1 JT1	L1	233	15430	4,36	0
2 JT1	L1	221	15150	4,56	0
3 JT1	L1	225	14940	4,92	0
4 JT1	L1	210	14750	4,93	0
5 JT1	L1	381	13970	5,17	0
6 JT1	L1	206	14200	5,45	1,49
7 JT1	L1	263	12530	5,79	3,18
8 JT1	L1	167	3950	6,07	2,42
9 JT1	L1	329	9860	6,03	6,1
10 JT1	L1	268	8090	6,12	8,38
11 JT1	L1	72	7950	6,19	9,9
12 JT1	L1	113	6890	6,1	10,94
13 JT1	L1	103	6580	6,27	11,94
14 JT1	L1	68	6320	6,37	12,48
15 JT1	L1	5	5980	6,44	12,54

L2

1 JT1	L2	0	0	0	0 Vatten ej runnit till
2 JT1	L2	227	5120	4,94	0
3 JT1	L2	212	4970	4,74	0
4 JT1	L2	281	5180	5,05	0
5 JT1	L2	314	5450	5,24	0
6 JT1	L2	192	5990	5,67	1,99
7 JT1	L2	233	5460	6,07	3,92
8 JT1	L2	168	896	6,01	5,49
9 JT1	L2	296	3000	6,13	6,21
10 JT1	L2	220	3230	6,23	7,69
11 JT1	L2	73	3400	6,14	5,55
12 JT1	L2	94	3130	6,13	8,93
13 JT1	L2	95	3060	6,22	8,81
14 JT1	L2	72	3080	6,28	9,1
15 JT1	L2	8	3000	6,42	9,19

Yta

1 JT1	Yta	0	0	0	0
2 JT1	Yta	0	0	0	0
3 JT1	Yta	197	155	4,85	0
4 JT1	Yta	324	144	5,67	0
5 JT1	Yta	363	170	5,11	0
6 JT1	Yta	206	633	5,06	0
7 JT1	Yta	242	856	5,15	0
8 JT1	Yta	170	899	5,49	0,18
9 JT1	Yta	285	983	5,53	0,23
10 JT1	Yta	233	1030	5,73	0,38
11 JT1	Yta	93	1170	5,83	0,44
12 JT1	Yta	123	1200	5,96	0,63
13 JT1	Yta	99	1230	6,24	1,08
14 JT1	Yta	90	1390	6,3	1,37
15 JT1	Yta	12	1470	6,61	2,31

JT2

Omgång	Tunna	Mätpunkt	Redox (mV)	Kond (µS7cm)pH	Alk (ml 0,02M hcl) späd	
L1						
	1 JT2	L1	165	14590	6,46	0,55
	2 JT2	L1	197	14750	6,54	0,55
	3 JT2	L1	251	14780	6,44	0,62
	4 JT2	L1	99	15020	6,66	0,67
	5 JT2	L1	186	15730	6,72	0,71
	6 JT2	L1	217	16080	6,56	0,4
	7 JT2	L1	126	15290	6,75	0,76
	8 JT2	L1	99	15450	7,08	0,81
	9 JT2	L1	174	15070	6,75	0,82
	10 JT2	L1	147	14750	6,93	0,86
	11 JT2	L1	7	14730	7,46	1,05
	12 JT2	L1	19	1449	7,57	1,09
	13 JT2	L1	12	14020	7,54	1,04
	14 JT2	L1	28	13610	7,63	1,16
	15 JT2	L1	-49	12830	7,65	1,39
L2						
	1 JT2	L2	159	6010	6,44	0,22
	2 JT2	L2	184	6760	6,28	0,25
	3 JT2	L2	222	7130	6,26	0,27
	4 JT2	L2	124	7470	6,39	0,32
	5 JT2	L2	194	7630	6,46	0,42
	6 JT2	L2	160	7540	6,56	0,59
	7 JT2	L2	130	7440	6,58	0,72
	8 JT2	L2	107	7400	6,87	0,86
	9 JT2	L2	152	7060	6,65	0,93
	10 JT2	L2	143	6840	6,79	1,15
	11 JT2	L2	13	6950	7,01	1,3
	12 JT2	L2	21	6920	7,01	1,28
	13 JT2	L2	4	6800	7,09	1,42
	14 JT2	L2	29	6600	7,17	1,59
	15 JT2	L2	-44	6820	7,15	1,83
Yta						
	1 JT2	Yta	219	127,8	6,21	0,03
	2 JT2	Yta	240	134	5,86	0,03
	3 JT2	Yta	382	122	4,54	0
	4 JT2	Yta	222	97	5,42	0
	5 JT2	Yta	199	392	6,18	0,03
	6 JT2	Yta	171	402	6,19	0,03
	7 JT2	Yta	201	504	5,66	0,03
	8 JT2	Yta	135	525	6,49	0,04
	9 JT2	Yta	173	842	6,23	0,12
	10 JT2	Yta	160	965	6,89	0,18
	11 JT2	Yta	21	1290	6,58	0,29
	12 JT2	Yta	36	1256	6,64	0,3
	13 JT2	Yta	66	1850	6,77	0,39
	14 JT2	Yta	38	1660	6,89	0,47
	15 JT2	Yta	-2	1980	7	0,64

JT3

Omgång	Tunna	Mätpunkt	Redox (mV)	Kond (µS7cm)pH	Alk (ml 0,02M hcl) späd	
L1						
	1 JT3	L1	155	23100	6,44	0
	2 JT3	L1	0	0	0	0
	3 JT3	L1	164	22600	6,46	2,76
	4 JT3	L1	135	22900	6,45	3,39
	5 JT3	L1	157	23100	6,48	4,38
	6 JT3	L1	178	22500	6,6	6,29
	8 JT3	L1	216	23400	6,84	8,76
	7 JT3	L1	144	23000	6,75	7,62
	9 JT3	L1	154	22900	6,88	9,4
	10 JT3	L1	136	24700	6,96	10,31
	11 JT3	L1	25	24100	6,72	11,09
	14 JT3	L1	44	24400	7,01	13,94
	12 JT3	L1	35	24200	6,8	11,82
	13 JT3	L1	47	24200	6,92	12,85
	15 JT3	L1	-43	23400	7,03	14,68
L2						
	1 JT3	L2	171	9850	6,59	1,67
	2 JT3	L2	181	8770	6,57	1,58
	3 JT3	L2	174	8730	6,61	2,04
	4 JT3	L2	161	9550	6,78	2,33
	5 JT3	L2	283	10710	6,63	2,95
	6 JT3	L2	209	10960	6,71	3,87
	7 JT3	L2	156	11250	6,81	4,62
	8 JT3	L2	124	11330	6,89	5,33
	9 JT3	L2	113	12700	6,95	5,7
	10 JT3	L2	179	11830	6,9	6,51
	11 JT3	L2	23	11100	6,91	6,77
	12 JT3	L2	40	11600	6,81	7,28
	13 JT3	L2	41	10780	6,94	7,55
	14 JT3	L2	43	11200	7,06	8,68
	15 JT3	L2	-45	11300	7,01	9,37
Yta						
	1 JT3	Yta				
	2 JT3	Yta	228	193	6,87	0,1
	3 JT3	Yta	221	143	7,06	0,13
	4 JT3	Yta	179	95	7,35	0,14
	5 JT3	Yta	325	129	6,03	0,15
	6 JT3	Yta	194	268	7,08	0,24
	8 JT3	Yta	153	319	7,19	0,28
	7 JT3	Yta	176	322	7,02	0,26
	9 JT3	Yta	132	424	7,1	0,31
	10 JT3	Yta	129	493	7,03	0,39
	11 JT3	Yta	18	542	7,01	0,41
	12 JT3	Yta	40	661	7,1	0,51
	13 JT3	Yta	38	754	7,06	0,56
	14 JT3	Yta	40	965	7,17	0,77
	15 JT3	Yta	-30	1226	7,19	0,48

JT4

Omgång	Tunna	Mätpunkt	Redox (mV)	Kond (μS7cm)	pH	ml 0,02M hcl) :
L1						
	1 JT4	L1	236	9890	6,55	2,93
	2 JT4	L1	167	9720	6,72	3,2
	3 JT4	L1	189	9890	6,56	3,31
	4 JT4	L1	326	10100	6,53	3,9
	5 JT4	L1	171	9910	6,72	4,49
	6 JT4	L1	154	9370	6,7	5,94
	7 JT4	L1	143	9050	6,69	7,07
	8 JT4	L1	293	8900	6,74	8,2
	9 JT4	L1	132	8410	6,84	8,71
	10 JT4	L1	121	8450	6,8	9,69
	11 JT4	L1	30	8480	6,72	10,12
	12 JT4	L1	89	7890	6,69	11,03
	13 JT4	L1	54	7770	6,72	11,37
	14 JT4	L1	36	8023	6,77	12,28
	15 JT4	L1	-51	7750	6,8	12,55
L2						
	1 JT4	L2	265	7650	6,19	1,27
	2 JT4	L2	188	7720	6,36	1,75
	3 JT4	L2	184	7050	6,35	2,1
	4 JT4	L2	189	6900	6,5	2,81
	5 JT4	L2	185	6630	6,46	3,64
	6 JT4	L2	158	6230	6,5	5,58
	7 JT4	L2	154	6020	6,51	6,85
	8 JT4	L2	263	5690	6,73	7,88
	9 JT4	L2	136	5190	6,79	8,38
	10 JT4	L2	105	5220	6,74	9,07
	11 JT4	L2	27	5530	6,67	9
	12 JT4	L2	89	5230	6,53	9,43
	13 JT4	L2	54	5060	6,64	9,11
	14 JT4	L2	48	5030	6,76	9,89
	15 JT4	L2	-99	4820	6,65	10,13
Yta						
	1 JT4	Yta	236	172	6,61	0,17
	2 JT4	Yta	226	193	7,14	0,21
	3 JT4	Yta	229	235	6,97	0,2
	4 JT4	Yta	190	220	8,24	0,22
	5 JT4	Yta	224	215	6,99	0,23
	6 JT4	Yta	176	273	6,76	0,28
	7 JT4	Yta	157	406	6,57	0,35
	8 JT4	Yta	265	346	6,93	0,34
	9 JT4	Yta	138	467	6,83	0,48
	10 JT4	Yta	95	392	6,81	0,41
	11 JT4	Yta	23	436	6,76	0,42
	12 JT4	Yta	83	565	6,55	0,64
	13 JT4	Yta	39	701	6,69	0,79
	14 JT4	Yta	52	723	6,71	0,96
	15 JT4	Yta	-89	822	6,81	1,24

JT5

Omgång	Tunna	Mätpunkt	Redox (mV)	Kond (µS7cm)	pH	ml 0,02M hcl) :
L1						
	1 JT5	L1	188	7020	5,08	0
	2 JT5	L1	182	6530	5,1	0
	3 JT5	L1	189	5880	5,38	0
	4 JT5	L1	185	4980	5,54	0,03
	5 JT5	L1	234	3850	6,35	0,06
	6 JT5	L1	159	2420	6,2	0,06
	7 JT5	L1	142	1960	6,65	0,08
	8 JT5	L1	109	1888	8,82	0,11
	9 JT5	L1	88	1840	7,31	0,12
	10 JT5	L1	79	1702	8,34	0,17
	11 JT5	L1	-23	1790	9,63	0,2
	12 JT5	L1	18	1771	9,33	0,25
	13 JT5	L1	-13	1838	9,89	0,28
	14 JT5	L1	6	1870	9,58	0,33
	15 JT5	L1	-146	1890	9,76	0,34
L2						
	1 JT5	L2	209	2190	5,35	0
	2 JT5	L2	202	2370	5,51	0,03
	3 JT5	L2	191	2360	5,93	0,04
	4 JT5	L2	177	2330	5,66	0,04
	5 JT5	L2	220	2160	6,31	0,04
	6 JT5	L2	112	1890	6,17	0,05
	7 JT5	L2	147	1774	6,56	0,06
	8 JT5	L2	109	1752	8,32	0,06
	9 JT5	L2	95	1670	7,09	0,07
	10 JT5	L2	85	1633	7,73	0,08
	11 JT5	L2	-20	1730	8,82	0,09
	12 JT5	L2	39	1244	8,94	0,12
	13 JT5	L2	-7	1750	9,14	0,12
	14 JT5	L2	8	1710	8,93	0,16
	15 JT5	L2	-135	1760	9,08	0,14
Yta						
	1 JT5	Yta	228	84	5,5	0
	2 JT5	Yta	237	102	5,64	0,04
	3 JT5	Yta	228	79	5,66	0,03
	4 JT5	Yta	194	94	5,64	0,03
	5 JT5	Yta	215	84	6,37	0,03
	6 JT5	Yta	170	521	6,43	0,06
	7 JT5	Yta	156	363	6,69	0,12
	8 JT5	Yta	110	1043	7,87	0,06
	9 JT5	Yta	91	519	7,01	0,09
	10 JT5	Yta	82	640	7,46	0,15
	11 JT5	Yta	-13	864	7,99	0,18
	12 JT5	Yta	26	1685	8,42	0,19
	13 JT5	Yta	-4	1320	8,99	0,15
	14 JT5	Yta	14	1300	8,66	0,21
	15 JT5	Yta	-66	1390	8,81	0,18

JT6

Omgång	Tunna	Mätpunkt	Redox (mV)	Kond (µS7cm)pH	ml 0,02M hcl) :
L1					
	2 JT6	L1	141	3430	6,75 0,19
	3 JT6	L1	143	3270	6,89 0,18
	1 JT6	L1	137	3680	8,08 0,14
	4 JT6	L1	118	2660	9,25 0,31
	5 JT6	L1	162	2930	7,05 0,19
	6 JT6	L1	113	2630	7,17 0,24
	8 JT6	L1	101	2360	8,97 0,36
	7 JT6	L1	114	2580	9,68 0,39
	9 JT6	L1	70	2570	9,03 0,34
	10 JT6	L1	65	2540	9,04 0,31
	11 JT6	L1	-21	2610	9,15 0,22
	14 JT6	L1	11	2580	8,72 0,18
	12 JT6	L1	23	2570	8,36 0,35
	13 JT6	L1	-7	2640	9,17 0,2
	15 JT6	L1	-75	2670	8,8 0,22
L2					
	1 JT6	L2	144	2620	11,44 2,31
	2 JT6	L2	140	2640	11,42 2,16
	3 JT6	L2	141	2530	11,43 2,04
	4 JT6	L2	128	2580	11,35 1,72
	5 JT6	L2	144	2510	11,29 1,7
	6 JT6	L2	139	2290	11,21 1,45
	7 JT6	L2	110	2260	11,18 1,29
	8 JT6	L2	94	2180	11,1 1,14
	9 JT6	L2	50	2116	11,04 1,02
	10 JT6	L2	42	2250	10,87 0,44
	11 JT6	L2	-35	2180	10,83 0,15
	12 JT6	L2	-6	2130	10,24 0,64
	13 JT6	L2	-22	2170	10,28 0,43
	14 JT6	L2	13	2670	8,64 0,43
	15 JT6	L2	-68	2330	9,79 0,35
Yta					
	1 JT6	Yta	196	47	7,74 0,06
	2 JT6	Yta	193	91	10,01 0,11
	3 JT6	Yta	196	109	9,15 0,14
	4 JT6	Yta	168	171	10,26 0,18
	5 JT6	Yta	189	199	9,51 0,22
	6 JT6	Yta	158	343	9,02 0,15
	7 JT6	Yta	134	332	9,49 0,18
	8 JT6	Yta	112	3,75	9,9 0,15
	9 JT6	Yta	61	556	9,79 0,14
	10 JT6	Yta	305	831	7,26 0,16
	11 JT6	Yta	-22	860	9,3 0,33
	12 JT6	Yta	32	919	8,72 0,31
	13 JT6	Yta	0	1135	8,9 0,18
	14 JT6	Yta	12	1380	8,72 0,25
	15 JT6	Yta	-46	1541	8,67 0,12

JT0

Omgång	Tunna	Mätpunkt	Redox (mV)	Kond (µS7cm)	pH	Alk (ml 0,02M hcl) späd
L1						
	1 JT0	L1	524	0	4,46	0
	2 JT0	L1	501	22500	2,61	0
	3 JT0	L1	476	22800	2,59	0
	4 JT0	L1	525	21900	2,67	0
	5 JT0	L1	527	21700	2,68	0
	6 JT0	L1	529	20700	2,51	0
	7 JT0	L1	514	19430	2,5	0
	8 JT0	L1	527	19100	2,59	0
	9 JT0	L1	519	19480	2,57	0
	10 JT0	L1	513	19030	2,57	0,00
	11 JT0	L1	520	19050	2,47	0
	12 JT0	L1	528	19530	2,49	0
	13 JT0	L1	523	19300	2,47	0
	14 JT0	L1	497	18400	2,5	0
	15 JT0	L1	470	18930	2,54	0
L2						
	1 JT0	L2	514	10220	2,74	0
	2 JT0	L2	500	11600	2,69	0
	3 JT0	L2	483	12300	2,67	0
	4 JT0	L2	500	12020	2,76	0
	5 JT0	L2	511	12590	2,73	0
	6 JT0	L2	511	12490	2,57	0
	7 JT0	L2	516	10710	2,55	0
	8 JT0	L2	518	10660	2,64	0
	9 JT0	L2	519	9950	2,57	0
	10 JT0	L2	519	9060	2,59	0,00
	11 JT0	L2	515	8790	2,55	0
	12 JT0	L2	524	9000	2,58	0
	13 JT0	L2	515	8090	2,65	0
	14 JT0	L2	488	8250	2,59	0
	15 JT0	L2	440	8220	2,63	0
Yta						
	2 JT0	Yta	247	241	4,03	0
	3 JT0	Yta	132	133,5	3,85	0
	4 JT0	Yta	265	102	4,51	0
	5 JT0	Yta	262	198	4,87	0
	6 JT0	Yta	272	171	3,85	0
	7 JT0	Yta	308	160	3,74	0
	8 JT0	Yta	392	175	3,76	0
	9 JT0	Yta	395	231	3,65	0
	10 JT0	Yta	342	303	3,71	0,00
	11 JT0	Yta	362	345	3,32	0
	12 JT0	Yta	190	3,87	3,39	0
	13 JT0	Yta	221	483	3,17	0
	14 JT0	Yta	405	646	2,94	0
	15 JT0	Yta	197	702	3,05	0

Bilaga 10 - Metallanalyser

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT0-L1-2	5339	443,9	21,08	6,28	0,12	1089	481,2	7,6	6381	300,4	21	0	0,45	14370
JT0-L1-3	4756	415,3	18,04	5,26	0,11	989,5	464,7	3,6	5636	269,8	18,7	0	1,24	12960
JT0-L1-4	4741	411,6	17,8	5,16	0,1	979,1	485,7	3,8	5611	268,3	14,7	0	2,93	12890
JT0-L1-5	4808	438,1	16,83	4,94	0,1	1012	487,9	3,5	5727	276,9	20	0	2,25	13010
JT0-L1-6	4563	418,7	16,63	4,72	0,09	986,2	451,3	1,4	5468	259,5	14,6	0	1,03	12540
JT0-L1-7	4267	420,6	16,15	4,68	0,09	906	428,8	1,5	5146	240,1	13,7	0	1,59	11800
JT0-L1-8	4113	408,6	16,35	4,84	0,1	880,4	410,4	2,9	4925	231,3	18,1	0	1,33	11300
JT0-L1-9	4575	439	-	-		964,3	471,3	6,6	5431	254	22,9	0	-	12600
JT0-L1-10	3933	384,6	16,61	4,92	0,1	829	382,5	1,6	4697	215,2	12,6	0	0,99	10720
JT0-L1-11	4230	429	16,63	4,86	0,1	887,3	417,5	1,27	5055	233,7	18,8	0	0,87	11720
JT0-L1-12	4256	425,4	15,29	4,32	0,09	885,6	411	0,9	5074	231,9	13,5	0	0,55	11680
JT0-L1-13	2022	207,1	15,55	4,52	0,09	418,2	183,7	0,6	2441	108	4,4	0		5676
JT0-L1-14	3870	417,2	14,41	4,31	0,08	807,2	364,4	1,8	4640	209,5	14,6	0	0,21	10820

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT0-L2-1	1972	406,8	6,8	2,04	0,04	420,7	215,7	0,58	2419	108,7	11,91	0	0,7	5839
JT0-L2-2	183,7	337	7,79	2,35	0,05	412	153,08	2,04	474,8	78,06	14,32	0	2,48	1123
JT0-L2-3	2063	386	8,61	2,55	0,05	440,5	223,8	2,23	2528	112,1	16,55	0	2,49	5960
JT0-L2-4	1995	385,9	8,77	2,62	0,06	452,8	225	1,8	2451	113	7,5	0	2,27	5872
JT0-L2-5	2196	394,6	8,72	2,59	0,05	472,8	229,6	1,33	2699	119,4	16,2	0	1,56	6407
JT0-L2-6	2307	403,6	8,91	2,65	0,06	512,9	255,7	1,38	2829	126,6	17,47	0	1,54	6766
JT0-L2-7	1658	369	7,39	2,19	0,05	396,1	203,2	1,6	2046	94,3	14,65	0	1,79	4892
JT0-L2-8	1612	393,4	6,58	1,99	0,04	391,9	202,1	1,6	1991	92	13,25	0	2,1	4842
JT0-L2-9	1419	368,9	6,53	1,93	0,04	342,6	192	2,64	1759	80,1	13,21	0	3,34	4232
JT0-L2-10	1435	393,5	5,99	1,78	0,04	353,9	181,7	1,47	1789	81,3	12,14	0	2,01	4299
JT0-L2-11	953,9	372,2	5,71	1,7	0,04	322,7	156,2	0,9	1577	72,9	11,65	0	1,35	3830
JT0-L2-12	977,5	373,6	5,8	1,73	0,04	335,7	162,3	0,9	1639	75,1	12,29	0	1,32	3945
JT0-L2-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J10-L2-14	772,1	375,5	4,96	1,47	0,03	264,4	126,6	0,62	847,9	60,8	11,06	0	1,01	3112

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT0-YV-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT0-YV-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT0-YV-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT0-YV-4	2,23	6,15	0,02	0	0	0,84	2,99	0,23	2,44	0,17	0,04	0	0,61	5,47
JT0-YV-5	10,54	8,27	0,07	0,02	0	3,45	3,25	0,21	12,31	0,77	0,18	0	0,55	24,46
JT0-YV-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT0-YV-7	3,85	11,41	0,02	0,01	0	1,35	0,63	0,07	4,07	0,27	0,04	0	0,41	9,09
JT0-YV-8	3,04	10,13	0,02	0,01	0	1,13	0,18	0,03	3,34	0,25	0,03	0	0,3	8,19
JT0-YV-9	5,19	15,48	0,04	0,01	0	1,82	0,42	0,05	5,6	0,39	0,05	0	0,34	12,6
JT0-YV-10	5,74	17,69	0,04	0,01	0	2,02	1,01	0,1	6,25	0,42	0,06	0	0,39	13,86
JT0-YV-11	6,94	21,86	0,05	0,02	0	2,45	0,52	0,06	7,37	0,51	0,08	0	0,37	16,68
JT0-YV-12	6,87	28,46	0,05	0,02	0	2,62	0,62	0,04	7,46	0,55	0,07	0	0,39	18,71
JT0-YV-13	8,71	32,18	0,06	0,02	0	3,17	0,73	0,06	9,48	0,67	0,09	0	0,44	22,38
JT0-YV-14	10,03	38,04	0,07	0,02	0	3,66	0,9	0,09	10,96	0,74	0,16	0	0,47	24,2

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT1-L1-1	949,4	510,6	9,43	3,12	0,03	101,1	21	3,06	4480	263,3	5,05	0	1,63	9204
JT1-L1-2	1042	565,9	9,84	3,41	0,03	89,6	15,37	2,7	3074	291,1	4,9	0	1,03	6150
JT1-L1-3	876,5	557,3	8,86	3,07	0,02	61,9	4,09	1,23	4457	265,6	4,05	0	0,04	9075
JT1-L1-4	898,7	579,3	9,02	3,23	0,03	46,7	10,44	2,04	2968	278,5	4,27	0	0,54	5709
JT1-L1-5	862,8	582,1	8,62	3,2	0,03	34,5	6,61	1,37	2868	272,1	4,43	0	0,23	5511
JT1-L1-6	709,8	535,6	7,9	3,43	0,03	14,68	65,7	5,7	3275	298,3	4,46	0	2,36	5469
JT1-L1-7	377,3	495,2	5,19	2,97	0,03	7,66	11,87	2	2986	252,6	3,96	0	0,5	3867
JT1-L1-8	163,6	463,8	2,97	2,43	0,02	3,1	10,64	2,06	2794	205,5	3,96	0	0,48	2330
JT1-L1-9	76,8	460,8	1,73	1,86	0,02	1,4	6,19	1,56	2516	153,7	4,19	0	0,19	1258
JT1-L1-10	26	410,1	0,68	0,96	0,01	0,6	4,09	1,46	3148	84	3,71	0	0,12	421,8
JT1-L1-11	19,13	453,3	0,46	0,66	0	0,48	3,01	1,82	2188	70	4	0	0	287,6
JT1-L1-12	13	417,4	0,32	0,43	0	0,49	5,71	2,43	1772	43,6	4,28	0	0,36	150,6
JT1-L1-13	9,92	396	0,25	0,29	0,01	0,23	0,37	554,9	4821	34,9	6,65	0		110,4
JT1-L1-14	6,37	417,8	0,18	0,21	0	0,29	3,67	3,87	2231	26,9	4,58	0	0,25	80
sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT1-L2-1	292,6	512,3	2,74	0,81	0,01	52	37,8	2,94	563,2	51,8	3,2	0	2,83	1206
JT1-L2-2	300,9	539,1	2,88	0,89	0,01	38,7	10,19	1,37	643,7	58,9	2,98	0	0,89	1331
JT1-L2-3	284,9	551,8	2,86	0,92	0,01	27,5	13,6	1,7	639,2	58,5	3,04	0	1,13	1286
JT1-L2-4	280,9	570,9	2,72	0,94	0,01	16,14	6,57	0,98	738,9	65	2,87	0	0,49	1363
JT1-L2-5	268	570,5	2,76	1,09	0,01	11,63	5,2	1,13	851,4	73,4	3,29	0	0,38	1446
JT1-L2-6	88,4	272,2	2,04	1,2	0,01	4,89	7,05	1,05	574,7	43	3,29	0	0,47	626
JT1-L2-7	74,4	513	1,16	0,92	0,01	2,48	7,74	0,92	1054	61,5	3,42	0	0,41	622,9
JT1-L2-8	28	513,2	0,49	0,49	0	1	8,12	0,95	940,9	39,2	3,41	0	0,38	266,1
JT1-L2-9	11,01	544,9	0,19	0,2	0	0,48	5,29	0,89	712,4	15,06	3,47	0	0,38	84,9
JT1-L2-10	6,56	546,7	0,1	0,1	0	0,45	8,58	1,07	599,2	8,97	3,66	0	0,53	40,2
JT1-L2-11	5,85	559,7	0,08	0,07	0	0,51	10,6	1,17	580,5	7,2	4,08	0	0,94	30,2
JT1-L2-12	4,78	582,6	0,06	0,06	0	0,46	10,53	1,28	513,8	5,83	4,42	0	0,89	17,23
JT1-L2-14	3,18	579,5	0,05	0,04	0	0,12	0,87	1	444,3	4,12	5,3	0	0,02	10,03
sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT1-YV-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT1-YV-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT1-YV-3	3,53	17,6	0,03	0,01	0	1,19	5,5	0,38	5,94	0,53	0,07	0	0,91	12,68
JT1-YV-4	3,42	17,27	0,03	0,01	0	1,2	6,67	0,52	5,87	0,52	0,11	0	0,99	12,48
JT1-YV-5	3,89	21,48	0,03	0,01	0	1,2	3,08	0,26	6,61	0,57	0,06	0	0,58	13,78
JT1-YV-6	17,47	110,84	0,13	0,06	0	1,91	4,53	0,33	40,5	2,98	0,3	0	0,7	54,48
JT1-YV-7	21,04	163,54	0,16	0,08	0	1,81	6,73	0,51	58,62	3,97	0,46	0	0,96	66,38
JT1-YV-8	16,66	207,8	0,14	0,07	0	1,26	4,06	0,3	52,36	3,52	0,44	0	0,57	53,62
JT1-YV-9	16,3	196,04	0,14	0,07	0	1,08	3,73	0,3	53,94	3,53	0,47	0	0,49	54
JT1-YV-10	15,52	283,4	0,13	0,07	0	0,79	1,57	0,22	65,48	3,52	0,55	0	0,21	51,62
JT1-YV-11	17,04	279,4	0,15	0,08	0	0,75	0,77	0,22	64,66	3,95	0,69	0	0,11	56,62
JT1-YV-12	11,47	327,4	0,12	0,06	0	0,44	0,47	0,2	66,44	3,3	0,66	0	0,04	43,78
JT1-YV-13	9,17	343,8	0,11	0,06	0	0,18	0,04	0,2	60,94	3,16	0,66	0	0	40,7
JT1-YV-14	6,83	420	0,1	0,05	0	0,12	0,12	0,17	73,92	2,93	0,68	0	0	34,92

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT2-L1-1	6,75	477,8	0,18	0,09	0	1,08	5,88	3453	893,5	5,11	1162	0	0,01	93,4
JT2-L1-2	4,85	7306	0,15	0,09	0	0,33	1,36	61,26	13960	4,74		0	0	55,22
JT2-L1-3	3,76	489,3	0,11	0,07	0	0,29	1,7	3506	951,5	4,42	1159	0	0	41,84
JT2-L1-4	2,78	7460	0,08	0,05	0	0,21	0,87	51,8	14490	2,93		0	0	30,52
JT2-L1-5	1,66	486,3	0,06	0,04	0	0,17	1,06	3743	972,3	2,59	1296	0	0	19,73
JT2-L1-6	0,77	460,7	0,04	0,02	0	0,2	4,52	3740	898,2	1,74	1304	0	0	10,18
JT2-L1-7	0,47	469,6	0,03	0,01	0	0,13	1,39	3824	821,6	1,19	1320	0	0	5,91
JT2-L1-8	0,33	474,9	0,03	0,01	0	0,14	0,95	3817	768,3	1,14	1330	0	0	5,26
JT2-L1-9	0,14	465	0,02	0,01	0	0,11	0,86	3880	741	0,76	1366	0	0	3,5
JT2-L1-10	0,11	468,3	0,02	0,01	0	0,14	0,82	3704	696	0,82	1332	0	0	2,46
JT2-L1-11	0	457,3	0,01	0	0	0,12	0,59	3598	673,8	0,71	1303	0	0	1,92
JT2-L1-12	0	456,4	0,01	0	0	0,11	0,27	3450	662,4	0,65	1281	0	0	2,27
JT2-L1-13	0	425,8	0,01	0	0	0,04	0,02	4918	619,8	0,66	1820	0	0	2,35
JT2-L1-14	0	459,2	0,01	0	0	0,01	0,05	3247	643	0,67	1258	0	0	0,83

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT2-L2-1	5,07	419,2	0,09	0,05	0	1,14	6,42	1078	512,8	3,78	398,6	0	0,11	39,06
JT2-L2-2	4,55	422,3	0,11	0,06	0	0,3	2,25	1193	572	4,31	18,33	0	0	41,98
JT2-L2-3	4,61	436,4	0,11	0,07	0	0,3	2,67	1246	626,3	4,93	18,67	0	0	45,42
JT2-L2-4	4,37	445,2	0,11	0,07	0	0,27	2,38	1295	660,7	4,92	485,4	0	0	45,48
JT2-L2-5	4,07	463,1	0,1	0,06	0	0,24	1,58	1353	697,9	4,72	22,2	0	0	35,96
JT2-L2-6	84,9	9038	4,09	1,97	0,36	11,7	70,8	0	0	224,9	9986	0	5,15	1496
JT2-L2-7	1,77	459,9	0,06	0,03	0	0,15	0,98	1328	690	3,3	22,26	0	0	15,87
JT2-L2-8	1,18	8007	0,05	0,02	0	0,13	0,57	####	12200	2,92	21,66	0	0	11,36
JT2-L2-9	0,92	7568	0,04	0,02	0	0,12	0,63	####	11380	2,46	26,36	0	0	8,59
JT2-L2-10	0,72	448	0,03	0,01	0	0,13	1,01	1227	659,2	2,14	517,9	0	0	6,38
JT2-L2-11	0,34	430,7	0,03	0,01	0	0,11	0,73	1185	642,7	2,04	19,87	0	0	4,71
JT2-L2-12	0,48	433,8	0,02	0,01	0	0,14	0,62	1161	650,2	2,16	496,6	0	0	3,81
JT2-L2-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT2-L2-14	0,15	439,3	0,02	0,01	0	0,01	0,07	1141	626,6	1,94	514,8	0	0	2,37

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT2-YV-1	0,66	181,08	0,02	0,01	0	0,92	2,91	58,26	32,88	0,69	16,51	0	0,35	7,92
JT2-YV-2	0,28	14,36	0	0	0	0,23	2,57	5,09	2,41	0,08	1,24	0	0,36	2,03
JT2-YV-3	0,25	13,01	0	0	0	0,22	1,73	4,27	2,02	0,07	1,04	0	0,27	1,83
JT2-YV-4	0,26	13,55	0	0	0	0,2	2,08	5,03	2,17	0,07	1,19	0	0,25	1,89
JT2-YV-5	0,66	70,06	0,01	0,01	0	0,21	1,52	21,96	11,57	0,31	5,86	0	0,15	5,96
JT2-YV-6	0,7	79,56	0,02	0,01	0	0,18	0,5	29,76	15,49	0,39	8,09	0	0,05	6,88
JT2-YV-7	0,74	107,08	0,02	0,01	0	0,16	0,23	38,64	19,39	0,48	10,57	0	0,02	7,65
JT2-YV-8	0,68	77,68	0,02	0,01	0	0,16	0,38	34,42	17,17	0,42	9,79	0	0,02	6,91
JT2-YV-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT2-YV-10	0,74	199,88	0,02	0,01	0	0,2	1,77	67,22	33,22	0,79	14,82	0	0,09	8,81
JT2-YV-11	0,42	314,2	0,02	0,01	0	0,13	0,32	96,86	51,7	0,92	30,6	0	0	6,23
JT2-YV-12	0,47	260,6	0,02	0,01	0	0,16	0,41	98,86	47,04	0,99	21,8	0	0	7,12
JT2-YV-13	0,15	298	0,02	0,01	0	0,01	0,01	93,44	51,38	0,95	23,16	0	0	5,36
JT2-YV-14	0,04	337,6	0,02	0,01	0	0,01	0,11	####	64,56	0,95	34,1	0	0	4,73

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT3-L1-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT3-L1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT3-L1-3	5,8	433,6	0,33	0,34	0	0,16	0,89	643,5	2824	85,2	5828	###	0	369,2
JT3-L1-4	10,45	446,3	0,56	0,57	0,01	0,3	2,34	660,8	2882	82,8	5982	###	0	322,8
JT3-L1-5	9,82	432,7	0,43	0,47	0,01	0,33	1,43	669,1	2930	71,5	6139	0,2	0	212
JT3-L1-6	2,66	430,4	0,12	0,15	0	0,09	0,57	710,3	3042	17,73	6264	###	0	104
JT3-L1-7	4,92	415,7	0,3	0,59	0,01	0,26	2,83	696,9	3149	45,8	6284	###	0	59,6
JT3-L1-8	1,88	409,2	0,13	0,14	0	0,11	0,41	701,8	3180	16,44	6323	0	0	39,1
JT3-L1-9	2,96	448,2	0,1	0,11	0	0,21	1,16	854,3	3754	40,6	7354	0	0	18,66
JT3-L1-10	1,87	417,9	0,08	0,08	0	0,16	0,61	746,5	3338	19,41	6588	0	0	13,8
JT3-L1-11	1,69	397,1	0,07	0,06	0	0,16	0,92	725,8	3314	17,76	6572	0	0	11,97
JT3-L1-12	1,34	392,6	0,06	0,05	0	0,14	0,45	737,8	3353	16,2	6689	0	0	10,22
JT3-L1-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT3-L1-14	1,03	-	0,05	0,04	0	0,04	0,05	-	-	18	-	0	0	8,01

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT3-L2-1	2,13	357,7	0,09	0,06	0,01	0,92	3,89	280,2	779,5	9,08	1927	0	0,16	17,32
JT3-L2-2	2,49	380,7	0,1	0,07	0	0,17	1,23	264,9	731,8	9,44	1825	0	0,01	20,98
JT3-L2-3	2,6	391,1	0,1	0,07	0,01	0,19	2,29	272	762,4	9,8	1807	0	0,06	21,42
JT3-L2-4	2,65	398,3	0,1	0,08	0,01	0,18	1,57	285,1	808,1	10,12	1945	0	0,01	20,64
JT3-L2-5	2,14	396,4	0,09	0,07	0,01	0,15	0,94	328,1	954,9	10,33	2257	0	0,01	17,1
JT3-L2-6	1,8	395,1	0,07	0,05	0	0,15	1,03	341,8	1126	9,84	3258	0	0	11,74
JT3-L2-7	1,49	388,4	0,05	0,04	0	0,15	0,48	345,1	1203	9,36	2514	0	0	7,45
JT3-L2-8	0,4	396,7	1,35	0,88	0,27	0,1	0,8	355,9	1285	10,7	2633	0	2,2	9,1
JT3-L2-9	1,07	375,1	0,04	0,03	0	0,15	0,5	331,9	1242	7,34	2477	0	0	5,56
JT3-L2-10	0,88	395,9	0,03	0,02	0	0,13	0,68	349,3	1388	6,22	2675	0	0	4,37
JT3-L2-11	0,87	383,2	0,03	0,02	0	0,12	1,26	347,1	1366	6,01	2555	0	0	3,88
JT3-L2-12	0,68	386,8	0,03	0,02	0	0,14	0,38	348,8	1304	6,14	2563	0	0	3,38
JT3-L2-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT3-L2-14	0,6	381,3	0,02	0,01	0	0,02	0,03	325,2	1332	6,57	2466	0	0	2,81

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT3-YV-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT3-YV-2	0,31	9,1	0	0	0	0,22	3,06	1,08	2,92	0,28	8,07	0	0,36	0,36
JT3-YV-3	0,19	10,62	0	0	0	0,15	1,13	1,19	3,07	0,15	9,15	0	0,13	0,18
JT3-YV-4	0,21	11,32	0	0	0	0,17	1,75	1,1	2,59	0,18	7,69	0	0,18	0,18
JT3-YV-5	0,19	19,43	0	0	0	0,17	0,74	1,55	3,88	0,18	11,23	0	0,1	0,15
JT3-YV-6	0,01	51,26	0	0	0	0,16	0,42	3,72	7,71	0,28	22,06	0	0,06	0,16
JT3-YV-7	0	61,04	0	0	0	0,13	0,21	4,33	8,46	0,27	21,64	0	0,01	0,3
JT3-YV-8	0	58,76	0	0	0	0,13	0,03	4,38	8,23	0,24	22,12	0	0	0,18
JT3-YV-9	0	65,48	0	0	0	0,13	0,06	6,31	12,03	0,33	27,64	0	0	0,26
JT3-YV-10	0	89,94	0	0	0	0,13	0,05	9,68	17,35	0,43	50,8	0	0	0,34
JT3-YV-11	0	86,52	0	0	0	0,12	0,03	10,14	16,74	0,39	48,6	0	0	0,31
JT3-YV-12	0	130,44	0	0,01	0	0,11	0,02	15,64	28,48	0,48	57,66	0	0	0,36
JT3-YV-13	0	128,66	0,01	0,01	0	0,01	0,01	15,09	31,4	0,53	51,38	0	0	0,38
JT3-YV-14	0	161,72	0	0	0	0,01	0,03	19,14	44,98	0,57	85,02	0	0	0,39

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT4-L1-1	9,16	439,3	0,3	0,39	0	0,37	5,11	63,5	2374	35,6	687,3	0	0,23	158,6
JT4-L1-2	7,13	462,3	0,24	0,34	0	0,31	3,74	62,7	2391	33,9	709,3	0	0,09	129
JT4-L1-3	7	487,2	0,23	0,34	0	0,3	2,28	66,3	2606	33,7	729,5	0	0	123
JT4-L1-4	6,27	469	0,21	0,32	0	0,25	0,87	63,6	2331	31,3	5,46	0	0	98,4
JT4-L1-5	5,69	452	0,17	0,27	0	0,3	2,81	61	2322	27,9	665,2	0	0	76,9
JT4-L1-6	4,57	471,3	0,13	0,22	0	0,35	5,45	63,6	2568	17,98	705,1	0	0,24	59,3
JT4-L1-7	3,49	429,4	0,09	0,14	0	0,28	3,11	56	2217	13,01	656,8	0	0,06	26,72
JT4-L1-8	3,37	454,3	0,08	0,12	0	0,31	3,49	59,7	2150	12,4	687,1	0	0,05	22,78
JT4-L1-9	2,66	431,8	0,07	0,1	0	0,24	1,28	56,6	2049	10,18	662,6	0	0	19,68
JT4-L1-10	2,25	413,3	0,06	0,08	0	0,25	2,05	51,4	1912	8,84	622,5	0	0	15,07
JT4-L1-11	1,82	400,6	0,05	0,06	0	0,21	0,84	50,3	1825	7,2	621,5	0	0	13,64
JT4-L1-12	1,71	391,7	0,05	0,06	0	0,23	0,95	48,9	1759	6,69	624,1	0	0	12,64
JT4-L1-13	1,49	386,4	0,05	0,05	0	0,18	0,09	49,3	1723	6,38	621,3	0	0	12,64
JT4-L1-14	1,14	399,4	0,04	0,05	0	0,11	0,09	53	1619	5,12	655,5	0	0	9,19

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT4-L2-1	19,23	496,3	0,73	0,72	0	0,67	7,98	21,5	1693	49,7	7,62	0	0,49	384,9
JT4-L2-2	14,17	536,2	0,58	0,62	0	0,51	7,55	19,5	1592	43,7	6,81	0	0,49	304,7
JT4-L2-3	11,83	560,1	0,5	0,57	0	0,4	5,24	20,2	1666	42,8	6,61	0	0,3	270,1
JT4-L2-4	11,48	538,5	0,42	0,5	0	0,34	1,89	18,7	1557	34,8	8,76	0	0	191,7
JT4-L2-5	7,83	533,8	0,28	0,35	0	0,3	3,58	18,7	1491	28,8	6,84	0	0,15	131,3
JT4-L2-6	5,26	473,5	0,15	0,2	0	0,33	6,24	18,3	1374	13,67	7,35	0	0,4	47,76
JT4-L2-7	3,92	449,1	0,11	0,13	0	0,22	1,61	18,7	1276	10,21	8,62	0	0	31,7
JT4-L2-8	3,23	423,3	0,09	0,1	0	0,44	11,66	19,9	1179	8,21	8,2	0	1,01	26,72
JT4-L2-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT4-L2-10	1,95	499,9	0,06	0,05	0	0,22	2,86	23,1	1203	5,22	9,05	0	0,11	15,46
JT4-L2-11	1,71	419,6	0,05	0,05	0	0,2	1,81	19,3	980,6	4,86	8,97	0	0,01	13,51
JT4-L2-12	1,56	424,9	0,05	0,04	0	0,22	2,27	19,2	920,5	4,42	9,76	0	0,05	12,36
JT4-L2-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT4-L2-14	0,98	435	0,04	0,03	0	0,07	0,23	20,7	838,3	3,32	9,24	0	0	8,28

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT4-YV-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT4-YV-2	0,24	35,58	0	0	0	0,3	6,82	0,61	7,73	0,26	1,55	0	0,75	1,7
JT4-YV-3	0,19	39,52	0,01	0	0	0,27	4,29	0,47	9,74	0,35	1,89	0	0,54	2,79
JT4-YV-4	0,1	43,4	0,01	0,01	0	0,2	2,89	0,39	9,49	0,33	1,89	0	0,34	2,26
JT4-YV-5	0,08	37,68	0,01	0	0	0,18	2,36	0,35	8,83	0,32	1,76	0	0,27	1,88
JT4-YV-6	0,13	59,56	0,01	0,01	0	0,23	3,83	0,49	11,4	0,42	2,39	0	0,42	3,5
JT4-YV-7	0,06	89,64	0,02	0,01	0	0,14	0,73	0,5	19,16	0,61	4,32	0	0,05	5,69
JT4-YV-8	0	73,28	0,01	0,01	0	0,12	0,18	0,44	17,54	0,58	4,15	0	0,01	4,41
JT4-YV-9	0	111,32	0,02	0,01	0	0,15	0,09	0,69	25,3	0,75	6,9	0	0	5,61
JT4-YV-10	0	88,8	0,01	0,01	0	0,12	0,08	0,53	17,59	0,55	4,91	0	0	4
JT4-YV-11	0,05	89,48	0,01	0,01	0	0,15	1,14	0,65	17,2	0,54	5,02	0	0,12	4,01
JT4-YV-12	0,01	136,14	0,02	0,01	0	0,12	0,21	0,78	30,94	0,66	7,86	0	0	4,44
JT4-YV-13	0	136,64	0,02	0,01	0	0,01	0,01	1,03	29,64	0,7	10,24	0	0	4,51
JT4-YV-14	0	176,48	0,02	0,01	0	0,01	0,17	1,88	37,94	0,69	18,27	0	0	3,87

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT5-L1-1	58,5	731,3	1,43	0,75	0,01	5,75	16,34	14,26	1514	56,6	21,5	0	0,58	611,4
JT5-L1-2	54	617	1,19	0,62	0	5,49	3,93	10,77	1434	47,9	19,23	0	0,01	476,6
JT5-L1-3	42	576,9	0,93	0,48	0	4,43	2,93	8,68	1275	29,8	18,41	0	0	374,5
JT5-L1-4	15,84	551	0,4	0,21	0	1,65	0,73	4,79	989,1	13,65	8,78	0	0	217,5
JT5-L1-5	11,05	559,7	0,33	0,17	0	1,25	1,37	5,36	734,2	12,14	14,32	0	0	107,8
JT5-L1-6	0,1	628,9	0	0	0	0,3	4,2	3,6	192,3	2,1	8,4	0	0	9,1
JT5-L1-7	0,4	649,3	0,01	0,01	0	0,21	0,74	8,41	83,78	0,56	11,59	0	0	2,26
JT5-L1-8	0,18	646,5	0,01	0	0	0,19	0,31	10,87	47,38	0,29	11,49	0	0	1,1
JT5-L1-9	0,04	631,5	0	0	0	0,18	0,3	12,65	33,8	0,16	11,79	0	0	0,53
JT5-L1-10	0	653,7	0	0	0	0,18	0,24	13,94	13,92	0,09	10,45	0	0	0,43
JT5-L1-11	0	662,7	0	0	0	0,18	0,15	15,62	8,8	0,05	10,72	0	0	0,06
JT5-L1-12	0	645,4	0	0	0	0,17	0,14	15,8	4,69	0,03	10,34	0	0	0
JT5-L1-13	0	625,6	0	0	0	0,08	0,02	17,18	3,63	0,03	11,79	0	0,05	0,99
JT5-L1-14	0	664,4	0	0	0	0,05	0,03	20,04	2,1	0,01	12,59	0	0	0

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT5-L2-1	17,47	548,6	0,38	0,15	0	1,27	12,85	3,56	###	8	6,75	0	0,56	124,7
JT5-L2-2	16,49	565,1	0,33	0,14	0	0,97	8,44	2,59		7,98	7,37	0	0,28	115,2
JT5-L2-3	13,12	568,6	0,29	0,12	0	0,75	3,2	2,24	215,7	7,12	7,67	0	0,07	94,8
JT5-L2-4	9,69	569,5	0,22	0,09	0	0,56	2,09	2,09	239,2	5,71	8,17	0	0,01	66,7
JT5-L2-5	2,13	588,8	0,06	0,02	0	0,15	0,88	0,93	75,04	1,47	3,6	0	0	12,68
JT5-L2-6	1	608,1	0,04	0,02	0	0,29	3,56	5,88	203	1,66	12,14	0	0,09	8,16
JT5-L2-7	0,16	629,9	0,01	0	0	0,14	1,03	3,39	41,4	0,34	6,2	0	0	2,52
JT5-L2-8	0	608	0,01	0	0	0,15	0,86	4,6	27,18	0,19	6,03	0	0	1,02
JT5-L2-9	0	313,5	0	0	0	0,13	0,68	5,08	18,43	0,11	5,71	0	0	0,56
JT5-L2-10	0	644,4	0	0	0	0,14	1,31	5,45	10,73	0,04	7,73	0	0	0,09
JT5-L2-11	0	621,1	0	0	0	0,15	0,85	5,76	8,33	0,03	4,76	0	0	0,12
JT5-L2-12	0	627,2	0	0	0	0,14	0,45	6,94	6,92	0,01	5,18	0	0	0
JT5-L2-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT5-L2-14	0	604,1	0	0	0	0,03	0,07	9,82	6,05	0	6,34	0	0	0

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT5-YV-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT5-YV-2	0,43	17,01	0	0	0	0,24	4,54	0,45	1,97	0,1	0,12	0	0,33	1,87
JT5-YV-3	0,28	14,55	0	0	0	0,22	3,25	0,32	1,31	0,07	0,08	0	0,23	1,34
JT5-YV-4	0,26	16,32	0	0	0	0,19	1,91	0,21	1,41	0,07	0,08	0	0,14	1,34
JT5-YV-5	0,27	19,6	0	0	0	0,16	0,42	0,08	1,49	0,07	0,08	0	0,03	1,31
JT5-YV-6	0	149,2	0	0	0	0,13	0,55	0,41	4,56	0,08	0,36	0	0,02	0,53
JT5-YV-7	0,21	106,38	0,01	0	0	0,26	8,28	0,57	2,68	0,07	0,24	0	0,45	0,86
JT5-YV-8	0	354,4	0	0	0	0,2	3,19	1,64	7,48	0,08	1,14	0	0,16	0,52
JT5-YV-9	0	148,9	0	0	0	0,16	0,98	0,74	3,76	0,06	0,47	0	0,05	0,3
JT5-YV-10	0	184,76	0	0	0	0,15	1,14	1,11	3,92	0,04	0,59	0	0,05	0,15
JT5-YV-11	0	264,4	0	0	0	0,14	0,6	1,25	3,5	0,03	0,63	0	0,01	0,09
JT5-YV-12	0	482,2	0	0	0	0,13	0,55	2,2	3,12	0,01	1,07	0	0	0,04
JT5-YV-13	0	489,6	0	0	0	0,01	0,01	3,25	3,69	0,01	1,48	0	0	0
JT5-YV-14	0	471,4	0	0	0	0,01	0,19	3,15	3,37	0,01	1,32	0	0	0,05

sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT6-L1-1	103,2	10740	0	0	0	15,2	44,8	2144	1232	115,5	945,8	0	0	1221
JT6-L1-2	129	10030	0	0	0	15,6	35,4	1984	1046	86,3	895	0	0	852,8
JT6-L1-3	203,5	9018	0	0	0	21,2	13,6	1737	1094	115,5	796,5	0	0	1237
JT6-L1-4	173,4	7860	0	0	0	18,3	8,4	1636	1068	116,9	759,8	0	0	1286
JT6-L1-5	159,7	7590	0	0	0	14,9	11	1587	859	77,3	741,7	0	0	763
JT6-L1-6	47,5	7646	0	0	0	10,4	13,5	1474	391,7	6,8	666,9	0	0	14,1
JT6-L1-7	21,5	6544	0	0	0	11,7	10,9	1585	343,2	3,9	707,8	0	0	10,3
JT6-L1-8	10,2	6624	0	0	0	10,5	6,3	1700	270	1,7	748,6	0	0	4,9
JT6-L1-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT6-L1-10	0	6091	0	0	0	10,7	1,7	1891	350	1,8	800,8	0	0	3,8
JT6-L1-11	0	7024	0	0	0	10,5	1,7	1991	379,4	1,6	834,1	0	0	7,7
JT6-L1-12	0	5862	0	0	0	10,3	1,9	2065	367,8	1,4	883,5	0	0	4,5
JT6-L1-13	0	613,7	0	0	0	0,08	0,4	165,8	35,6	0,02	76,5	0	0	6,7
JT6-L1-14	0	6459	0	0	0	4,2	0,1	2209	394,7	1,3	961,3	0	0	5,9
sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT6-L2-1	0,51	804	0	0	0,01	0,19	0,13	36,4	0,5	0	23,24	0	0,16	0,07
JT6-L2-2	0,06	865,1	0	0	0	0,11	0,01	48,1	0,28	0	14,99	0,01	0	0,01
JT6-L2-3	0,05	802,4	0	0	0,01	0,25	0,02	46,7	0,75	0	15,7	0	0,11	0,05
JT6-L2-4	0	787,1	0	0	0,01	0,26	0	49,5	0,59	0	15,9	0	0,1	0,02
JT6-L2-5	0	806,4	0	0	0,01	0,34	0,01	53,6	0,92	0	17,9	0	0,12	0,05
JT6-L2-6	0	0	0	0	0,01	0,33	0	0	0,89	0	0	0	0,07	0
JT6-L2-7	0	677,3	0	0	0,01	0,43	0	85,8	1,36	0	27,8	0	0,12	0
JT6-L2-8	0	665,5	0	0	0	0,21	0	96,1	1,12	0	30,1	0	0,02	0
JT6-L2-9	0	7927	0	0	0	0,38	0	1910	1,52	0	829,3	0	0,06	0
JT6-L2-10	0	610,3	0	0	0,64	0	0,63	111,5	1,6	0,26	35,9	0	11,33	0,84
JT6-L2-11	0	627,9	0	0	0	0,42	0,01	124,6	2,3	0	37,5	0	0,03	0
JT6-L2-12	0	617,7	0	0	0	0,37	0,01	135,5	2,23	0	40,4	0	0	0
JT6-L2-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT6-L2-14	0	540,6	0	0	0	0,25	0	154,1	2,73	0	45,1	0	0	0
sampleID	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
JT6-YV-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JT6-YV-2	0,08	14,58	0	0	0	0,14	0,69	0,51	0,22	0	0,13	0	0,07	0,06
JT6-YV-3	0,06	26,2	0	0	0	0,13	0,35	0,69	0,29	0	0,17	0	0,04	0,07
JT6-YV-4	0,09	39,2	0	0	0	0,13	0,15	0,91	0,41	0	0,23	0	0,03	0,06
JT6-YV-5	0,07	51,82	0	0	0	0,14	0,16	1,21	0,43	0	0,3	0	0,02	0,04
JT6-YV-6	0,1	100,1	0	0	0	0,15	0,15	3,37	0,57	0	0,83	0	0,01	0,03
JT6-YV-7	0,1	109,66	0	0	0	0,13	0,44	3,93	0,52	0	0,86	0	0,03	0,07
JT6-YV-8	0,09	106,84	0	0	0	0,15	0,07	6,62	0,64	0	1,32	0	0	0,06
JT6-YV-9	0	166,74	0	0	0	0,15	0,09	12,18	0,76	0	2,54	0	0	0,02
JT6-YV-10	0	196,54	0	0	0	0,14	0,2	19,75	0,81	0	4,06	0	0	0,04
JT6-YV-11	0	277,6	0	0	0	0,13	0,04	25,02	1,03	0	4,44	0,01	0	0,01
JT6-YV-12	0	334,6	0	0	0	0,14	0,03	35,1	1,4	0	6,52	0	0	0,01
JT6-YV-13	0	193,06	0	0	0	0,04	0	19,3	1,89	0	9,48	0,01	0	0
JT6-YV-14	0	449,6	0	0	0	0,05	0,01	64,18	2,61	0	16,97	0	0	0,01

Bilaga 11 - Fotobilaga



Bild 1 *Uppbyggnad av Lysimeter*



Bild 2 *Homogeniseringsbalja*



Bild 3 Mixad avfall och additiv i tunna med första lysimeter på plats.



Bild 4 Bortsorterade grovfraktioner av LD-sten



Bild 5 Mesa



Bild 6 Okänt material i mesan som sorterades bort när det var större klumpar.



Bild 7 Provtagning, tunnorna från nedre vänster räknat JT0,1,2,3 Övre raden, JT4,5,6



Bild 8 Laborationsplats



Bild 9 Spädning av prover



Bild 10 Geni i arbete