

Miljöriktig användning av askor

966

Askanvändning i deponier

Gustav Tham & Karin Ifwer

Askanvändning i deponier

Utilization of ashes as construction materials in landfills

Gustav Tham
Telge AB

Karin Ifwer
ÅF-Process AB

Q4-258

Abstract

Ett stort antal deponier kommer att behöva sluttäckas inom de närmaste tio åren. Stora mängder material åtgår för att uppfylla svensk lagstiftning.

En beräkning visar att storleksordningen 100 miljoner ton material behövs för enbart sluttäckning. Tillgången blir begränsad om det inte finns möjlighet att använda avfall eller andra restprodukter från samhället. Att använda naturmaterial skulle innebära att det naturliga skyddet som istiden skapat försvinner och därigenom negativt påverkar miljön.

Lagstiftningen ger nu möjlighet att vid t ex sluttäckning få använda industriella restprodukter under förutsättning att materialen är väl undersökta.

Föreliggande rapport visar att askor är väl lämpade för användning på deponier såväl vid sluttäckning som vid andra tillämpningar som vägkonstruktioner, dammbyggnader m m. Tillämpningen av askor i sluttäckningsskikten visar att det går att uppfylla funktionskravet på genomsläpplighet.

Den praktiska utläggningen och blandningen av material har fungerat bra men luktstörningar uppträder när slam och aska blandas. Visst problem med damning finns redovisat men såväl lukt- som damningsproblem kan lösas.

Lite erfarenhet från terrassering för att utforma släntlutningar redovisas samt tillgängliga resultat från lysimetrar. Askmaterial omfattar i huvudsak botten- och flygaskor från biobaserade bränslen men även andra avfallsprodukter från förbränning förekommer.

Användning av askor i olika konstruktioner på deponier innebär miljömässiga och ekonomiska fördelar då askor kan ersätta naturmaterial.

Erfarenheter från olika anläggningar visar att det finns ett starkt behov av att följa upp pågående små- och storskaliga projekt, bl a med avseende på askors långtidsegenskaper.

Sammanfattning

Bakgrunden är att inom ramen för programmet ”Miljöriktig användning av askor” redogöra för askors användning i deponier.

Målet är att redovisa var i en deponi aska kan användas som konstruktionsmaterial i beaktande av miljömässiga och tekniska aspekter relaterade till deponeringsförordningens krav. Varje skikt i sluttäckningen beskrivs med avseende på typ av askor och hur kraven uppfylls.

Projektbeskrivningen har kompletterats med att även omfatta tätskiktet som inte fanns medtaget i den ursprungliga beskrivningen. Samtidigt har även miljökonsekvenser beaktats.

Rapporten beskriver elva deponiers användning av askor vid sluttäckning. Även andra tillämpningar inom deponiområdet berörs.

Sammanställningen är upplagd efter askors användning i respektive skikt vid sluttäckning och omfattar skiktens uppbyggnad, blandning, utläggning och uppföljning. Vidare har varje anläggning fått möjlighet att lämna praktiska erfarenheter och rekommendationer. Vid sluttäckning ska samtliga ingående material tillsammans uppfylla *funktionskravet*.

Rapporten avslutas med slutsatser från denna sammanställning och diskussion om behov för vidare forskning och utveckling.

Användning av askor visar att de är väl lämpade för olika konstruktioner i deponier. Vid sluttäckning av deponier kan askor användas i flera skikt med olika funktion. Askor kan t ex användas i tätskikt, antingen som enskilt material eller i blandning med slam, genom att det går att uppfylla funktionskravet på täthet. Fyra anläggningar kan idag visa att genomsläppligheten ligger under kraven för Icke-farligt avfall respektive Farligt avfall-deponi.

Någon jämförelse görs inte med alternativa material utan sammanfattningsvis bedöms askor vara väl så bra som naturmaterial eller geomembran, vilka tidigare har ansetts som vedertagna tekniker.

Tillgången på jungfruliga material är begränsad, varför alternativ med att använda askor med lämpliga egenskaper är att rekommendera. Eftersom askor från olika förbränningsanläggningar har olika egenskaper måste alla askor undersökas noga innan de används.

De flesta anläggningarna redovisar erfarenheter i form av utläggnings- och blandningsteknik med synpunkter på fördelar och nackdelar. Materiallogistik är viktig så att ytor kan färdigställas och inte ligga exponerade över längre tid. Slam utgör i flera fall olägenheter när det gäller spridning av lukt i samband med blandning och utläggning. Förslag finns hur problemet kan lösas.

Några anläggningar berör frågor kring terrassering av deponier. Släntlutningar är viktiga för stabiliteten och behov finns att i planeringsstadiet före sluttäckning modellera deponier för att underlätta avrinning, undvika erosion, glidytor m m. Prognoser för sättningar är viktiga och en beskrivning av deponins underlag (packningsgrad, avfallsslag etc).

Lakning i laboratorium är inte alltid överensstämmande med lakresultat i fält. Betydligt större lakning har uppmätts vid laboratorieförsök än i fält. Behov finns att framöver undersöka material t ex genom fler lakningstester både av enskilda och blandade material och att korrelera resultaten med fältmätningar.

Flera studier indikerar att en sluttäckning med askor, både som enskilt material och i blandning med slam, inte försämras i ett långtidsperspektiv. En rekommendation med det fortsatta utvecklingsarbetet för att använda askor är emellertid att ytterligare studera hur askor förändras – ombildas - med tiden och hur detta påverkar långtidsegenskaperna. Askors benägenhet att under vissa förutsättningar omvandlas till lermineral innebär möjligheter att ytterligare förbättra egenskaperna hos tätskikt.

Mot bakgrund av de positiva resultat som uppnåtts vid användning av askor som konstruktionsmaterial är det viktigt att sprida kunskap om materialen och dess användningsmöjligheter och därmed öka den miljöriktiga användningen av askor.

Summary

Large amounts of material will be needed to cover landfill sites in Sweden and other EU states over the next ten years. It is estimated that more than one hundred million tons of material will be required in Sweden alone in order to comply with the EU Landfill Directive (1999/31/EC). Suitable natural materials to be used in landfill cover constructions are not available on site.

This report summarises the present use of secondary construction material in waste management with a focus on incineration ash.

Information from eleven landfill sites has been compiled and includes the practical experience of using ash as the primary material in landfill cover. Other applications of using ash on landfill sites are also discussed.

According to Swedish law, a complete cover of a landfill site consists of five different layers, each having its own specific function. The permeability of the total cover should then satisfy the permeability requirements of 50 litres per square meter and year for non-hazardous waste landfill sites and 5 litres per square meter and year for those with hazardous waste.

The main purpose of this report is to describe how ash is used in the different layers and discuss the advantages or disadvantages of the techniques applied. Various landfill sites have submitted information ranging from small test areas on a pilot scale to full scale application of techniques on several hectares. Each project is part of the general Värmeforsk research program for 2003-2005, *Miljöriktig användning av askor* [The environmentally proper use of ash].

The overall results show that incineration ash is a suitable material for use in liner constructions, either alone, or mixed with sewage sludge. Data from water percolating below the liner has indicated that the liners can meet permeability requirements.

Special techniques for applying the various layers have been described. It is important to have materials readily available for an area, in order to avoid long period of exposure to dry or wet weather. Some odour problems have been reported in connection with the release of ammonium during the mixing of materials such as sludge and ash.

Ash in landfill covers can also be used in other projects such as the construction of roads, noise reduction walls and dams, and the treatment of leachate water.

The report also recommends areas for future research. The modelling of landfills prior to closure in order to avoid instability of slopes needs to be studied more. Finally, as the use of secondary construction materials as liner is a fairly new phenomenon, more follow up work is required.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
2	SLUTTÄCKNING AV DEPONIER	2
2.1	LAGSTIFTNING	2
2.2	DEPONIKATEGORIER OCH FUNKTIONSKRAV	2
2.3	KRETSLOPPS- OCH MILJÖASPEKTER	3
3	GENOMFÖRANDE – INSAMLING AV ERFARENHETER	4
4	ASKANVÄNDNINGSSOMRÅDEN PÅ DEPONIER.....	6
4.1	INLEDNING	6
4.2	SLUTTÄCKNING	7
4.2.1	<i>Avjämnings- och gastransportskikt</i>	<i>7</i>
4.2.2	<i>Tåtskikt.....</i>	<i>8</i>
4.2.3	<i>Dräneringsskikt.....</i>	<i>10</i>
4.2.4	<i>Skyddsskikt</i>	<i>11</i>
4.2.5	<i>Vegetationsskikt.....</i>	<i>12</i>
4.3	BOTTENTÄTNING	12
4.4	INJEKTERING	13
4.5	MODELLERING	14
4.6	ÖVRIGA ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN FÖR ASKA	14
5	ERFARENHETER FRÅN ASKANVÄNDNING PÅ DEPONIER	15
5.1	PRAKTISKA ASPEKTER PÅ ASKANVÄNDNING VID SLUTTÄCKNING.....	15
5.1.1	<i>Blandning av olika materialslag</i>	<i>15</i>
5.1.2	<i>Utläggning av material</i>	<i>15</i>
5.1.3	<i>Lagring och materialplanering</i>	<i>16</i>
5.1.4	<i>Damning</i>	<i>16</i>
5.1.5	<i>Ammoniakavgång (lukt).....</i>	<i>17</i>
5.2	FUNKTIONSKRAVETS UPPFYLLEDNING	17
5.2.1	<i>Täthet och beständighet.....</i>	<i>19</i>
5.2.2	<i>Utlakning.....</i>	<i>20</i>
5.2.3	<i>Släntlutningar</i>	<i>22</i>
6	DISKUSSION	23
7	SLUTSATSER.....	24
8	REFERENSER	25
8.1	LITTERATURREFERENSER	25
8.2	PERSONLIGA KONTAKTER	25

Bilagor

A ASKANVÄNDNING PÅ OLIKA DEPONIER

- A.1 DRAGMOSSENS DEPONI, ÄLVKARLEBY
- A.2 GRYTA AVFALLSANLÄGGNING
- A.3 GÄRSTAD DEPONI, LINKÖPING
- A.4 HÄRLÖVSTIPPEN, KRISTIANSTAD

- A.5 KIKÄSTIPPEN, MÖLNDAL
- A.6 MUNKEBO DEPONI, TROLLHÄTTAN
- A.7 RYATIPPEN, HALLSTAVIK
- A.8 SOFIELUNDS DEPONI, HUDDINGE
- A.9 TAGENE DEPONI, GÖTEBORG
- A.10 TVETA ÅTERVINNING, SÖDERTÄLJE
- A.11 ULVBERGETS AVFALLSANLÄGGNING, HUDIKSVALL

1 Inledning

Svensk deponilagstiftning har radikalt förändrats under senare år. Införlivandet av EU:s deponeringsdirektiv genom nya förordningar och föreskrifter har avsevärt skärpt villkoren för deponering genom förbud för deponering av brännbart och organiskt avfall.

Merparten befintliga deponier uppfyller dock inte de nya kraven. Ett stort antal av dem kommer därför att behöva avslutas inom det närmaste decenniet. Detta leder till att det kommer att bli stor efterfrågan på konstruktionsmaterial. Potentialen att använda vissa avfall för återvinning såsom askor från energiutvinning bedöms därvid som möjlig.

Traditionellt har återanvändning av avfallsprodukter från samhället bedömts med stor skepsis. Samtidigt ser naturvårdsverket positivt på återanvändning av restprodukter ur resurssynpunkt. Här kan nämnas återföring av askor från energiutvinning till skogsmark, nyttjande av behandlat slam i jordbruket m.m.

Föreliggande rapport syftar till att beskriva var och hur askor kan användas som konstruktionsmaterial i deponier, relaterat till de miljömässiga och tekniska krav som ställs i deponilagstiftningen. Ett primärt användningsområde är vid sluttäckning av deponier. En uppskattning är att det behövs i storleksordningen 100 miljoner ton material för att sluttäcka deponier i landet under en kommande tioårsperiod, material som idag inte finns utan att använda jungfruliga material.

Rapporten har genomförts som en kunskapssammanställning baserad på erfarenheter och undersökningar i huvudsak från projekt inom Värmeforsks askprogram. Målgruppen är anläggningsägare, miljömyndigheter, entreprenörer och konsulter.

2 Sluttäckning av deponier

2.1 Lagstiftning

Lagstiftningen beträffande avslutning av deponier innebär att man väljer en deponeringsstrategi som medför en begränsad och för omgivningen acceptabel utlakning av miljöpåverkande ämnen. På lång sikt kommer därigenom avfallet att neutraliseras. Detta ställer emellertid krav på beräkning av deponins vattenbalans, att en relevant bedömning kan göras av omgivningspåverkan och att täckningsåtgärder utförs på ett noggrant och kvalitetssäkrat sätt med beständiga material.

Flertalet av EU:s övriga medlemsstater har främst koncentrerat sig på en väl fungerande botten tätning kombinerat med pumpning och rening av lakvatten. I Sverige finns i storleksordningen 400 deponier som är mer eller mindre i drift med eller utan botten tätning. Naturlig geologisk barriär saknas i regel och ska då avslutas med en sluttäckning som ska uppfylla vissa villkor.

Den grundläggande målsättningen skall vara att varje generation tar hand om sitt eget avfall. Deponier skall därför konstrueras så att tiden för aktiva skyddsåtgärder för t ex. lakvatten begränsas. Vidare ska merparten lakbara föroreningar i en deponi, oavsett vilka åtgärder som vidtas i form av olika barriärer, att på lång sikt tillföras omgivande miljö med undantag av vissa organiska föroreningar som ska hinna brytas ned innan barriärernas funktion upphör.

Spridning av föroreningar skall genom olika skyddsåtgärder fördröjas så mycket som behövs för att undvika skada på människor och miljö. Genom EU:s *Landfill Directives* (1999/31/EG) som trädde i kraft i juli 1999, valde Sverige att omarbeta förslaget och samtidigt införa vissa skärpningar. Bland annat infördes krav på att deponier måste ha en sluttäckning som begränsar infiltration av nederbörd, vilket annars var en rekommendation i direktivet.

2.2 Deponikategorier och funktionskrav

Enligt förordningen (2001:512) om deponering av avfall indelas deponierna i följande kategorier:

- Deponier för Farligt avfall
- Deponier för Icke-farligt avfall
- Deponier för Inert avfall

För de olika deponiklasserna gäller olika krav på skyddsåtgärder. Begränsningar av vilka avfall som får deponeras i de olika deponierna finns i flera olika författningar, t ex. finns förbud mot deponering av vissa avfall i förordningen om deponering av avfall. Krav på maximal tillåten utlakning av vissa ämnen ur farligt avfall och ur inert avfall finns i Naturvårdsverkets föreskrifter (2005:10) om deponering, kriterier och förfarandet för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall.

I Naturvårdsverkets handbok med allmänna råd (Handbok 2004:2) framgår det att material som får användas för sluttäckning och bottentätning kan utgöras av t ex geomembran, naturlig lera eller restprodukter (avfall). Vid val av material bör beständigheten över tiden beaktas.

För sluttäckning av deponier gäller ett **funktionskrav** som måste uppfyllas d v s sluttäckningen skall vara så konstruerad att mängden lakvatten som passerar genom täckningen inte överskrider eller kan antas komma att överskrida 5 l/m^2 per år för deponier för Farligt avfall och 50 l/m^2 per år för deponier för Icke-farligt avfall.

Ett viktigt funktionskrav är att deponins stabilitet är säkerställd i ett långt tidsperspektiv ("tusenårsperspektiv"). Vidare rekommenderas att den minsta lutningen på sluttäckningens tätskikt är 1:20, medan den största lutningen inte bör överskrida 1:3

Hur sluttäckningen bör utformas framgår av Naturvårdsverkets Handbok 2004:2 med allmänna råd till förordningen (2001:512).

2.3 Kretslopps- och miljöaspekter

Stora volymer massor erfordras för de olika lagren vid t ex sluttäckning av en deponi. Som exempel på materialåtgång kan nämnas att mäktigheten på sluttäckningen bör enligt Naturvårdsverkets allmänna råd vara minst 1,5 m för deponier för Icke-farligt avfall och minst 2 m rekommenderas ofta för deponier för Farligt avfall.

Behovet av material är många gånger problematiskt att uppfylla, vilket medför negativa miljöeffekter bl a genom ökade transporter och bortförande av material som idag utgör naturliga barriärer. Att sluttäcka ett hektar med jungfruligt material innebär ca 1300 transporter (lastbil med släp $\approx 30 \text{ ton/transport}$). Genom att använda askor för sluttäckning istället för deponering har Tveta Återvinningsanläggning under de senaste fyra åren minskat antalet transporter med 70 % för alternativa sluttäckningsmaterial.

De krav som ställs på att återanvända massor för de olika skikten i en deponi är att de måste vara väl undersökta både vad gäller miljömässiga och materialtekniska egenskaper. För material under tätskiktet gäller mottagningskriterierna för respektive deponi i fråga.

Vid användning av alla slags material för sluttäckningsändamål – oavsett ursprunget – får materialen inte innehålla miljöstörande ämnen som kan påverka människa eller miljö. Krav finns att ha god kontroll under efterbehandlingsperioden på 30 år. En sluttäckning som uppfyller funktionskravet kommer att begränsa mängden lakvatten med i storleksordningen 90 %, motsvarande högst 50 mm perkolerande nederbörd för deponier för Icke-farligt avfall.

3 Genomförande – insamling av erfarenheter

I denna studie har en sammanställning gjorts av erfarenheterna från att använda aska som konstruktionsmaterial på deponier. Kända anläggningar som använder askor vid sluttäckning kontaktades samt ett stort antal kontaktpersoner som bedriver försöksverksamhet på olika deponier. Följande kontakter togs:

- Bersbo
- Boliden (Stockholms Universitet)
- Cementa
- **Dragmossens deponi, Älvkarleby**
- Ervalla, Örebro
- Falun (Stora Enso)
- **Gärstad deponi, Linköping (Tekniska Verken i Linköping)**
- **Gryta Avfallsanläggning (Vafab, Västerås)**
- Hudiksvall (Fortum)
- **Härlövstippen, Kristianstad**
- **Kikåstippen, Mölndal**
- Luleå tekniska Universitet
- **Munkebo deponi, Trollhättan**
- RagnSells
- **Ryatippen, Hallstavik (Holmen Paper)**
- **Sofielunds deponi, Huddinge (SRV Återvinning)**
- Skärnästippen, Iggesund (Iggesunds Paperboard)
- SÖRAB
- **Tagene deponi, Göteborg (Renova)**
- **Tveta Återvinningsanläggning, Södertälje (Telge)**
- **Ulvbergets deponi, Hudiksvall**
- Vattenfall, Uppsala

Elva anläggningar (markerade med fetstil ovan) beskrev användning av askor. Genom personkontakter har även andra bidragit med värdefull information. Tidplanen i projektet har varit för snäv för att få in alla uppgifter. Det insamlade materialet har använts som underlag för en erfarenhetssammanställning. Utifrån erfarenheterna har även en diskussion kring olika frågeställningar i samband med askanvändning på deponier kunnat sammanställas. Information om respektive anläggning återfinns i bilaga A.

Uppgifter har också lämnats av Luleå Tekniska Universitet, Lunds Universitet/Campus Helsingborg, KTH i Stockholm, Geodevelopment, Tekedo AB och Telge Återvinning samt Södertälje Bro & Väg för bl a synpunkter angående lakningsresultat, kemiska förändringsprocesser, lukt, ammoniakavgång, blandningsförhållanden och utläggning.

Avsikten med rapporten är en övergripande kunskapssammanställning från praktisk användning av askor på deponier. De olika projektens syften varierar och bygger på sina

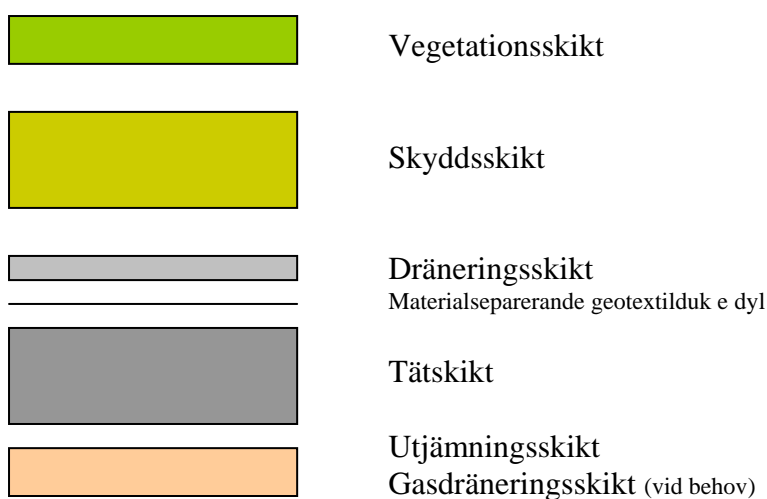
egna meriter och omfattar dels praktisk användning av askor, med eller utan dokumentation och uppföljning, och dels projekt i liten eller pilotskala med mer inriktning på forskning och utveckling (FoU).

4 Askanvändningsområden på deponier

4.1 Inledning

Av möjliga användningsområden med askor dominerar projekt med sluttäckning på deponier. Storleksordningen 30 000 - 40 000 ton material åtgår per hektar varav askor kan vara en stor potential. Andra tillämpningsområden som berörs i studien är användning av askor i vägprojekt, bottentätning, injektering i deponier för stabilisering och andra byggkonstruktioner samt vid behandling av lakvatten.

En fullständig sluttäckning omfattar fem skikt, där askor också används , nämligen;



En sammanställning visar att fyra anläggningar i studien har tillstånd att använda aska i sluttäckningskonstruktionen (ett tillstånd att använda askor har hävts). Tillämpningen sker i ett brett spann från småskaliga pilotförsök till storskaliga projekt på flera hektar;

Dragmossen	pilot	2400 m ²
Gryta	provyta	1000 m ²
Gärstad	pilot	5000 m ²
Härlövstippen	tillstånd	2000-3000 m ² (senare avslag för askor)
Kikåstippen	tillstånd	150 000 m ²
Munkebo	pilot	200 m ²
Ryatippen	tillstånd	ca 150 000 m ²
Sofielund	pilot	1000 m ²
Tagene	pilot	1000 m ²
Tveta	tillstånd	50 000 m ²
Ulvberget	tillstånd	20 000 m ²

4.2 Sluttäckning

4.2.1 Avjämnings- och gastransportskikt

I ett avjämningskikt, som även kan ha funktionen som gastransportskikt under tätskiktet, är det relativt vanligt att man använder olika typer av askor. Fullskaleprojekt har utförts med såväl flyg- som bottenaska. Eftersom denna tillämpning ligger under tätskiktet ställs inga miljökrav – eller borde inte ställas - utöver de som normalt ställs för avfallsdeponeringen på respektive deponi. Vilken typ av aska som används till avjämningskiktet beror till stor del på lokala tillgången på material. Tjockleken på skiktet varierar beroende på hur deponin ser ut före sluttäckningen och hur mycket ytan och lutningar behöver jämnas ut.

Följande anläggningar har redovisat användning av askor som avjämnings- och/eller gastransportskikt:

- Dragmossen – pilotförsök, 2400 m², lagrad flygaska från bibränsleförbränning, ca 0,5 m mäktighet.
- Gryta - försöksyta 1000m², terrasseringskikt med askor från kol/torv, träbränsle och avfall, lysimetrar installerade, mäktighet 0,6 m.
- Gärstad – pilotförsök, 5000 m², slaggrus samt bottenaska från kol/gummi/trä förbränning, varierande tjocklek, läggs ut med grävskopa.
- Munkebo – fullskala, flygaska från bibränsleförbränning, ca 0,5-6 m mäktighet, läggs ut med hjullastare och avjämnas/packas med grävmaskin, askan har bra bärighet. Nuvarande etapp är ca 2,5 hektar.
- Sofielund – fullskala, bottenaska där magnetiskt skrot avskiljts, kornstorlek 0-50 mm, ca 1 m mäktighet, bladschaktmaskin breder ut och packar materialet genom att köra med bandlarverna på ytan, askan är lättarbetad och har bra bärighet, bidrar dock till klorider i lakvattnet.
- Tagene – pilotförsök, 1000 m², slaggrus samt krossad betong.
- Tveta – fullskala, 5 hektar, 0,3 – 0,7 m mäktighet, väl dränerande bottenaska eller panssand, siktad och metallavskiljt, utlagd utan packning och sedan täckt med geotextil.
- Ulvberget – fullskala, 2 hektar.



Figur 1. Avjämningsskikt på försöksytan på Dragmossen deponi [1].

Sammanfattning

Hälften av anläggningarna med aska i avjämningsskiktet redovisar fullskaleprojekt och hälften pilotförsök. Ytornas storlek varierar från några kvadratmeter till flera hektar. Tjockleken på skiktet ligger i de flesta fall inom spannet 0,5 – 1 meter (undantaget är Munkebo med en tjocklek på upp till 6 m). Såväl botten- som flygaska används, men också pannsand. En anläggning redovisar gasinsamlingssystem i en avslutad hushållsdeponi i övrigt är underliggande avfall i upplagen inte specificerade.

Om syftet enbart är att jämna till en deponi (terrassering eller motsvarande) behöver inte större krav ställas på askornas kvalitet annat än att det bör vara ett bra friktionsmaterial framför allt i slänter. Om underlaget däremot utgörs av organiskt material, t ex en avslutad hushållsdeponi, måste ett väl dränerande material användas för att leda bort gaser bl a för att förhindra en temperaturhöjning under tätskiktet, vilket kan bidra till uttorkning. Tillämpningar från anläggningarna visar att en halvmeter är tillräckligt men kan från fall till fall bli flera meter tjockt för att bl a utjämna framtida sättningar.

4.2.2 Tätskikt

Aska har testats i tätskiktet vid ett flertal deponier, men främst i pilotskala. I flera av försöken har man blandat askan med rötat avloppsslam. Tätskiktets funktion vad gäller genomsläpplighet och beständighet är mycket viktig och då avfall används är det särskilt angeläget att det går att visa att god täthet kan uppfyllas över tiden för att få acceptans.

Följande försök från aska i tätskiktet har lämnats i denna studie:

-
- Dragmossen – pilotförsök, 2400 m², flygaska från biobränsle (45-50 %) + rötat avloppsslam (50-55 %) baserat på TS-halt, ca 0,5 m mäktighet, förblandning med rotorskopa och efterföljande blandning med tvångsblandare, utläggning med grävmaskin, uppföljning visas att kravet för icke-farligt avfall uppfylls med god marginal.
- Gärstad – pilotförsök, 5000 m², flygaska från kol/gummi/trä (ca 50 % TS) + rötat avloppsslam (ca 50 % TS), ca 0,5 m mäktighet (utläggning i två lager á 0,25 m), blandning med modifierat asfaltsverk, utläggning med grävmaskin, uppföljning visas att kravet för icke-farligt avfall uppfylls. Lysimeterar har installerats.
- Härlövstippen – tätskikt med aska i fullskala på ca ¼ av deponin (några tusen m²), blandning av 50% slam, 25 % aska, 25% naturgrus, ca 0,8-1 m mäktighet, blandning och utläggning med grävmaskin och hjullastare, hög täthet har uppmätts med man har fått avslag från länsstyrelsen för fortsatt täckning.
- Kikåstippen – tätskikt med aska storskaligt på hittills ca 5000 m² av totalt omkring 30 hektar, flygaska + smetresten från skogsindustrin, ca 30-50 cm mäktighet.
- Munkebo – test på två försöksytor, ca 15 m² vardera med biobränsleflygaska + rötat avloppsslam i tätskiktet, blandning med traktorfräs, packning med skopa, klarar kravet för icke-farligt avfall då dräneringsskikt läggs ovanpå.
På en yta på ca 200 m² har även enbart flygaska används som tätskikt, denna yta har visat sig vara i princip helt tät.
- Ryatippen – askdeponi där tillstånd finns för sluttäckning med flygaska, total yta att täcka är ca 15 hektar, hög täthet har uppmätts, askorna körs med lastbil och schaktas ut på deponin.
- Sofielund – pilotförsök, ca 1000 m², blandning av rötat avloppsslam och flygaska + bottenaska från returträ (2,5 skopor slam + 1 skopa aska), ca 0,4 m mäktighet (utläggning i två lager á 0,2 m), blandning av askorna i slutet satsblandare, efterföljande hopblandning med slammet mha skopa + stjärnsikt, utläggning med grävmaskin, uppföljning av försöket är ej klar.
- Tagege – pilotförsök, två ytor á 500 m², flygaska från träpellet + rötat avloppsslam (3 skopor slam + 1 skopa aska), 0,4 m mäktighet, blandning med enkel trumsikt, utläggning med hjullastare, någon uppföljning har inte gjorts ännu.

Tveta – tätskikt i fullskala, fyra hektar har delats in i sju olika ytor med olika blandningar, reaktiv flygaska, blandningar av botten- och flygaska med eller utan bentonit, aska-slam skikt, två-skikt med flygaska och åldrad bottenaska, ca 0,7-1 m mäktighet. Tätskiktet packas med vält och provtas för kvalitetssäkring (1 prov per 1000 m³). Mätningar har visat att tätheten klarar kravet för icke-farligt avfall [6], [23]. Tjocklek och blandningsförhållanden är beroende av släntlutningar och typ av underlag. Lysimetrar är utplacerade i underkant på tätskiktet.

Sammanfattning

Sju anläggningar redovisar försök med askor i tätskikten, varav tre har tillstånd i fullskala. De flesta anläggningar har en blandning av aska och slam. Endast ett par anläggningar har använt enbart askor. Ytorna varierar från några kvadratmeter till flera hektar. Miljödomstolen har lämnat tillstånd i ett fall (Tveta).

De askor som används omfattar flygaska från i huvudsak biobränslen men också med inslag av kol och gummi, bottenaska från returbränslen och rötat avloppsslam samt smetrestes. Enbart flyg- och bottenaskor används i ett fall med syfte att få en monolitisk struktur.

Lysimeterdata har redovisats från Dragmossens, Gärstads och Tvetas deponier, alla med resultat på genomsläpplighet < 50 liter per kvadratmeter och år. Tveta har också resultat på < 5 liter på deponi för Farligt avfall.

Övrig möjlig tillämpning kan utgöra reparationsåtgärder vid större sättningar eller att flacka slänter överdimensioneras med askor genom bombering.

4.2.3 Dräneringsskikt

Dräneringsskiktet, som läggs ovanpå tätskiktet, har en viktig roll för att dränera bort perkolerande vatten så att belastningen på tätskiktet minskar. Bottenaska och slagg har använts som dräneringsskikt både i pilot- och fullskala. Från enkätundersökningen har följande försök gjorts:

Dragmossen – pilotförsök, 1800 m², slaggrus från förbränning av plast, trä och papper, fraktion 0-100 mm, ca 0,2 m mäktighet.

Gärstad – pilotförsök, slaggrus, ca 0,2 m mäktighet.

Munkebo – fullskala, bottenaska från biobränsle till gasdränering, ca 0,5 m mäktighet, läggs ut med hjullastare och avjämnas/packas med grävmaskin, askan har bra bärighet.

Tveta – fullskala, 5 hektar, upparbetad slagg från sam- eller avfallsförbränning, slaggen renas från metaller och oförbränt och siktas i två fraktioner, den grova fraktionen används som

dräneringsskikt, materialet packas ej. I dränskiktet läggs in rännor för avrinning, vars avstånd är en funktion av släntlutningen.

Sammanfattning

Fyra anläggningar redovisar aska i dränskiktet. Askor utgörs av bottenaska och slaggrus samt panssand med en tjocklek på 0,2 – 0,5 meter [9] med goda dränerande egenskaper. Askorna bör vara upparbetade, där metaller och oförbränt är bortsorterat för att minska föroreningsgraden i vatten som passerar genom dränskiktet.

En anläggning konstruerar rännor i dränskiktet för fortare avrinning så att flacka slänter inte får för hög belastning på tätskiktet.

4.2.4 Skyddsskikt

Skyddsskiktet har en viktig roll för att skydda tätskiktet mot frost och rotpenetration. På de flesta anläggningar i denna studie har man inte använt aska i skyddsskiktet. Istället är det vanligt att använda schaktmassor eller återvunnen jord. Ovanpå detta läggs t.ex. jord, hygieniserat avloppsslam eller fibermull som vegetationsskikt. Dessa anläggningar har uppgett att aska använts som komponent i skyddsskiktet:

- Gryta - 1000 m² med komposterat avloppsslam (Kungsängens avloppsreningsverk) och askor blandat med trädgårdsavfall, senare blandat med schaktmassor (40 vikts-% slamandel), ca 1 meter tjockt.
- Tveta – fullskala, 5 hektar, finfraktionen av upparbetad slagg från sam- eller avfallsförbränning (Högdalenverket) blandat med avvattnat rötat slam från Himmerfjärdsverket, Avesta m fl, ca 1,5 m mäktighet. Högst 30 vikts-% organiskt slam med permeabilitet nära 10⁻⁵ m/s.
- Ryatippen – askdeponi med aska även i sluttäckningen, dock utan klart definierade skikt. Ovanpå flygaskan läggs bottenlagg från en barkpanna och överst läggs organiskt material i form av bark.

Sammanfattning

Tre anläggningar anger aska som inslag i skyddsskiktet. Laktester visar att en finfraktion från askor kan med fördel blandas in utan miljöpåverkan. Enligt tillsynsmyndigheten synpunkter ska den organiska delen inte överskrida 30 vikt-%. En sådan blandning är möjlig att uppnå och att erhålla en optimal permeabilitet kring 10⁻⁵ m/s.

Erfarenheterna från Tveta är att skyddsskiktet har en av de viktigaste funktionerna av alla skikt för att uppnå funktionskravet och minska mängden dränerande vatten. Skiktet syftar till att befrämja växlighet, maximera avdunstning och förhindra att frost når tätskiktet. [25].

Laktester visar också att en viss kvävehöjning sker genom perkolerande vatten men avklingar efter 5-6 år. Samma gäller klorider som når låg nivå inom en tioårsperiod (se kap 5.2.2).

Metanoxidation ska befrämjas i den övre delen av skyddsskiktet men får inte tränga ner till dränerings- respektive tätskiktet, vilket kan medföra en temperaturhöjning.

4.2.5 Vegetationsskikt

Endast Tveta beskriver askinblandning i vegetationsskiktet

Tveta - mindre andel slag (ca 10%) med finfraktionen från Högdalens bottenaskor har prövats för vegetationsförsök.

Sammanfattning

En potential finns att använda mindre mängd aska med hänsyn till att viss växtetablering gynnas av en basisk jord och blandas med kompostjord, biologiskt renade jordar eller schaktmassor.

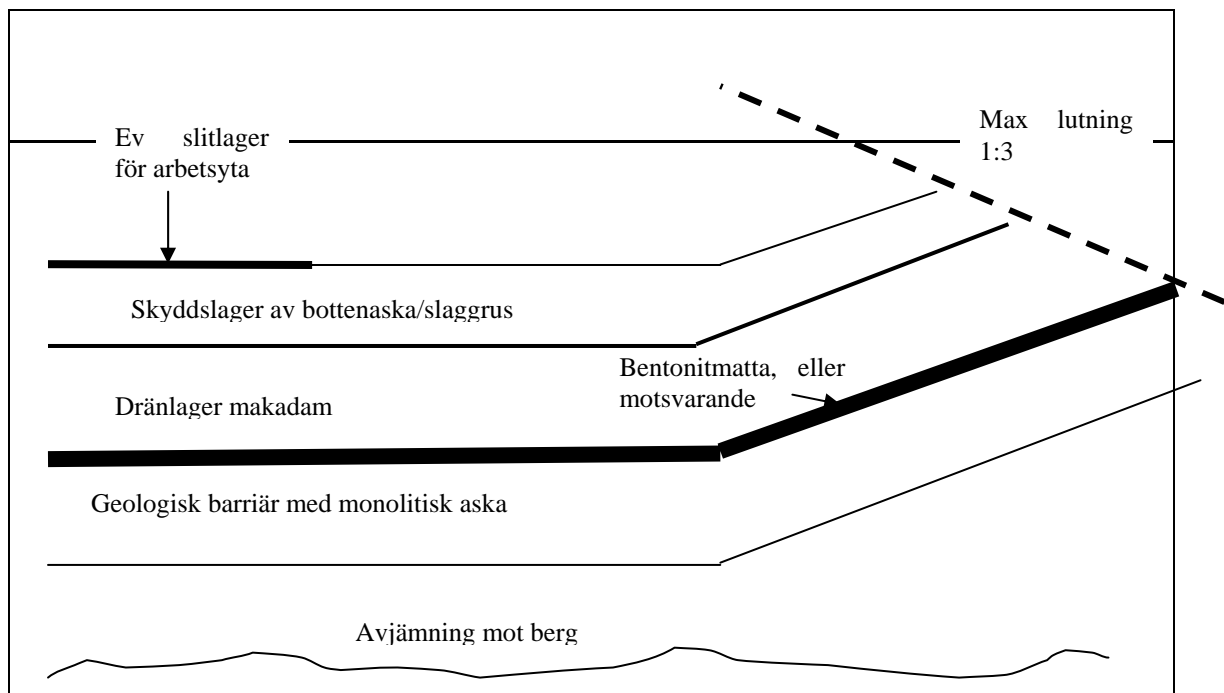
4.3 Bottentätning

I dagsläget finns lite erfarenheter från användning av aska i bottentätningar. Endast Gärstad deponi har uppgett att man i en deponicell för rökgasreningsprodukter på 6500 m² har använt slaggrus som dränskikt ovanpå geomembranet i bottentätningen (utsorterad större fraktion). Det man bör tänka på när bottenaska och slaggrus används som dränskikt är att kornen är spröda (i jämförelse med naturgrus) och därför ska man undvika att köra på det utlagda materialet.

Ingen anläggning har redovisat askor vid konstruktion av bottentätning för ny deponi. Telge Återvinning har emellertid ansökt om att få anlägga en ny deponi för Farligt avfall. Ansökan har inlämnats till Miljödomstolen i december 2005. Konstruktionen omfattar både konstgjord barriär och bottentätning, eftersom den kommer att anläggas på berg.

Argumentet för användning av askor vid bottentätning är främst tätningsegenskaperna genom att askan kan bilda monoliter. Ibland har bentonitmatta och stenmjöl använts vid bottentätning. Fördelar med bentonitmatta – både ekonomiskt och miljömässigt – bedöms inte uppväga fördelen med att använda t.ex. reaktiv flygaska.

Användning av askor vid konstruktion av geologisk barriär och bottentätning har föreslagits av Telge Återvinning i den nyligen inlämnade ansökan (se Figur 2). Argumenten är att askor är ett bra ersättningsmaterial och innebär resursbesparing. Bottentätningen är en konstruktion som enbart är till under de år som verksamhet bedrivs, varefter deponin ska sluttäckas. Potentiella material är bottenaska och slaggrus.



Figur 2. Förslag till uppbyggnad av geologisk barriär med botten tätning för deponi för Farligt avfall vid Tveta Återvinningsanläggning, Södertälje.

4.4 Injektering

På Tveta Återvinningsanläggning har man i ett pilotförsök testat att injektera flygaska för att stabilisera hushållsavfallsdeponin. Tekniken med injektering bedöms kunna motverka problem med att deponins täckskikt förstörs genom differentiella sättningar. Dessutom kan flygaska i en deponi troligtvis bidra positivt till den kemiska utvecklingen så att fastläggning sker av metaller.

Totalt injekterades ca 100 ton askslurry (aska+vatten) i pilotförsöken genom ett antal förborrade hål ner till 9 meter i deponin. Detta motsvarar uppskattningsvis en utfyllnad av ca 12-16 % av de tillgängliga hålrummen inom injekteringsområdet.

Erfarenheterna från injekteringen är goda och det gick efter viss intrimning av utrustningen bra att blanda aska med vatten till en pumpbar slurry och injektera den i deponin. Askan stelnar efter uppskattningsvis några dagar till hårda, spröda klumpar som kan bidra till ökad stabilitet. Askslurryn visade sig emellertid sprida sig ganska långt från injekteringshålerna genom håligheter i deponin och för att få märkbara effekter krävs större mängder än de som injekterades i pilotförsöket. För att klargöra hur mycket aska som behövs och hur stabiliteten påverkas krävs ytterligare studier, vilket inte har utförts ännu [5], [8].

4.5 Modellering

Några anläggningar beskriver modellering av deponi med syfte att utforma deponin på ett sådant sätt att bl a avrinning kan fungera bättre genom att bygga på avjämningskiktet (bombering). Askor utgör ett utmärks material för en sådan åtgärd.

Annan tillämpning kan vara att flacka ut slänter med askor för att förbättra släntstabiliteten eller minska risken för erosion. Många anläggningar som ska sluttäckas utgörs av avslutade deponier för hushållsavfall, där sättningar kommer att inträffa. Beroende på hur väl deponin är packad kommer sättningar att uppträda oregelbundet och kan eventuellt förebyggas med extra påbyggnad med askor.

4.6 Övriga användningsområden för aska

Ett flertal anläggningar har uppgett att de har goda erfarenheter från att använda aska för en del andra ändamål på deponiområdet. Sådana tillämpningar i fullskala prövas på bl a;

Gärstad – konstruktion av vallar & vägar (storskaligt)

Sofielund – konstruktion av vallar & vägar (storskaligt)

Ulvberget – planer på att börja använda aska vid vägbyggen

Tveta - konstruktion av nya vägar (vägar på en deponi byggd av askor utgör en del av sluttäckningen), underhåll av vägar under förutsättningar att askan, som i regel är grovkornig är metallavskiljd för att få bort spik eller andra vassa metallföremål, skyddsvallar för minskad insyn, konstruktion av väggar till biocellreaktor, ny lakvattendamm, hårdgjorda ytor under asfalt.

Vidare görs försök med aska för att rena lakvatten. En ny damm som ska mellanlagra lakvatten under vintern byggs med flyg- och bottenaska (vilket med en fylld damm med en meter vattenpelare visar om konstruktionen även håller som bottentätning motsvarande 10^{-9} m/s). Ett filter som ansluts till dammen består av slaggprodukter från bl a SSAB/Merox med avsikt att binda metaller i lakvatten med höga pH-värden [12], [25].

5 Erfarenheter från askanvändning på deponier

5.1 Praktiska aspekter på askanvändning vid sluttäckning

I förfrågningsunderlaget har uppgifter begärts kring praktiska problem som kan uppstå vid blandning, utläggning, materialhantering, lukt m m. Nedan redovisas de erfarenheter kring detta som lämnats in.

5.1.1 Blandning av olika materialslag

De anläggningar som provat att blanda slam och aska har haft en del problem att få en homogen blandning, åtminstone initialt. Det är svårt att undgå en kletig konsistens eller att man får slamklumpar täckta av slam i blandningen. De flesta utrustningar för blandningsförfarandet har emellertid visat sig fungera ganska väl efter viss intrimning. Det blandningsutrustningar som testats är:

- Rotorskopa (förblandning) + tvångsblandare
- Modifierat asfaltsverk (slammet genom stjärnsikt innan blandningskammaren)
- Skopa (förblandning) + stjärnsikt
- Trumsikt
- Traktorfräs
- Grävmaskin och hjullastare
- Vibrerande sikt (Extec)

Vid blandningsförfarandet för aska och slam har det visat sig viktigt att optimera blandningstiden så att man får ett så homogent material som möjligt utan att slammets vatten arbetas ut. Det är svårare att blanda materialen om askan är betydligt torrare än slammet.

Vid användning av enbart askor, reaktiv ren flygaska eller blandaska, nyttjas materialets naturliga homogenitet och tätningsegenskaper.

5.1.2 Utläggning av material

Utläggningen av tätskikt med slam och aska eller enbart aska har på samtliga deponier skett genom att materialet körts upp på deponiområdet med dumper, lastbil eller hjullastare. Därefter har det lagts ut över ytan med en grävmaskin eller hjullastare. Beroende på materialets konsistens har det i vissa fall direkt gått att köra på materialet med grävmaskinen för att packa det, medan det på några ytor endast har gått att packa materialet med skopa.

Hållfastheten för aska/slam-materialet är initialt låg på Dragmossen, varför det var lämpligast att lägga ut tätskiktet och dränskiktet direkt ovanpå varandra och sedan successivt backa ut från deponiytan.

Även Ulvbergets avfallsanläggning har angett att det är viktigt med en snabb täckning och att man lägger mindre ytor i taget med alla skikt på plats.

På Tvetå packas tätskiktet, som enbart består av aska i ett eller flera skikt, med vibrerande vält. Ytor packas sex gånger på konventionellt sätt. Inga tillsatser av vatten görs utan askan håller en tillräckligt god fukt halt för att packningen ska fungera. Det ovanpåliggande dränskiktet av slagg packas emellertid inte utan läggs ut bakom hjullastaren och täcks med geotextilduk. Skyddsskiktets blandning av aska och slam läggs ut framför en grävmaskin med breda larver, vilket utgör maximal packningsgrad.

Det man bör tänka på när bottenaska och slaggrus används som dränskikt är att kornen ej är så stabila och att man därför bör undvika att köra på det utlagda materialet.

Utläggning av material ska planeras i förväg och utgör en logistikfråga hur och när de olika skikten ska lägga ut.

5.1.3 Lagring och materialplanering

Eftersom aska främst produceras under vinterhalvåret kan det vara nödvändigt att lagra aska under produktionsperioden så att man får ihop tillräckligt stora mängder för sluttäckningen.

Vid lagring av aska bör den övertäckas för att undvika påverkan av vatten. Ligger askan i otäckta högar härdar den, åtminstone på ytan så att det bildas en tunn skorpa. På de anläggningar som använt blandningar av slam och aska har man i de flesta fall valt att lagra materialen var för sig och blanda dem direkt innan utläggningen. På Tagene deponi lagrade man dock den färdiga blandningen av slam och aska i två veckor innan utläggning utan problem. På Härlövstippen såg man en fördel i att lagra aska-slam-blandningen ca 2-3 veckor eftersom den då mognade och blev mer homogen.

På Sofielund samlade man på sig material under en längre tid för att kunna lägga ut skikten över större yta för att slippa skarvar i tätskiktet.

På Tvetå används även gamla askor, som kan reaktiveras eller blandas med andra material, vilket gör att sluttäckningen inte är begränsad till när askorna faller från värmeproduktionen.

Materialplanering är viktig för att t ex tätskiktet inte får ligga exponerat över alltför lång tid. Beroende på väderförhållanden bör dräneringsskikt påföras inom någon vecka efter utlagt tätskikt.

5.1.4 Damning

Torr flygaska har bättre härdningsegenskaper och kan därför antas lämpligare som konstruktionsmaterial än befuktade askor. Ur arbetsmiljösynpunkt kan det däremot vara problematiskt att jobba med torra askor p.g.a damningen.

Vid försöken på Dragmossen upplevde man inte att damningen var något större problem, även vid kraftig vind, eftersom askan var befuktad, med en vattenhalt på 20-30%. På Sofielund var tanken att använda helt torra askor. Det visade sig dock att den torra askan dammade oacceptabelt mycket då den hanterades öppet och därför tillsattes vatten vid förblandningen av botten- och flygaskan. På Gärstad var damningen tidvis påtaglig för befuktade askor.

5.1.5 Ammoniakavgång (lukt)

Ett problem vid blandning av aska och slam är att ammoniak bildas då bl a askan medför en höjning av pH i slammet. Nederbörd och temperatur påverkar också spridning av luktstörande ämnen. Ammoniakavgång kan störa närboende och vara ett arbetsmiljöproblem [24].

Flera anläggningar påpekar luktproblem i samband med att använda slam (Dragmossen, Gärstad, Tveta) genom ammoniakavgång. Vid Gärdstads deponi var ammoniaklukten störande/irriterande inom en radie av ca 3 meter från blandningskammaren. Även vid Sofielund (SRV Återvinning) var ammoniaklukten störande och gav upphov till obehag hos personalen. Vid Tagene (Renova) var ammoniakavgången dock inte lika störande. På Dragmossens deponi upplevde man att ammoniaklukten var besvärande vid blandningsförfarandet, speciellt efter regn då materialet blev fuktigt på ytan. Vid utläggningen var det dock inget större problem eftersom upplagda massor har mindre exponeringsyta, vilket minskar luktavgången. Efter utläggning av dräneringsskiktet upphörde ammoniaklukten helt.

Inom det Värmeforsksprojekt [2] där flera av pilotförsöken med aska/slam har utförts rekommenderas att gasvarnare används av personalen som utför blandnings- och utläggningsarbetet. Inom samma projekt har man gjort försök med att samla in ammoniakgas från en blandningsstation och lösa ut den i vatten. Metoden bedömdes vara möjlig men reningskapaciteten kunde dock inte bestämmas utifrån dessa försök. Slutsatsen är emellertid, bl.a. baserat på tyska erfarenheter, att ammoniakproblematiken går att lösa.

5.2 Funktionskravets uppfyllnad

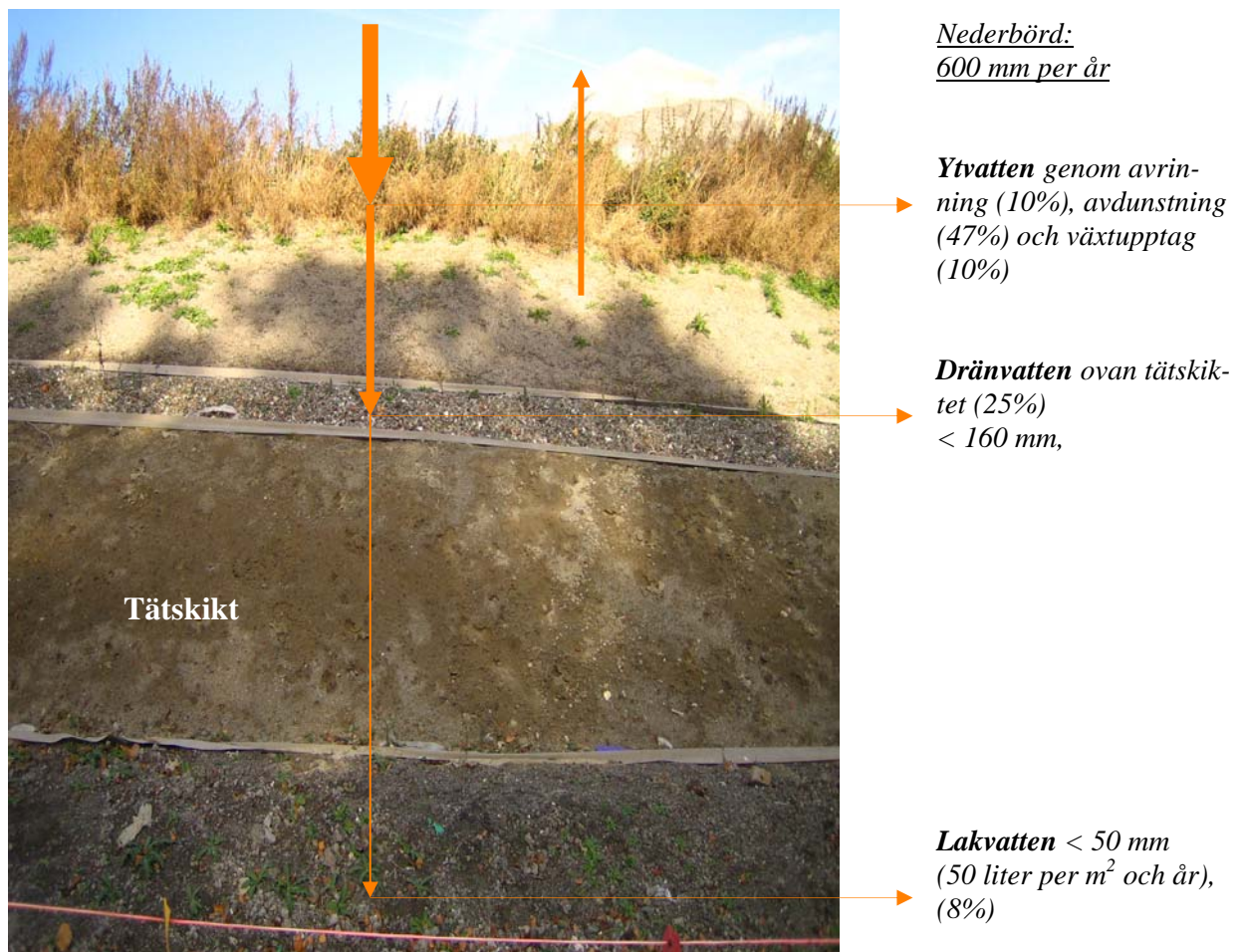
I kap 4 ovan har sluttäckningen beskrivits skikt för skikt. Ser vi till hela sluttäckningens funktion är det däremot viktigt att se till konstruktionen som helhet. Kravet på genomsläppligheten gäller för hela sluttäckningen.

På anläggningar där funktionen för täckning med aska följts upp genom mätningar i någon form av upprättat kontrollprogram har det gått att visa att kravet för sluttäckning av deponi för Icke-farligt avfall uppfyllts.

På Tvetå-anläggningen har även täckning av askdeponi motsvarande Farligt avfall deponi tillåtits efter miljödomstolens beslut. Fullskaligt försök med reaktiv flygaska med viss inblandning av bottenaska visar att funktionskravet på 5 liter per kvadratmeter och år kan uppfyllas [10],[11].

En beräkning som rekommenderas är avrinningssträckor för perkolerande vatten som når tätskiktet. På flacka lutningar måste särskilda anordningar göras för att leda bort vatten för att inte belasta tätskiktet med motsvarande flera års nederbörd. En sättning i deponin kan då innebära att vatten samlas och risk uppstår för genombrott. Beräkningar på Tvetå visar att avstånden mellan dessa avrinningsstråk, som byggs in under dräneringsskiktet (ovan tätskiktet) bör ligga på ett avstånd mellan 15 och 40 meter från varandra beroende på släntlutningen.

Tidiga studier på Tvetå tydde på tätskiktets viktiga funktion att genom materialval, utläggning och packning uppnå hög densitet. Resultat från labförsök visar att en permeabilitet på 1×10^{-8} m/s är tillräcklig för en deponi för Icke-farligt avfall. Det har senare visat sig att skyddsskiktet har en mycket viktig roll. Dess främsta funktion är att hålla kvar vatten, befrämja växlighet och att maximera avdunstning samt att förhindra att frost tränger ner till tätskiktet. Permeabiliteten i skyddsskiktet bör därför ligga på 10^{-5} m/s.



Figur 3. Sluttäckningsskikten (Tveta Återvinningsanläggning) med de olika skiktens funktion med avseende på vattengenomsläpplighet (bilden ej skalriktig).

5.2.1 Täthet och beständighet

Fältförsöken med slam/aska eller enbart aska i tätskiktet har i de flesta fall gjorts nyligen vilket gör att de endast kunnat följas upp under en relativt kort tid. Samtliga redovisade resultat från uppföljningen tyder hittills på att ytorna med god marginal klarar kravet på deponi för icke-farligt avfall, vilket motsvarar en genomsläpplighet på <math>< 50 \text{ l/m}^2, \text{ år}</math>.

På Munkebo deponi, har man gjort försök dels med tätskikt av slam/aska och dels med ett tätskikt av enbart aska. Genom mätning av lakvattnet har man sett att aska/slam-ytan klarar kravet på deponier för icke-farligt avfall med god marginal och att ytan med enbart aska är i princip helt tät. I början fick man ut en del pressvatten då materialet packades men sedan november 2004 har lakvattenmängden konstant varit låg.

På Dragmossens deponi har man gjort uppföljning av försöken med aska/slam under ett år och även där visar resultaten på att aska/slam med god marginal kan uppfylla krav på tätskikt på deponier för icke-farligt avfall.

Även på Härlövstippen, där aska/slam/grus använts som tätskikt 2000-2002, har hög täthet uppmätts.

Utifrån en av lysimetrarna på Gärstad deponi har man efter ett år kunnat konstatera att det vatten som perkolerat ner genom tätskiktet motsvarar 12 l/m²,år.

På Tveta-anläggningen har borrhövar i den 20 år gamla askdeponin visat att askan förändras med tiden och bildar monolit. En förutsättning är att strukturen i tätskiktet bibehålls och inte störs genom inblandning eller tillsättning av andra material med risk för att strukturen bryts upp. Processen i en monolitisk aska blir diffusionsstyrt genom att transporten mellan porutrymmena i askan av luft eller fukt sker mycket långsamt och innebär att askans härdningsförmåga ökar med tiden (1000-årsperspektiv).

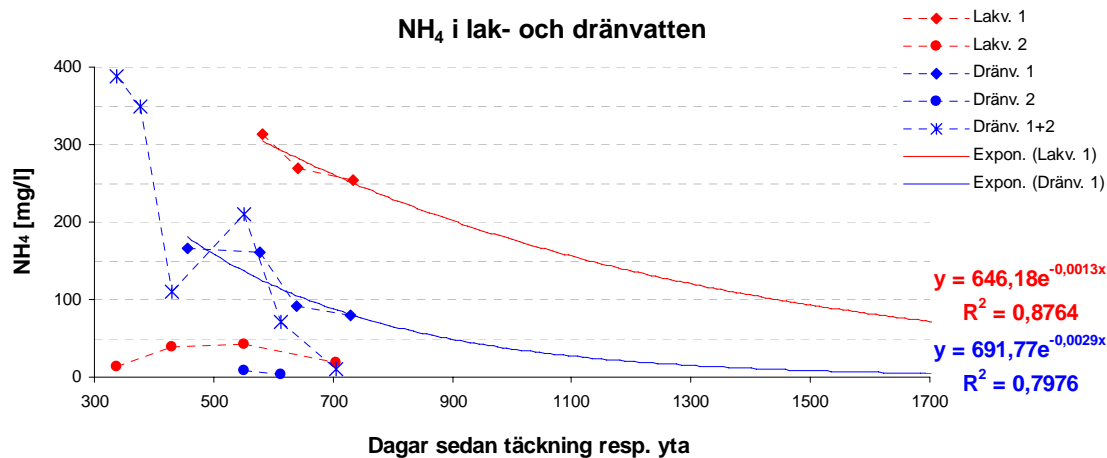


Figur 4. Bilden visar hur askan har börjat ombildas på ytan genom en hård krusta. Omvandlingen sker med den naturliga fukthalt som finns i askan (karbonatisering).

5.2.2 Utlakning

Resultat från lak- och kolonnförsök i laboratorium med material från Tveta tyder på en konservativ bedömning av lakbarheten mot uppmätta resultat i fält.

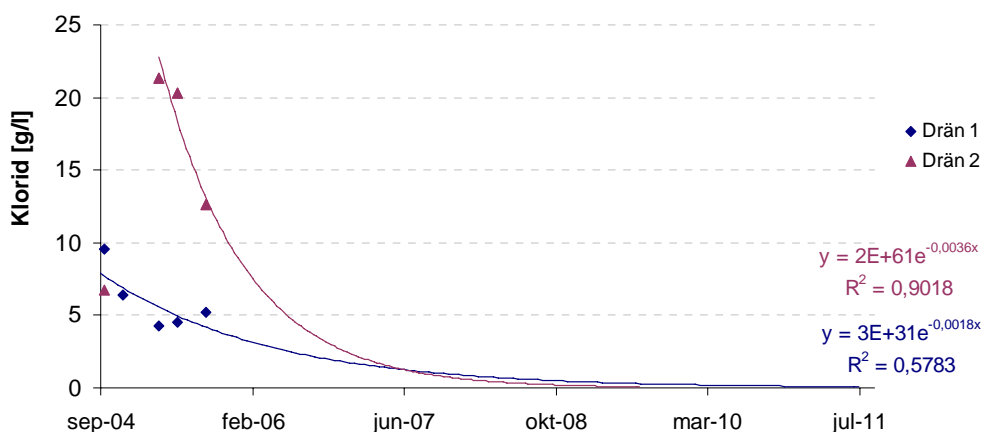
Diagrammet nedan (Figur 5) visar exempel på hur en uttvättning av kväve sker över relativt kort tidsperiod. Detta har bl a en positiv inverkan på anläggningsinnehavaren skyldighet för efterbehandlingsperioden.



NH₄-N < 5 mg/l efter 5-6 år

Figur 5. Diagrammet visar uppmätt och beräknad kväveutlakning i skyddsskiktet från två olika platser och innebär att totalkväve efter 5-6 år kan betraktas som ett dagvatten. (Ref: Lale Andreas, Luleå Tekniska Universitet, Tvetå Återvinningsanläggning.)

På motsvarande sätt sker lakning av klorider (Figur 6). Resultat från laborieförsök kan ställa till problem för deponiägarna, när det gäller klassificering enligt Avfallsförordningen. I Tvetas fall visar resultaten i fält att kloridhalterna sjunker till låga halter under 8-10 år [26].



Cl⁻ < 0,008 mg/l efter 8-10 år

Figur 6. Visar uppmätt och beräknad kloridlakning år 2004-2011. Vattenprovet är taget under skyddsskiktet, som består av slam-slaggblandning. (Ref: Lale Andreas, Luleå Tekniska Universitet, Tvetå Återvinningsanläggning.)

5.2.3 Släntlutningar

Släntlutningar på deponin är en faktor som har betydelse för sluttäckningskonstruktionen. På Gärstad deponi bedömde man att efter fältförsöken med slam/aska som tätskikt att lutningen 1:3 kan vara för brant för att en tillräckligt bra packning ska kunna göras. Även på Dragmossen drogs slutsatsen att lutningen får betydelse för tätskiktets täthet.

På Tveta-anläggningen har såväl branta (1:3) som flacka lutningar (1:8) sluttäckts. Vid flackare lutningar måste rinnsträckan begränsas genom att t ex i dränskiktet lägga in dräneringsrör som avleder regnvatten. Konsekvensen kan annars bli att stora mängder regnvatten samlas ovan tätskiktets nedre delar, vilket kan resultera i att extremt höga vattenmängder (motsvarande flera års nederbörd) förorsakar skada genom högre belastning på tätskiktet. Ingen information nämns från övriga anläggningar om rinnsträckor.

6 Diskussion

Erfarenheter från användning av askor i olika konstruktioner är goda. Det är emellertid av vikt att användning av askor föregås av en karakterisering och hur bedömning har gjorts för att motivera val av material.

Modellering har betydelse för deponins slutliga utformning. Fler erfarenheter bör med tiden kunna redovisas med avseende på risk för dålig avrinning, rasrisk, erosion m.m.

Flera anläggningar anger spridning av lukt som ett problem i samband med användning av slam i olika blandningar [1], [2], [12]. Även arbete inomhus med slam kan medföra arbetsmiljöproblem och mer erfarenheter skulle behövas för att minska spridning av luktstörande ämnen.

Behovet av ett metanoxiderande skikt berörs från några anläggningar. Ytterligare studier bör göras för att beskriva åtgärder för att förebygga att syre tränger ner i sluttäckningen.

Långtidsegenskaperna i tätskiktet är ett krav i lagstiftningen. Det som framkommit vid undersökning av askor på Tveta Återvinningsanläggning är askorna tendens att forma monolitisk struktur. Om detta sker även hos andra askor är inte känt och borde undersökas. Vidare har prover från borrhningar i äldre askupplag visat att en mineralomvandling av asksilikat till lermineral sker, vilket skulle innebära att tätskiktet stabiliseras i ett 1000-årsperspektiv [27].

Erfarenheter från lak- och kolonnförsök, bl.a på Tveta, tyder på att resultat från laboratorieundersökningar inte alltid överensstämmer med resultaten i fält. Fältmätningar tyder på att utlakningen sker snabbt under kort tid för att sedan avklinga, vilket inte överensstämmer med resultat från laborieförsök. Det är önskvärt att hitta en metod för att bättre kunna korrelera fält- med labresultat. I skriften ”*Falu gruvas miljöhistoria*” [13] påpekar författaren med avseende på metallernas förekomstform skillnader mellan laborieförsök och undersökningar i fält.

Acceptans att få använda avfall som konstruktionsmaterial bedöms olika från tillståndsmyndigheternas sida. Det är önskvärt att få en samsyn på tillämpligheten av att nyttja avfall som konstruktionsmaterial [7].

7 Slutsatser

Användning av askor på deponier har pågått sedan mitten på 1990-talet med botten- och flygaska för sluttäckningsändamål. Mindre konstruktionsarbeten med bottenaska har också skett för bl a vägbyggen och bullervallar.

Nyttjandet av askor på deponier visar att de är väl lämpade för sluttäckningsändamål antingen som enskilt material eller i blandning med slam eller kompostjord. Erfarenheter visar att funktionskravet kan uppfyllas och att aska med fördel kan användas i flera skikt i sluttäckningskonstruktionen. Någon jämförelse görs inte med alternativa material utan sammanfattningsvis bedöms askor vara väl så bra som naturmaterial.

Utläggning av materialen utgör i regel inga problem men ska föregås av en materiallogistik för att etappvis avsluta sluttäckning. Alltför små ytor innebär att skarvar mellan utläggningsytorna kan få negativ inverkan på genomsläppligheten. Vid utläggning av enbart askor i tätskiktet sker detta ibland i flera lager med olika aksammansättningar för att motverka att tätskiktet skadas vid sättningar.

Vid blandning av aska-slam anger flera anläggningar risk för spridning av dålig lukt. Detta går att lösa och rekommendationer finns hur det går att minimera problemet.

En inblandning av aska i skyddsskiktet innebär att en fjärdedel av årsnederbörden når tätskiktet, vilket bedöms ge en optimal belastning på tätskiktet, vilket också har positiva effekter på utlakning av bl a klorider och kväve.

Askor är också lämpliga material för bl a vägar och vallar inom deponiområden genom att de utgör ett bra friktionsmaterial. Även vid rening av lakvatten har askor använts.

För att öka stabiliteten i deponier och minska risken för stora sättningar har injektering i en hushållsdeponi gjorts med flygaska.

Användning av askor har stor ekonomisk betydelse. Någon närmare analys har inte gjorts i denna rapport men en uppskattning visar att alternativkostnaden om askor används i stället för naturmaterial ger en besparing på i storleksordningen 100 kr per ton, vilket skulle motsvara ett par miljoner kronor per hektar vid sluttäckning.

Flera studier indikerar att en sluttäckning med askor, både som enskilt material och i blandning med slam, inte försämrar i ett långtidsperspektiv. Vissa askor visar på att det sker en omvandling av asksilikat till lermineral med tiden, vilket kan få en positiv inverkan på tätheten i ett långtidsperspektiv. En viktig del i det fortsatta utvecklingsarbetet är emellertid att ytterligare studera hur askor förändras med tiden.

8 Referenser

8.1 Litteraturreferenser

- [1] Mácsik J, Maurice C, Mossakowska A, Eklund C, "Pilotförsök med flygkastabiliserat avloppsslam (FSA) som tätskikt", Värmeforskrapport nr 942, Stockholm oktober 2005
- [2] Carling M, Ländell M, Håkansson K, Myrhede E, "Täckning av deponier med aska och slam – erfarenheter från tre fältförsök", pågående Värmeforskprojekt, projektnr Q4-225
- [3] Wikman K, Berg M, Svensson M, Ecke H, "Nedbrytningshastigheten för tätskikt uppbyggda av slam och aska", Värmeforskrapport nr 943, Stockholm oktober 2005
- [4] Greger M. et al, "Flygaska och rötslam som tätskikt vid efterbehandling av sandmagasin med vegetationsetablering", pågående Värmeforskprojekt, projektnr Q4-244
- [5] Wikman K, Berg M, Andreas K, Lagerkvist A, Jannes S, Tham G, Sjöbom R, "Injektering av flygaska i hushållsavfallsdeponi", Värmeforskrapport 830, Stockholm oktober 2003
- [6] RVF rapport 2000, "Långtidsegenskaper hos tätskikt innehållande bentonit".
- [7] RVF rapport 2005:01, "Vägledning för klassificering av förbränningsrester enligt Avfallsförordningen".
- [8] RVF rapport 2004:16, "Injektering av flygaska i hushållsdeponi".
- [9] RVF Utveckling rapport 2000:10, "Användning av slaggrus vid avfallsanläggningar".
- [10] Travar I., Andreas L., Tham G., Lagerkvist A.; "Field test of landfill covers with secondary construction materials". Sardinia 2005
- [11] Tham G., Mellström A., Sjöblom R., Lagerkvist A., Andreas L.; "Utilization of secondary construction materials in a landfill cover system". Sardinia 2005
- [12] Edén, R.; "Reducering av luktproblem vid blandning av avloppsslam och flygaska"
- [13] Lindeström L.; "Falugruvas miljöhistoria", Uppsala 2002
- [14] RVF:s Utvecklingssatsning Deponering, "Utlakning från sluttäckning av avfallsupplag där aska, komposterat slam och schaktmassor utnyttjats i konstruktionen", Rapport nr 1 2005.

8.2 Personliga kontakter

- [15] Josef Mácsik, Ecoloop (Dragmosens deponi)
- [16] Hans-Åke Ström, Kristianstad kommun (Härlövstippen)
- [17] Magnus Hammar, Tekniska Verken i Linköping (Gärstad deponi)
- [18] Märt Kuusk, Mölndal kommun (Kikåstippen)

- [19] Nils-Ola Norlin, Hudiksvall (Ulvbergets avfallsanläggning)
- [20] Rickard Wrene, SRV Återvinning (Sofielunds deponi)
- [21] Stefan Schrewelius (Munkebo deponi)
- [22] Tage Sundblom, Hallsta Pappersbruk (Ryatippen)
- [23] Roland Pusch, Geodevelopment
- [24] Torleif Bramryd, Lunds universitet/Campus Helsingborg
- [25] Gunno Renman, KTH Stockholm
- [26] Lale Andreas/Anders Lagerkvist, Luleå tekniska Universitet
- [27] Rolf Sjöblom, Tekedo

Bilagor

Bilaga A Askanvändning på olika deponier

A Askanvändning på olika deponier

A.1 Dragmossens deponi, Älvkarleby

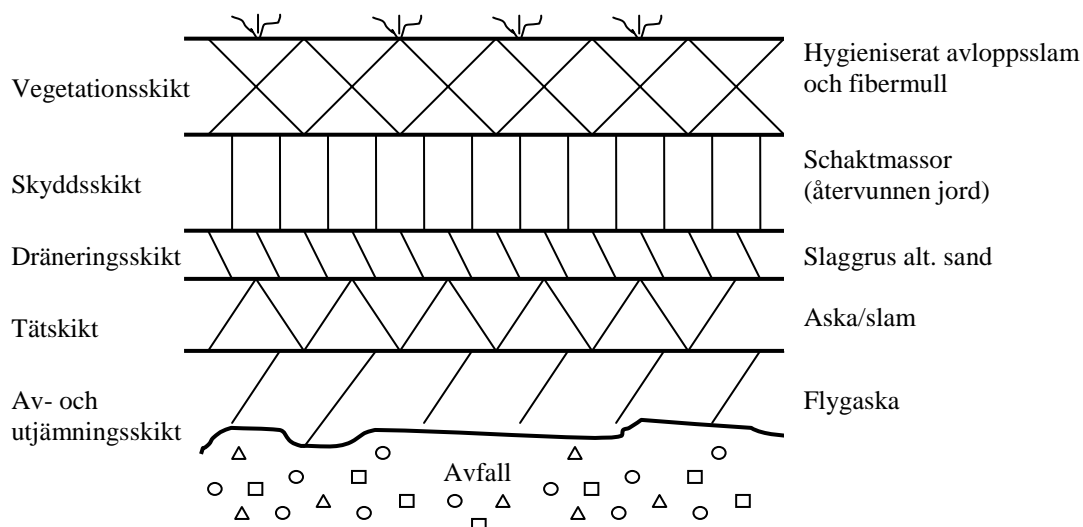
Askanvändning

På deponin Dragmossen har man i ett pilotförsök använt aska i olika skikt vid sluttäckning av fyra testytor. Pilotförsöket utfördes i maj 2004 på en yta av totalt ca 2400 m². Det man ville testa var framför allt att använda flygkastabiliserat avloppsslam som tätskikt. Dessutom använde man flygaska som avjämnings-skikt och bottenaska (slaggrus) som dränskikt. Projektet finns redovisat i Värmeforskrapport nr 942 [1].

Sluttäckning

Skiktens uppbyggnad.

På samtliga testytor användes en blandning av flygaska och rötat avloppsslam (s.k. FSA) som tätskikt. De övriga skiktens material varierade något mellan de fyra olika testytorna. Exempelvis användes slaggrus som dränskikt på tre av de fyra ytorna medan sand användes som dränskikt på den fjärde ytan. I Figur 7 visas de olika materialen som ingick i sluttäckningskonstruktionen.



Figur 7. Skikten i sluttäckningsförsöket på deponin Dragmossen.

Blandning, utläggning och uppföljning

Blandningsförfarandet för askan och slammet var till en början något problematiskt pga slammets kletiga konsistens. Genom att blanda i mer aska kunde emellertid detta åtgärdas. Blandningsförhållandena var ca 45-50 % aska och 50-55 % slam. Dessutom underlättades blandningsförfarandet genom att man förblandade materialet med en rotorskopa. Det förblandade materialet blandades sedan med en tvångsblandare. Blandningstiden var avgörande för materialets konsistens. För lång blandningstid

medförde att blandningen fastnade i blandaren medan för kort blandningstid medförde att blandningen blev inhomogen med klumpar av slam täckta av aska.

Efter intrimning av blandningsutrustningen kunde ca 90 ton aska/slam-material tillverkas i timmen. Totalt tillverkades ca 1500 ton aska/slam-blandning som lades ut som tätskikt.

Blandningen av rötat avloppsslam och flygaska som användes som tätskikt hade en låg initial hållfasthet, vilket gjorde att den inte klarade större laster, som t.ex. en grävmaskin. Utläggningen av tätskiktet (0,5 m slam/aska) och dränskiktet (0,2 m sand alt. slaggrus) skedde därför direkt ovanpå varandra och sedan backade man successivt ut med grävmaskinen från området och packade materialet med skopan. Därefter lade man på ett skyddsskikt av schaktmassor (0,5 m återvunnen jord) och sedan ett skydds- och vegetationsskikt av hygieniserat avloppsslam och fibermull (ca 0,8-1,3 m).

För att kunna följa upp försöket installerades gas- och vattenlysimetrar i och under de olika skikten. Även sättningslangar installerades vid utläggningen av sluttäckningskonstruktionen. Uppföljning gjordes under ett år inom projektet.



Figur 8. Utläggning av aska/slam-blandning som tätskikt på deponin Dragmossen.

Uppföljning - täthet och beständighet

I fältförsöken på Dragmossen visade det sig att viktiga faktorer som påverkade tätskiktets konstruktionens täthet var försöksytans lutning, dräneringsskiktets effektivitet

och skyddsskiktets effektivitet att dränera bort överflödigt vatten. Vidare indikerar fältförsöken att aska-slam-materialets täthet ökar genom att materialet komprimeras, vilket i sin tur medför att det tar lång tid till att uppnå höga L/S-kvoter. Med ett tätskikt som är 0,55 m tjockt är bedömningen att L/S 10 uppnås först efter flera hundra år.

Vad gäller beständigheten indikerar laboratorieundersökningen att anaerob nedbrytning av organiskt material i FSA med 40 % flygaska uppgår maximalt till ca 6 % av det totala innehållet av organiskt material i avloppsslammet, vilket avgår som biogas. Utöver biogas bildas det även organiska syror som förekommer som DOC och som kan lakas ut ur materialet, ca 3,5 % av TS slamminnehållet. Vid 60 % tillsats av flygaska kunde ingen biologisk nedbrytning detekteras under laboratorieförhållanden. Att nedbrytningen av organiskt material hämmas i FSA beror på en kombinerad effekt av högt pH-värde och hög konduktivitet. Däremot höjs halten DOC som kan lakas ut ur FSA-materialet, till ca 4,5 % TS av slamminnehållet (vid både L/S 10 och L/S 100).

För- och nackdelar

Från sluttäckningsprojektet med slam och aska som tätskikt på Dragmossen har man sammanfattningsvis kommit fram till följande för- och nackdelar:

Fördelar:

- Tillgång till flygaska och avloppsslam
- Enkelt att hantera vid utläggning
- Tät material (kompressionen medför att tätheten ökar med tiden)
- Tätskiktets mäktighet medför att det tål viss sättning utan att tätheten äventyras.
- Enkelt att reparera vid eventuell skada
- Beständigt material
- Ekonomi

Nackdelar

- Tillverkning (dyr vid små volymer)
- Luktproblem
- Ej prövad under längre tid
- Kräver att ingående material undersöks och kvalitetssäkras

Rekommendationer

Resultaten från projektet på Dragmossen visar på att aska/slam med god marginal kan uppfylla krav på tätskikt på deponier för *icke-farligt avfall*, dvs. på deponier där täthetskravet är <50 liter/m², år. Både laboratorie- och fältförsöken indikerar att flygkastabiliserat avloppsslam har en beständighet som motsvarar flera hundra år. Det är dock viktigt:

- att de ingående materialens, dvs. det rötade avloppsslammet och flygaskan kvalitetssäkras vad gäller vattenkvot/TS-halt och homogenitet.
- att blandningen blir homogen, dvs. flygaskan fördelas väl i avloppsslammet.
- att flygaskan är färsk, dvs. att flygaska med härdningskapacitet nyttjas.

-
- att andelen flygaska ligger mellan 45 – 55 % TS. Vid lägre halter blir FSA-material mer svårhanterligt att blanda och lägga ut.
 - att högre halt av flygaska ger lägre täthet.
 - att lägre halt av flygaska kan ge sämre beständighet.

Luktproblem pga av ammoniakavgång måste även beaktas. En annan viktig faktor att ta hänsyn till är när tätskiktstillverkning är möjlig med tanke på att färsk flygaska produceras under vinterhalvåret. Sluttäkningsarbeten bör därför i första hand ske tidigt på våren när det finns tillgång på färsk flygaska och luktproblemen är mindre tack vare lägre utomhustemperaturer.

Källa: [1], [15]

A.2 Gryta Avfallsanläggning

Gryta Avfallsanläggning har lämnat in rapport ”Utlakning från sluttäckning av avfallsupplag där aska, komposterat slam och schaktmassor utnyttjats i konstruktionen”, RVF:s Utvecklingssatsning Deponering, Rapport nr 1 2005 [14].

Under vintern 2002/2003 konstruerade Vafab en 1 000 m² stor försöksyta för att testa sluttäckningsmodellen enligt inlämnad avslutningsplan. Syftet med försöket var att få klarhet i om askor och komposterat avloppsslam är möjlig att hantera med konventionella entreprenadmaskiner vid uppbyggnad av sluttäckningskonstruktioner och om materialen är miljömässigt hållbara som sluttäckningsmaterial, där ytvatten utan nämnvärd påverkan kan avledas till omgivningen.

En närmare presentation av projektet görs inte här utan för mer information hänvisas till rapporten [14].

A.3 Gärstad deponi, Linköping

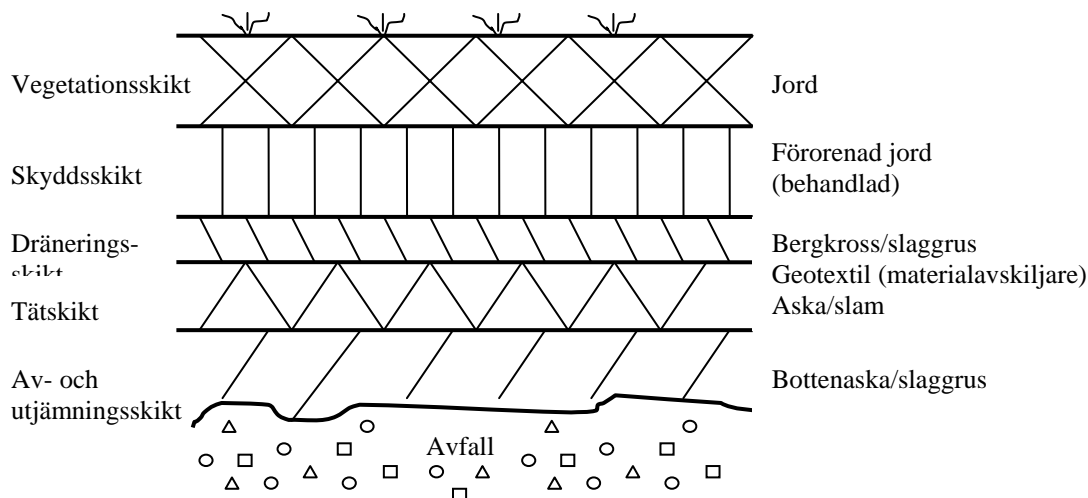
Askanvändning

På Gärstad deponi i Linköping har man i ett pilotförsök använt botten- och flygaska från kol- och gummiförbränning samt slaggrus från avfallsförbränning vid sluttäckning av en försöksyta på 5000 m². Slaggruset/bottenaskan används även normalt som konstruktionsmaterial till vallar, vägar mm inom deponiområdet. I en deponicell för rökgasreningssprodukter på 6500 m² har slaggrus dessutom använts som dränkskikt ovanpå geomembranen i bottentätningen.

Sluttäckning

Skiktens uppbyggnad

På den försöksyta där sluttäckning utfördes under hösten 2004 användes slaggrus och bottenaska som avjämnings-skikt. Tätskiktet bestod av en blandning av ca 50 % rötat avloppsslam och ca 50 % flygaska från kol-/gummiförbränning. Över tätskiktet lades ett materialavskiljande lager i form av geotextil. Som dräneringsskikt användes bergkross på en delyta och slaggrus på en annan. Till skyddsskiktet användes förorenade jordmassor som behandlats på deponin samt metallförorenad jord.



Försöket med aska/slam som tätskikt utfördes inom ett Värmeforskprojekt (Q4-225) där genomförandet och uppföljningen dokumenterades [2]. Inom projektet gjordes även en hel del laborieförsök på olika blandningar av aska och slam.

Blandning, utläggning och uppföljning

Den blandningsutrustning som användes för aska-slam-materialet var ett modifierat asfalltsverk. Slammet matades in via en stjärnsikt och askan via en askficka. Materialen blandades sedan i en blandningskammare med hjälp av skovlar. Till en början hade man en del blandningsproblem men till slut lyckades man modifiera utrustningen så att man kunde få fram en till synes homogen blandning.

För utläggning av tätskiktet med slam/aska användes en grävmaskin. Utläggningen skedde i två lager om vardera 25 cm, med packning emellan.

För att möjliggöra uppföljning av sluttäckningsförsöket installerades lysimetrar, uppsamlingsytor, grundvattenrör, gasprober och sättningsspeglar.

Vid blandning av slam och aska bildas ammoniak. På Tekniska Verken var ammoniaklukten störande inom en radie på ca 3 meter från blandningskammaren.

Utifrån en av lysimetrarna har man efter ett år kunnat konstatera att det vatten som perkolerat ner genom tätskiktet motsvarar 12 l/m²,år. Troligtvis kommer denna mängd att avta med tiden eftersom en del av vattnet initialt förmodligen är pressvatten från materialblandningen.

Rekommendationer

Tekniska Verken har i rapporten för projekt Q4-225 [2] angett följande rekommendationer:

- Gör en noggrann uppskattning av områdets yta och de materialmängder som krävs.
- Se till att blandningsentreprenören har tillräckligt med tid för etablering, intrimning mm.
- Kvalitetssäkra råmaterialen så långt det är möjligt.
- Testblanda de aktuella materialen.
- Se till att det finns ett fungerande styrsystem, loggning mm. Så att blandningsförhållandena kan kontrolleras och blandningen kvalitetssäkras.
- Se till att det inte finns skrot eller annat skräp i råmaterialen. Finns det skrot i materialet kan det vara idé med en magnetavskiljare.
- Betänk luktproblematiken (ammoniak).
- Dokumentera utläggningen noggrant.
- Går det att få till en blandning som går att köra på är det givetvis en fördel. Lutningen 1:3 kan vara för brant för att en tillräckligt bra packning ska kunna göras.
- Ha framförhållning vid installation av provutrustning.
- Planera in täckningen under sommarhalvåret då chansen för torrt och bra väder är störst. Täck över råmaterialen om det finns risk för regn/fukt.

Andra användningsområden för aska på deponin

Förutom vid sluttäckning används bottenaska och slaggrus som konstruktionsmaterial på Gärstads deponi. Detta material fungerar mycket bra till exempelvis vallar, vägar, mellanskikt mm. Positiva erfarenheter finns även från användningen av slaggrus (utsorterad större fraktion) som dränskikt i en bottenkonstruktion i en deponicell. Det man bör tänka på när bottenaska och slaggrus används som dränskikt är att kornen ej är så stabila och därför bör man ej köra på det utlagda materialet.

Källa: [2], [17]

A.4 Härlövstippen, Kristianstad

Askanvändning - sluttäckning

På Härlövstippen i Kristianstad hade man tidigare tillstånd för att använda slam och aska till sluttäckningen av ca $\frac{1}{4}$ av deponin (några tusen m²). Detta område täcktes med en blandning av 50 % slam, 25 % aska och 25 % naturgrus under år 2000 till 2002. För den fortsatta sluttäckningen fick man sedan avslag från Länsstyrelsen för att fortsätta med detta material. Anledningen var att man bedömde att utsläppet av närsalter skulle bli för stort.

I sluttäckningen hade man först ett 0,5 m tjockt tätskikt av lera. Sedan lade man ett 0,8-1 m tjockt tätskikt/täckskikt av aska, slam och grus. På detta sådde man direkt utan något extra skyddsskikt. På grund av det förhöjda pH-värdet som askan ger var det emellertid inte helt optimalt att så direkt på aska/slam/grus-blandningen.

Slammet, askan och gruset blandades med grävmaskin och hjullastare. Sedan lades blandningen i upplag i ca 2-3 veckor för att mogna och bli mer homogent. Därefter transporterade man upp materialet till sluttäckningsområdet med dumpers och lade ut det med hjälp av grävmaskin. Det gick till en början inte att köra på materialet men efter något år var ytan mycket stabil.

Man har mycket goda erfarenheter i Kristianstad av sluttäckningskonceptet med aska/slam/grus och en hög täthet har uppmätts. Trots det får man inte tillstånd att fortsätta.

Konceptet som använts på Härlövstippen i Kristianstad har tagits över av Ystads kommun som har tillstånd att använda slam och aska som konstruktionsmaterial på ett regementsområde.

Källa: [16]

A.5 Kikåstippen, Mölndal

Askanvändning - sluttäckning

På Kikåstippen i Mölndal använder man flygaska blandat med smetresten från skogsindustrin vid sluttäckningen. Smetresterna kommer idag från Stora Enso men eftersom de ska lägga ner sin verksamhet i Mölndal kommer man leta efter detta material från något annat pappersbruk. Flygaskan kommer från värmeverket i Mölndal där man främst eldar torv.

Hittills har ca 5000 m² av deponin sluttäckts och man ska fram till 2018 totalt täcka drygt 30 hektar. Tillstånd finns idag för sluttäckning av halva ytan, dvs ca 15 hektar.

Tättskiktets konstruktion består av följande skikt (uppifrån):

- Jord
- Lera
- Aska + smetresten (ca 30-50 cm)
- Duk
- Makadam
- Schaktmassor

Konstruktionen ner till schaktmassorna har en mäktighet på ca 2 meter.

Man har goda erfarenheter av denna konstruktion och man har inte haft några luktproblem.

Källa: [18]

A.6 Munkebo deponi, Trollhättan

Askanvändning

På Munkebo deponi i Trollhättan har aska använts vid sluttäckning, i fullskala som avjämnings- och gasdräneringsskikt och i pilotskala i tätskiktet.

Sluttäckning

Avjämnings- och dräneringsskikt

Till sluttäckning används flygaska från biobränsleledning som avjämningskikt, 0,5-6 m mäktighet och som gasdräneringsskikt 0,5m används bottenaska från biobränsle. Tillstånd har getts för en etapp i taget. Det nuvarande etappen är på ca 2,5 hektar.

Materialet läggs ut med hjullastare och avjämnas och packas med grävmaskin. Mätning på lakvatten sker i intervaller.

Askorna används för att de produceras i närområdet och de har visat sig ha mycket bra bärighet. De är dessutom betydligt billigare än övriga material och produceras relativt jämnt under året (från skogsindustrin).

Genom att använda aska vid sluttäckningen minskar deponeringen samtidigt som naturresurser sparas och transporter kortas. Andra fördelar är att materialet är lätt att lägga ut och att de flesta askor är okänsliga för nederbörd så att de kan läggas ut året om. Nackdelarna med aska är att de kan damma samt att en del askor blir hala vid nederbörd.

Tätskikt

På Munkebo har man testat att använda aska tillsammans med rötat avloppsslam i tätskiktet på två mindre försöksytor (ca 15 m² vardera). Försöket gjordes sommaren 2004. På den ena ytan hade man ett dräneringsskikt ovanför tätskiktet medan den andra ytan lades utan dräneringsskikt.

Blandningen av askan och slammet skedde med traktorfräs och vid utläggningen packade man med skopa. Materialet gav en hel del pressvatten.

Försöksytorna följdes upp genom mätning av lakvattnet. Utvärderingen visade att dräneringsskiktet är mycket viktigt i en täckningskonstruktion. Ytan med dränskikt klarade kravet på klass 2 deponi med god marginal.

Förutom de två försöksytorna med aska och slam har man på Munkebo deponi testat att lägga tätskikt av enbart flygaska. Denna försöksyta var ca 200 m². Uppföljningen visade att ytan med enbart flygaska som tätskikt i princip är helt tät.

Källa: [21]

A.7 Ryatippen, Hallstavik

Askanvändning

Hallstaviks pappersbruk har en egen deponi, Ryatippen, där man enbart deponerar aska och även har tillstånd att sluttäcka med aska. Ytan är uppskattningsvis ca 15 hektar. Det finns ingen klar gräns eller definierade skikt för sluttäckningen. Ur ekonomiskt perspektiv är det inte heller så viktigt att definiera när askan används som konstruktionsmaterial eftersom den i huvudsak kommer från returpappersförbränning och är befriad från deponiskatt. Man har emellertid tagit fram och lämnat in en plan för hur deponin ska se ut när den är avslutat.

Sluttäckning

Askan som deponeras på Ryatippen har visat sig vara mycket tät och i princip kan man enligt Hallstavik se hela deponin som ett tätskikt.

Askor läggs fortfarande upp för deponering på deponin men man har börjat avsluta vissa delar genom att täcka flygaskan med bottenlagg från barkeldning. Ovanpå detta lägger man sedan organiskt material i form av bark.

Den kostnad man har för deponering och sluttäckning är enbart för att köra ut askorna från pannorna till deponin, vilket är ca 1 MSEK per år. Askorna körs med lastbil och schaktas ut på deponin.

Hela deponins storlek får uppgå till 1 miljon ton aska. Detta kommer att uppnås ungefär fram till 2008 då man måste börja definiera användningen av askorna som sluttäckningsmaterial. Deponin kommer vara avslutad omkring 2013.

Hallstavik letar i olika projekt efter andra avsättningar för sina askor utanför deponin och man ska i december 2005 lämna in en handlingsplan för detta.

Källa: [22]

A.8 Sofielunds deponi, Huddinge

Askanvändning

På SRVs återvinningsanläggning Sofielund har aska använts i följande tillämpningar:

1. Avjämning ovanpå avfall inför sluttäckning, vägar och vallar i deponering (fullskaleprojekt)
2. Aska/slam som tätskikt vid sluttäckning (pilotförsök)

Sluttäckning

Avjämningskikt

Bottenaska används i full skala som avjämningskikt på Sofielunds deponi. Magnetiskt skrot avskiljs från askan. Hittills har hela kornstorleksintervallet noll till ca 50 mm använts. Avjämningskiktet läggs i ett 1m tjockt lager.

Inget uttalat funktionskrav finns för avjämningskiktet. Behovet är att det är ett packbart material som kan utgöra grund som i viss mån kan ta upp differentiella sättningar i deponins avfall för att minska inverkan på tätskiktet.

Utläggningen av avjämningskiktet utförs med egna maskiner, bladschaktmaskin 18 ton breder ut och packar materialet genom att köra med bandlarna på ytan. Maskinkostnaden för bladschaktmaskinen vid utbredning/packning. Hantering i samband med skrotutvinning täcks av skrotförsäljning.

Ingen specifik uppföljning görs av avjämningskiktet. Erfarenheten är att bottenaskan är ett lättarbetat material med bra bärighet. Negativt är dock att det bidrar till klorider i lakvattnet.

Tekniskt utförande av sluttäckning är anmält och godkänt av länsstyrelsen. I utförandet ingår avjämningskikt 1 m av bottenaskan.

Tätskikt av aska och slam

I juni 2005 gjordes pilotförsök med aska/slam som tätskikt på Sofielunds deponi. Försöket utfördes inom ett Värmeforskprojekt (Q4-225) [2]. Till blandningen användes flyg- och bottenaska från förbränning av returträ samt rötat avloppsslam. Inblandningen av bottenaska gav en högre hållfasthet men också en högre hydraulisk konduktivitet jämfört med enbart flygaska och slam.

Flyg- och bottenaskan blandades först i en blandningskammare (sluten satsblandare). Vid askblandningen tillsattes vatten för att minska damningen. Slammet och askblandningen grovblandades sedan med skopa med hjälp av lastmaskin, varefter hela blandningen kördes en gång genom en stjärnsikt. Proportionerna av de två askorna skedde genom invägning medan proportionerna vid inblandningen av slam skedde med

hjälp av skopa. Ett relativt homogent material erhöles då man blandade 2,5 skopor slam och 1 skopa aska.

Utläggningen av tätskiktet gjordes genom att en grävmaskin bladade ut blandningen i två lager om ca 20 cm med packning emellan. Materialet kunde köras på med grävare med larvfötter. Vid packning uppförde sig materialet plastiskt ungefär som lera.

Ovanpå tätskiktet lades geotextil som materialavskiljare. Därefter lades ett dränskikt av bergkross samt ett skyddslager av ospecificerade schaktmassor.

Eftersom försöket med aska/slam som tätskikt utfördes så sent som våren 2005 har ytan ej kunnat följas upp ännu med avseende på t.ex. beständighet. Under de tre första månaderna hade lysimetern under täckningens flacka parti inte tagit emot något vatten medan en del vatten samlats upp under tätskiktet i en slänt.



Figur 9. Utläggning av aska/slam-blandning på Sofielund som tätskikt ovanpå avjämningskiktet av bottenaska.

Källa: [2], [20]

A.9 Tagene deponi, Göteborg

Askanvändning

Inom Värmeforskprojekt Q4-225 [2] har försök gjorts på Tagene deponi med aska och slam som tätskikt på två ytor om ca 500 m² vardera.

Sluttäckning

Försöksytorna för sluttäckningen hade olika lutning, 1:20 respektive 1:5. Utläggningen påbörjades i september 2005. Materialet som användes till tätskiktet var en blandning av flygaska från träpelletsförbränning och rötat avloppsslam. Det underliggande tjämningskiktet utgjordes av krossad betong och slaggrus.

För blandning av aska och slam användes en enkel trumsikt. Materialen matades i trumsikten med hjälp av hjullastare. Blandningsförhållandet var tre skopor slam och en skopa aska. Blandningen som erhöles bedömdes okulärt vara relativt homogen. Den färdiga blandningen lagrades drygt två veckor innan utläggning på provytan skedde.

Utläggningen av tätskiktet utfördes med hjullastare som körde upp det blandade materialet och en grävmaskin som packade det med skopan. Blandningen var så pass kladdig att det inte gick att lägga ut det i två omgångar utan hela tätskiktet (ca 40 cm) lades ut på en gång. Utläggningen tog ca en och en halv dag.

Skikten ovanpå tätskiktet hade ej lagts ut i november 2005. Ännu har heller ingen uppföljning gjorts av provytan.

Rekommendationer

Pilotförsöket på Tagene deponi blev försenat och Renova har i rapporten för projekt Q4-225 [2] angett följande rekommendationer för att undvika detta i kommande försök:

- Avsätt tid för den som ska leda projektet. Det tar mer tid än man tror.
- Planera i god tid för att skaffa in råmaterialen. Aska produceras i vissa anläggningar bara på vintern och då kan man vara tvungen att samla ihop och lagra material från flera år.
- Tänk på att handla upp entreprenörer och material i god tid.

Källa: [2]

A.10 Tveta Återvinning, Södertälje

Askanvändning

Sluttäckning av ask- och hushållsdeponin på Tveta Återvinningsanläggning omfattar fem hektar. På denna yta har ca 200 000 ton material omsatts, varav 70 % utgörs av askor, 20 % slam och 10 % kompost. Tillstånd för nyttjandet av askor i sluttäckningen har lämnats av miljödomstolen och miljööverdomstolen 2000 respektive 2002.

Flygaska har även i ett pilotförsök inom Värmeforsks askprogram [5] injekterats i hushållsavfallsdeponin på Tveta för att stabilisera deponin och studera de positiva effekterna för differentiella sättningar och metallutlakning.

Sluttäckning

Skiktens uppbyggnad

Sluttäckningen omfattar fyra hektar på en avslutad hushållsdeponi uppdelad på sex ytor med olika materialsammansättningar och ett hektar på en delvis avslutad askdeponi. Nedan beskrivs en sluttäckning som utförts på deponin i lutning innehållande två-skikt med flyg- och bottenaska, slaggprodukter, slam och kompostrest.



Figur 10. Tvärsnitt genom de fem skikten i sluttäckningen på Tveta Återvinningsanläggning.

Materialen är först testade i lab-skala dels har askornas kornstorleksfördelning undersökts genom siktning och dels har lakteter utförts i syfte att få fram material som inte genererar nytt lakvatten. Undersökningarna har gjorts dels som enskilda material och dels som blandningar.

Askorna kan användas dels som enskilt som ren flygaska men också i blandningar såväl färska som gamla askor. Funktionskravet kan uppnås med att reaktivera äldre askor. På en yta har även en Ca-bentonit blandats in (se senare diskussion).

Blandning och utläggning

Över fyra hektar har sju olika blandningar prövats;

- yta med reaktiv flygaska
- yta med blandad flyg- och bottenaska (med och utan bentonit)
- åldrad bottenaska med tillsats av bentonit
- kombination av ovan med två-skikt lager
- yta med aska – slam
- yta med aska – andra slaggprodukter (Merox)

Underst läggs ett avjämningskikt som också syftar till att avleda gaser. Cirka 1-1,5 meter ner i avfallet ligger gasinsamlingssystem bestående av horisontella dräner. En geotextilduk läggs ovanpå innan tätskiktet läggs ut. Det består av två skikt, ett undre med reaktiv flygaska och ett övre med en blandning av flyg- och bottenaska. Syftet är att en sand-wichkonstruktion lättare kompenserar för sättningar och återläks.

Tätskiktet packas med vibrerande vält. Volymviktsbestämningar görs med ett prov per 1000 m². Inga tillsatser av vatten görs utan askan håller en tillräcklig god fuktighet för att packningen ska fungera.

Ovanpå tätskiktet läggs ett dräneringslager med syfte att avleda så mycket regnvatten som möjligt. Materialet består av upparbetad slagg från sam- eller avfallsförbränning. Slaggen renas från metaller och oförbränt och siktas i två fraktioner. Den grova fraktionen läggs som dräneringsskikt och täcks med en geotextil. Materialet packas ej.

Skyddsskiktet består av bl a finfraktionen från den siktade slaggen och blandas med avvattnat, rötat slam. Den organiska andelen i skyddsskiktet överskrider ej 30 % varvid skiktet får en permeabilitet av högst 10⁻⁵ m/s. Skiktet får då en optimal fukthållande funktion som gynnar växtlighet och bidrar till så stor avdunstning som möjligt. Skiktets tjocklek är ca 1,5 meter för att hindra frost att nå ner till tätskiktet. Ovanpå skyddsskiktet läggs ett tunt lager kompostjord eller renade jordmassor.

Hittills har drygt 200 000 ton material används för sluttäckning på detta vis och består uteslutande av upparbetade restprodukter så när som på geotextildukar för att särskilja materialen.

För att följa upp att funktionskravet uppnås ligger lysimeterar i den undre delen av tätskiktet. Här loggas fukthalt, vattenmängder, temperatur, gaser och sättningar.

Sluttäckningsskikten är så uppbyggda att av den totala årsnederbörden når 25 % av nederbörden dräneringsskiktet ovan tätskiktet och avleds som dränvatten till en uppsamlingsbrunn för kontroll innan vattnet går ut till närliggande recipient.



Figur 11. Utsättning av lysimeterar under tätskiktet och utläggning av aska i tätskiktet. (Foto: Gustav Tham, Rolf Sjöblom, aug 2004)

För- och nackdelar

Fördelar:

- God tillgång på askor, ca 1 Mton askor produceras per år i landet
- Gynnsamma fysikaliska och kemiska egenskaper på en mängd material såsom askor, slam, kompostjordar, gjuterisand m.fl.
- Såväl gamla som färska askor kan användas (re-aktivering) och bestäms av pH-värdet
- Askor uppvisar goda långtidsegenskaper genom att bilda monolitisk struktur och olika metamorfoser bl a omvandling till lermineral
- Lätt att reparera skikten om stora sättningar uppstår
- Användning av konventionell entreprenadutrustning

Nackdelar:

- Utläggning av skikten kan begränsas till torra perioder
- Luktproblem uppstår i samband med utläggning och blandning av rötat slam
- Prövningstillstånd för användning av restprodukter är tidsödande p g a dålig kunskap om materialens fördelar
- På kort sikt visa att funktionskravet blir uppfyllt.



Figur 12. Fyra hektars sluttäckning på Tveta Återvinningsanläggning med insäddning av gräs (röda prickar är stora pumpor). På övre ytan syns två inloggningsbodav lysimeterdata. (Foto: Gustav Tham, 18 oktober 2005).

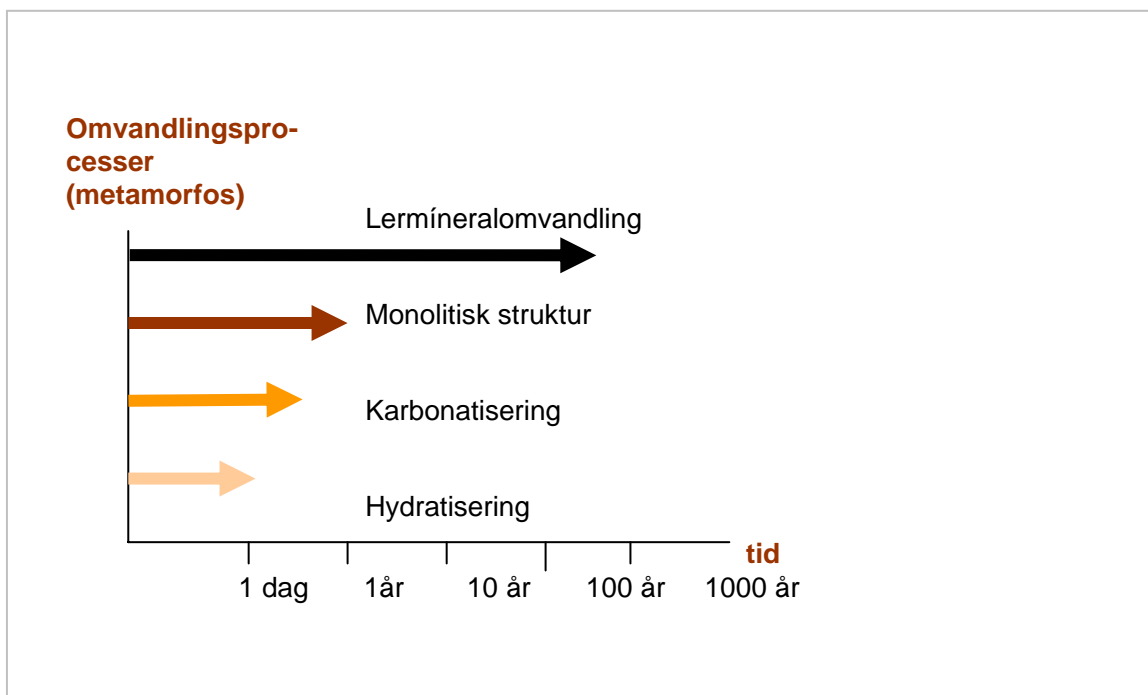
Rekommendationer

Forskningsarbetet med att undersöka olika material på Tveta Återvinningsanläggning inleddes 1996 med ett par försöksytor bestående av stabiliserad respektive ostabiliserad blandaska av flyg- och bottenaska. Efter fem år utökades området till fyra hektar för att genomföra storskalig sluttäckning med olika material.

I ett tidigt skede gjordes en aska-slamblandning i tätskiktet på en av ytorna. Problem uppstod med blandningen för att få en jämn kvalitet. Eftersom materialen hade olika fukthalt bildades klumpar trots att blandning skedde över en skaksikt. Kraftig avgång av ammoniaklukt upphörde först någon eller några dagar senare. Senare undersökningar visar att askornas fysikaliska och kemiska egenskaper förstörs vid inblandning av slam.

Slam används nu enbart i skyddskiktet och blandas med en inert finfraktion från slagger.

I askorna sker en förändring med tiden. Askor bildar monoliter under speciella förhållanden och minskar därmed en snabb utlakning av bl a klorider. Metallerna binds stabilt. Detta förutsätter att strukturen i tätskiktet bibehålls och skulle motverkas om t ex en inblandning av rötslam görs varvid strukturen bryts upp. Processen i en monolitisk aska blir diffusionsstyrkt genom att transporten mellan porutrymmena i askan av luft eller fukt sker mycket långsamt.



Figur 13. Omvandlingsprocesser från askmineral till lermineral. Naturliga processer som ger täta askskikt för bl a sluttäckningsändamål och ersätter naturmaterial (ändliga resurser).

En yta med bentonitmatta skulle utgöra ett referensunderlag för att jämföra genomsläppligheten. Omfattande studier av att använda bentonitmatta som sluttäckningsmaterial visar att tekniken inte är hållbar. Dels sker nedbrytning av geotextilmaterialet och dels finns undersökningar som visar att en uttorkning av mattan kan ske varvid en krympning sker varvid nålsticken i mattan öppnas.

Cementstabiliserade askor har använts vid deponering. Metoden är inte lämplig för sluttäckningsändamål

Rekommendationen är därför att använda askor som tätskikt. Lakningsresultat visar att askor inte har någon negativ påverkan på människa eller miljö. Tillgång till askor kommer att vara god under lång tid framöver och kommer dessutom att öka i och med investeringar i ett antal kraftvärmeverk.

Blandning askor och slam är ett miljöproblem. Blandning innebär också ökade kostnader. I ett tidigt skede betraktades tätskiktet som problematiskt men i dagsläget utgör skyddsskiktet den viktigaste faktorn för att funktionskravet ska kunna uppfyllas. Det optimala är ett skyddsskikt med en permeabilitet av 10^{-5} m/s för att öka avdunstning, hålla fuktighet och att befrämja växtlighet.

Injektering

Under hösten 2002 utfördes försök med att injektera flygaska för att stabilisera hushållsavfallsdeponin på Tveta. Tekniken med injektering bedöms kunna motverka problem med att deponins tätskikt förstörs genom differentiella sättningar. Dessutom kan flygaska i en deponi troligtvis bidra positivt till den kemiska utvecklingen så att fastläggning sker av metaller.

Totalt injekterades ca 100 ton askslurry (aska+vatten) i pilotförsöken genom ett antal förborrade hål ner till 9 meter i deponin. Detta motsvarar uppskattningsvis en utfyllnad av ca 12-16 % av de tillgängliga hålrummen inom injekteringsområdet.

Erfarenheterna från injekteringen är goda och det gick efter viss intrimning av utrustningen bra att blanda aska med vatten till en pumpbar slurry och injektera den i deponin. Askans stelning efter uppskattningsvis några dagar till hårda, spröda klumpar som kan bidra till ökad stabilitet. Askslurryn visade sig emellertid sprida sig ganska långt från injekteringshålen genom håligheterna i deponin och för att få märkbara effekter krävs större mängder än de som injekterades i pilotförsöket. För att klargöra hur mycket aska som behövs och hur stabiliteten påverkas krävs ytterligare studier, vilket inte har utförts ännu.

A.11 Ulvbergets avfallsanläggning, Hudiksvall

Askanvändning

På Ulvbergets avfallsanläggning i Hudiksvall använder man aska som avjämningsskikt vid sluttäckningen innan bentonitmatta läggs ut. Denna askanvändning sker i fullskala och hittills har två av totalt arton hektar färdigställts.

Sluttäckning

Som sluttäckning används följande skikt: avjämnande aska, bentonitmatta Bentofix NSP, skyddssand 20 cm, dräneringsskikt 30 cm egentillverkad kross 0-150, fiberduk Terrasafe 4000, skyddsskikt bestående av en blandning av lika delar renserigrus och fiberlera från Iggesunds Bruk samt kompost tillverkad av avloppsslam och hästgödsel. Avslutas med grässådd.

Hitintills utförda arbeten har skett i sluttningar med lutning 1:3. Gasdränkskikt kommer att läggas när man kommer till de planare områdena.

Arbetet utförs i egen regi. Den utrustning som används är hjullastare, larvburen grävmaskin, dumper och bandtraktor. Utläggning sker med både grävare, bandtraktor och hjullastare. Packning sker i huvudsak med bandtraktor.

Kostnaden för sluttäckningen är preliminärt ca 193 kr/kvm.

Erfarenheter

På Ulvberget har man skaffat en Alluskopa för blandning av materialet till skyddsskiktet. Denna fungerar bra med fiberleran som annars är svår att bearbeta.

Till dräneringslager kommer man fortsättningsvis att välja en finare fraktion trots att det blir dyrare. Istället för 1-150 testar man 0-80 vid nästa krossning.

Bandtraktorn är outhärlig i sluttäckningsarbetet.

Bra väder är ett måste, framför allt då man lägger bentoniten.

Krav finns på snabb täckning. Man lägger mindre ytor i taget med alla skikt på plats.

Andra användningsområden för aska på deponin

Planer finns på att börja använda aska vid vägbyggen.

Källa: [19]

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED
STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB
101 53 Stockholm
Tel 08-677 25 80
Fax 08-677 25 35
www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker
Fax 08-677 25 35