

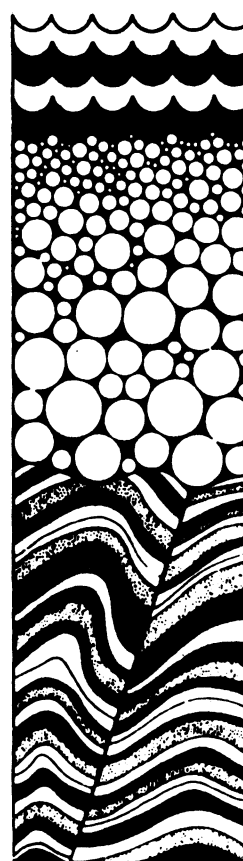
Nr.11 Goffeng, G. (1981) Grunnforhold og grunnvannsforurensning ved Hornmoen avfallsplass, Elverum. 39 s.

Nr.12 Arsmelding 1980. Institutt for Geologi, 1981.

Nr.13 Røhr, P.K. (1981) Geologiske forhold ved lokalisering av avfallsfyllinger. 35 s.

INSTITUTT FOR GEOLOGI NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE

**Department of Geology, Agricultural University of Norway
Address: N-1432 Ås - NLH. Telephone: (02) 94 00 60**



**RAPPORT NR. 13
ÅS 1981**

Per Kristian Røhr

**Geologiske forhold ved
lokalisering av avfallsfyllinger**

ISBN 82-576-2510-8

OVERSIKT OVER UTKOMNE RAPPORTER:

- Nr.1 Englund, J.-O. (1975) Prøveforelesninger holdt for den filosofiske doktorgrad ved Universitetet i Oslo 1.11.74. 46 s.
1. En oversikt over de viktigste senprekambriske og "Eokambriske" lagrekker i områdene rundt Nord-Atlanteren utenfor Skandinavia.
 2. Noen trekk ved gråvake sandsteiner og ved deres dannelsesmåte.
- Nr.2 Nystuen, J.P. (1975) Hovedtrekk av den tektoniske utviklingen i østre del av sparagmittområdet i Sør-Norge. 22 s.
- Nr.3 Haldorsen, S. (1976) Norwegian Moraines and Till Deposits. - A Bibliography. 21 s.
- Nr.4 Haldorsen, S. (1977) Nedknusning av bergartsfragmenter og mineralkorn ved bretransport. 18 s.
- Nr.5 Haldorsen, S. (1977) Morener, dannelselse, klassifikasjon og egenskaper. 44 s.
- Nr.6 Rosenfeld, H.J. (1978) Israndavsetninger i området Vestby - Ski. 21 s.
- Nr.7 Haldorsen, S., Mangerud, J., Sejrup, B.P. og Sønstegaard, R. (1978) Lithologiske studier av Saale-, Eem- og Weichsel-sedimenter fra Fjøsanger, Bergen. 39 s.
- Nr.8 Nordisk Geokjemisk Symposium, NLH - Sem, 14.-16. februar 1979. Tema: Geokjemisk sammensetning av løsmasser og grunnvann.
- Nr.9 Arsmelding 1979. Institutt for Geologi, 1980. 13 s.
- Nr.10 Dahle, S. (1981) Ei hydrogeologisk undersøkning av Kjærnes-området, Ås i Akershus. 35 s. 2 kart.

8. LITTERATUR.

- Avfallsordlista, 1977. Tekniska nomenklatursentralen, Stockholm. TNC 62.
- Clark, D.C., 1979. Remedial action activities for Army Creek Landfill. U.S. Environmental Protection Agency, EPA - 600/9 - 79 - 023a.
- Damhaug, T., A.S. Elkum & O.J. Johansen. 1979. Sivevann fra søppelfyllplass. Forskningsprogram 1979-1983. NIVA-rapport 5/79.
- Englund, J.O., 1978. Hydrogeologi. Del 1: Generell hydrogeologi. Inst. for geologi, NLH, stensil.
- Holtedahl, O., 1968. Hvordan landet vårt ble til. Cappelen.
- Johansen, O.J., 1976. Rensing av sivevann. PRA 16.
- NOU 1975:52. Resirkulering og avfallsbehandling.
- Seman, P.O., 1977. Lakvattenspridning och lakvattenrening i mark och grund. Forskningsredogørelse. Stensil.
- Statens naturvårdsverk, 1974:24. Lokalisering av avfallsupplag ur geologisk og hydrogeologisk synvinkel.
- Skjeseth, S., 1978. Forelesninger i G3, Hydrogeologi, NLH.
- Styringsutvalget for jordforskning, 1981. Rensing av sivevann fra søppelfyllplasser ved filtrering i jord. Rapportutkast.
- Wigdel, G. & Gismervik, S., 1977. Deponering av avfall. Undersøkelse av sivevannsproblemet ved norske fyllplasser. Utvalg for fast avfall. Prosjektnr. 4.3.16.
- Wigdel, G., 1974. Deponering av avfall. Sivevannsproblemer. Litteraturstudier. Utvalg for fast avfall. Prosjektnr. 4.3.13.

FORORD.

Rapporten er en presentasjon av arbeid utført i prosjektet "Avfallsdeponier - naturgitte kriterier". Prosjektet har vært finansiert av NLVF under Styringsutvalget for jordforskning, og ble gjennomført ved Institutt for geologi, NLH.

Professor Steinar Skjeseth og forsker Tore Østeraas har gitt verdifull veiledning under arbeidet i prosjektet. Forsøket med rensing av sivevann i sandfiltergrøfter, omtalt i kap. 5, ble gjennomført i samarbeid med forsker Rolv Kristiansen.

Figurene er tegnet av Åslaug Borgan. Institutt for geologi, NLH, og sekretariatet ved Styringsutvalget for jordforskning har gitt gode råd under arbeidet med rapporten.

Ås 1981

vurdere grunnvannets forekomst og bevegelse, må bergartene bestemmes, og fjellets oppsprekingsgrad og mønster registreres.

Bunnmorenen varierer både i oppbygning, sammensetning og form. Generelle retningslinjer for bruk av slike løsmasser i forbindelse med avfallsdeponering kan derfor vanskelig gis I kap. 6 er bruksegenskapene i forbindelse med avfallsdeponering diskutert, med utgangspunkt i de mest typiske kjennetegn ved bunnmorenen slik som usorterte masser, hard pakning og begrenset mektighet.

I områder med bunnmorene er løsmassetykkelsen over berggrunnen som regel begrenset, og løsmassene har ikke de beste bruksegenskaper hverken med hensyn til tettningslag eller infiltrasjon av sigevann. Bunnmorenen har imidlertid stor utbredelse, og mange kommuner har ingen alternativer til moreneområder når avfallsfyllinger skal lokaliseres. Fyllingene bør i alle tilfeller legges til de deler av moreneområdene hvor løsmassetykkelsen er størst, og hvor grunnvannets forekomst i løsmasser og underliggende berggrunn er oversiktlig.

1. SAMMENDRAG

Selv om ulike former for behandlingsanlegg for avfall etter hvert har blitt vanlig i Norge, vil det også i framtida være behov for etablering av nye avfallsfyllinger for deponering av fast avfall. Vannforurensninger er den alvorligste miljøulempen ved kommunale avfallsfyllinger. Disse skyldes dannelse av forurenset sigevann i avfallsmassene. Karakteristisk for sigevann er stort innhold av suspendert stoff, organisk materiale og reduserte nitrogen- og jernforbindelser. Ved fyllinger med stor sigevannsproduksjon kan ukontrollert spredning av dette vannet ha vidtrekkende konsekvenser, bl.a. med forurensning av drikkevannskilder.

Forurensningsproblemene ved avfallsfyllinger er i stor grad et resultat av uheldig lokalisering av fyllingene. En bedring av den miljømessige standarden kan oppnås ved at lokaliseringen ses i sammenheng med de naturgitte betingelser, først og fremst av geologisk karakter. Ved å legge geologisk registreringsmateriale til grunn for lokaliseringen, kan det finnes løsninger der produksjonen av forurenset sigevann er lav, og mulighetene til å ta hånd om sigevannet på en forsvarlig måte er gode.

Ved lokalisering av avfallsfyllinger bør det legges vekt på at løsmassene har gode egenskaper med hensyn til den bruk som er aktuell, som f.eks. tettningslag under fyllingene, topplag ved avslutning av fyllingene, dekkmasser og infiltrasjon av sigevann i jord. Etter en samlet vurdering av de ulike løsmasetypene synes breelvvavsetningene å ha de beste bruksegenskaper. Dessuten kan lokalisering til slike løsmasser gi lav sigevannsproduksjon.

Registreringer av hydrogeologiske forhold, særlig grunnvannets forekomst og bevegelse, er et viktig grunnlag ved lokalisering av avfallsfyllinger. Data om vannhusholdningen i løsmasser og

Nedlagte massetak.

Massetakdrift foregår som regel i godt sorterte løsmasser som f.eks. breelvvavsetninger. Felles for de fleste massetak er at driften etterlater stygge sår i landskapet, som kraterlignende groper med bratte skråninger. Slike kunstige terrengformer blir i ikke ubetydelig grad tatt i bruk som deponeringsplass for avfall. Terrengformene innbyr til slik virksomhet. Dessuten har massetakdriften medført anleggsvirksomhet i områdene, og etablering av avfallsfyllinger kan derfor lettere aksepteres av almenheten.

Ved massetakdriften legges det igjen masser som er ukurante som salgsvare, f.eks. svært grove eller finstoffrike masser. slikt materiale kan nyttes til dekkmasser, som tettningslag under fyllingene eller som topplag etter avsluttet deponering.

Løsmassenes mektighet er vanligvis godt illustrert i åpne snitt i massetakene. Grunnvannsutslag, ofte i forbindelse med overgang til finkornig materiale som silt eller leire, har i mange tilfeller vært grusdriftens begrensnig i dybden. Bunnen i massetakene kan derfor ligge nær grunnvannsnivået. Grunnvannets forekomst og strømningsretning kan være vanskelig å observere og tolke utfra overflateregistreringer. Derfor kan grunnboringer med peiling av grunnvannsnivå, eventuelt bruk av sporstoffer eller prøvepumping av grunnvannsmagasinet være nødvendig for å skaffe tilveie tilstrekkelige grunnvannsdata.

Som sikring mot inntregning av grunnvann i avfallet kan det legges ut et løsmasselag i bunnen av massetakene før avfallsdeponering tar til. Dette laget kan også bygges opp som et tettningslag under avfallsmassene, med et drensssystem slik at sigevannet kan samles til et kontrollpunkt før eventuell infiltrasjon.

Avfallsdeponiene bør utformes slik at massetakene restaureres og landskapet i størst mulig grad føres tilbake til sin opprinnelige form. I enkelte tilfeller kan det være gunstig å etablere avfallsfyllingen før massetaket legges ned slik at disse to virksomhetene kan forgå side om side. En slik samdrift kan gi kostnadsmessige innsparelser ved at maskiner delvis kan benyttes i fellesskap. Vrakmassene fra massetaket kan brukes direkte som dekkmasser, eventuelt topplag ved avslutning av fyllingene, og restaureringen av landskapet kan gjennomføres raskere. Betingelsene for en slik samdrift er at den planlegges godt, helst før massetaket åpnes.

Avfallsdeponering i morenejord og områder med tynt løsmassedekke.

Den dominerende avsetningstypen i Norge er bunnmorene. Typisk for disse områdene er at løsmassene er usortert og at jorddekke over berggrunnen kan være svært tynt. Terrangformene i områder med bunnmorene er som regel betinget av underliggende berggrunn. Svakt hellende og flate partier er vanlige, men daler, rygger og hauger kan forekomme.

Bunnmorenen som ble dannet da isen beveget seg over landskapet, er bygd opp av hardt pakket materiale. De fleste kornstørrelser fra leirpartikler til store blokker kan være tilstede. Massene er derfor relativt tette, men kanaldannelser, særlig i blokkrik morene, er vanlig.

Grunnvannets nivå kan ofte observeres i bekker, i kilder eller i myr- og sumporåder. Vegetasjon som stiller store krav til fuktighet gir ofte en indikasjon på at grunnvannet opptrer nær overflaten. I løst lagret bunnmorene med stor mektighet over berggrunnen kan imidlertid avstanden ned til grunnvannssonen være på flere meter.

Bunnmorenen er ofte bare et tynt og usammenhengende dekke over berggrunnen. Vannhusholdningen i løsmassene må derfor ses i nær sammenheng med vannhusholdningen i berggrunnen. Løsmassenes mulighet til å ta hånd om forurensningselementer er begrenset, og tiltak for å beskytte eventuelle grunnvannsføremønstre i berggrunnen kan være påkrevet. For å kunne

INNHOOLD	Side
1. SAMMENDRAG	3
2. INNLEDNING	5
3. PROBLEMSTILLING	6
Forurensningsproblemer ved avfallsfyllinger	6
Lokalisering av avfallsfyllinger sett i sammenheng med den kommunale arealplanlegging	7
4. VANNFORURENSNINGER VED AVFALLSFYLLINGER	9
Forurensning fra sigevann	9
5. JORD SOM RESIPIENT FOR SIGEVANN	12
Erfaringer med infiltrasjon av sigevann i jord	13
Rensing av sigevann i sandfiltergrøfter	14
6. LOKALISERING AV AVFALLSFYLLINGER - NATURGITTE KRITERIER	18
Geologiske forhold som lokaliseringskriterium	19
Løsmassegeologi	19
Generell vurdering av løsmasser i forbindelse med avfallsdeponering	20
Berggrunnsgeologi	24
Hydrogeologi	24
Vannhusholdning i løsmasser	25
Vannhusholdning i fjell	26
Gruppering av geologiske kriterier som bør vurderes ved lokalisering av avfallsfyllinger	27
7. DISKUSJON AV AKTUELLE DEPONERINGSOMRÅDER MED GEOLOGISKE KRITERIER SOM GRUNNLAG	28
Ravinedaler i leirjordområder som lokalitet for avfallsfylling	28
Avfallsdeponering i områder med brelvavsetninger	30
Avfallsdeponering i morenejord og områder med tynt løsmassedekke	33
8. LITTERATUR	35

2. INNLEDNING

I de fleste av landets kommuner finnes avfallsfyllinger for kommunalt avfall. Det vil si at det eksisterer 400-500 avfallsfyllinger som tar imot husholdningsavfall og ufarlig industriavfall. På grunn av dårlige driftsforhold og uheldig lokalisering, representerer mange av disse en alvorlig forurensningsbelastning på omliggende miljø.

En avfallsfylling oppleves av de fleste som et svært negativt element i naturen. Dette kommer klart til uttrykk ved lokalisering av nye avfallsfyllinger hvor motstanden mot å få et slikt anlegg i nærmiljøet vanligvis er sterk. En bedring av driftsforholdene ved fyllingene kombinert med gunstig lokalisering, kan bidra til å redusere de negative effekter ved slike anlegg.

I denne rapporten blir det pekt på hvilke naturgitte kriterier det bør legges vekt på ved lokalisering av avfallsfyllinger, hvilke grunnundersøkelser som bør gjennomføres og hvilken plass disse forholdene bør ha i lokaliseringprosessen. Det blir særlig lagt vekt på de kvartærgeologiske og hydrogeologiske kriterier som lokaliseringsgrunnlag.

Løsmassegeologien diskuteres utfra den regionale fordeling av kvartære avsetningstyper. Noen typeområder presenteres i kap. 7 for å anskuliggjøre vurderingsgrunnlaget ved lokaliseringen. Typeområdene omfatter lokaliteter som geologisk sett er vanlige for visse strøk av landet, og lokaliteter som med hensyn til løsmassegeologien er særskilt interessante med tanke på behandling av sigevann og vern av vannressursene.

Avfallsdeponering i områder med breelavsetninger.

Breelavsetningene er dannet av materiale som smeltevannet førte med seg i løpet av isavsmeltningsperioden. Som regel er disse løsmassene godt sortet. Kornsammensetningen kan variere fra silt til grov grus. Lagdeling er vanlig, og løsmassenes mektighet er ofte stor. Breelavsetningenes brukegenskaper i forbindelse med avfallsdeponering er nærmere omtalt i kap. 6.

Breelavsetningene danner terrasser, deltaer, rygger og hauger. I enkelte områder forekommer også dødigrøper. Imidlertid er terrenget ofte svært jevnt. På de grovkornige løsmassene som ofte dominerer i disse avsetningene, kan vegetasjonen være åpen, f.eks. furumo, slik at både terreng og vegetasjon er til liten hjelp når det gjelder å skjerme avfallsfyllinger mot innsyn.

Det kreves som regel selvstendige undersøkelser for å skaffe data om grunnvannets nivå og strømningsretning. Grunnvann i breelavsetninger er fra naturens side av de best beskyttede drikkevannskilder. Derfor må det nøye utredes hvilke konsekvenser en eventuell påvirkning av grunnvannet kan få før avfallsdeponering tar til. Det bør alltid tas analyser av grunnvannet før avfall deponeres slik at bakgrunnsdata for vurdering av en forurensningsutvikling foreligger.

Løsmassene i slike områder er vanligvis lett gjennomtrengelige for vann, og faren for at forurenset sigevann kan nå ned til grunnvannssonen er derfor overhengende hvis grunnvannsnivået ligger nær overflaten. Et tett sjikt med drensssystem under avfallet slik at sigevannet kan samles opp, kan være et effektivt vern mot grunnvannsforurensning.

I områder med breelavsetninger vil nedbørsvannet trenge ned i løsmassene, og avskjærende grøfter omkring deponeringsområdet for oppsamling av overflatevann er derfor ikke påkrevet. Sigevannsmengdene vil holdes på et lavt nivå fordi bare nedbør som faller på selve fyllingsoverflaten og vann i avfallet vil bidra til sigevannsdannelse. Sigevannet som dannes kan ledes bort i lukket ledningssystem eller infiltreres i kontrolerte former på stedet hvis dette ikke kommer i konflikt med utnyttelse av grunnvannet.

Terrengformer og vegetasjon gir som regel få holdepunkter når det gjelder plasseringen av avfallsfyllinger på slike avsetninger. Så langt det er mulig, og uten at det går ut over kravet til gode egenskaper hos løsmassene og hensynet til stor avstand til grunnvannsnivå, bør avfallsfyllingene legges til deler av breelavsetningene med hauger og rygger. Dødisgroper bør i størst mulig grad unngås da avstanden til grunnvannet kan være liten.

Grunnvannets verdi som vannforsyningskilde må vies stor oppmerksomhet ved lokalisering av avfallsfyllinger til breelavsetninger. Eksisterende og planlagt bruk av grunnvannet må prioriteres forran avfallsdeponering. Kombinasjonen avfallsdeponering og grunnvannsuttak innenfor samme området kan bare anbefales i helt spesielle tilfeller.

Ved lokalisering av avfallsdeponier er breelavsetningene den avsetningstypen som totalt sett har de beste bruks-egenskaper, først og fremst fordi sigevannsmengdene holdes på et lavt nivå. Omfattende grunnarbeider i etableringsfasen er som regel ikke nødvendig.

Avfallsåser.

I andre land er det ikke uvanlig at avfallsfyllinger bygges opp som avfallsåser der terrenget er helt flatt, slik det f. eks. kan være på breelavsetninger. En slik løsning har flere fordeler. Bl. a. er det lettere å etablere et oppsamlingsystem for sigevann, og ved at fyllingene får en konveks overflate, kan avfallet til enhver tid dekkes til slik at nedbørsvannet renner av istedet for å være en kilde til sigevannsdannelse. Det kan være vanskelig å skape forståelse for kunstige formelementer som avfallsåser i vårt land. Men hvis målet er vern mot vannforurensning, er dette en bedre framgangsmåte enn å grave avfallet ned.

berggrunn er nødvendig for vurdering av faren for spredning av forurenset sigevann.

Forsøk viser at rensing av sigevann fra avfallsfyllinger vanskelig lar seg gjennomføre i sandfiltergrøfter på grunn av rask gjentetting av filteret og lav kapasitet. Nyere forsøk tyder på at renseeffekten i sandfiltergrøfter bedres ved aerob forbehandling av sigevannet. Erfaringer fra andre land viser at jord er et effektivt rensemedium også for sigevann når filtermassene har stor mektighet og utbredelse.

Med dagens teknologi bør forurensningsproblemene ved avfallsfyllinger i utgangspunktet kunne elimineres. I praksis synes det imidlertid å være vanskelig å beherske teknologien i alle situasjoner. Gjennom deltagelse i planlegging og lokalisering av avfallsfyllinger er det erfart at omfanget av kostbare tiltak mot forurensninger fra fyllinger kan begrenses hvis lokaliseringen ses i nær sammenheng med løsmassenes egenskaper.

tilbake til manglende vurdering av de naturgitte forhold i forbindelse med lokaliseringen. Dette gjelder særlig vannforurensningsproblemene som kan få et vidtrekkende omfang hvis lokaliseringen er uheldig og tiltak mot spredning av forurenset vann ikke settes inn tidnok. Den nære sammenhengen mellom vannforurensningsproblemer fra fyllinger og naturgitte forhold, gjør at særlig denne siden av forurensningsproblematikken står sentralt i denne rapporten.

Lokalisering av avfallsfyllinger sett i sammenheng med den kommunale arealplanlegging.

I generalplaner eller andre former for oversiktsplaner skal det tas stilling til bruken av naturressursene i kommunene. En avfallsfylling har vanligvis så vidtrekkende konsekvenser for naturmiljøet at lokaliseringen av slike anlegg bør høre hjemme i de kommunale oversiktsplaner.

Detaljerte arealplaner som kan være relevante i denne sammenheng er reguleringsplaner. En reguleringsplan kan være et viktig element i kommunenes informasjonsvirksomhet overfor almenheten. Reguleringsbestemmelser som følger reguleringsplanene, kan sammen med tilleggsbestemmelser fungere som som driftsplaner for avfallsfyllinger med avgrensning av fyllingsområdene, angivelse av fyllingshøyder og tiltak ved avslutning av fyllingene slik at arealene kan tilbakeføres til en velegnet virksomhet.

Hverken generalplaner, reguleringsplaner eller andre former for arealplaner er noe effektivt virkemiddel i arbeidet med å hindre vannforurensninger fra avfallsfyllinger. Her er det lov om vern mot vannforurensning som kommer til anvendelse, og planleggeren må trekke denne lovens bestemmelser inn i planleggingsarbeidet uansett hvilken form for arealplaner som utarbeides.

Problemene omkring lokalisering av avfallsfyllinger vil langt på vei være løst hvis denne form for grunnutnyttelse trekkes inn i den kommunale arealplanlegging på et tidlig

7. DISKUSJON AV AKTUELLE DEPONERINGSOMRÅDER MED GEOLOGISKE KRITERIER SOM GRUNNLAG.

I kap. 6 er de aktuelle geologiske kriterier i forbindelse med avfallsdeponering gruppert. I dette kapittelet blir disse kriteriene sammen med løsmassenes bruksegenskaper slik de er omtalt tidligere lagt til grunn ved diskusjonen av deponeringsområder. Eksemplene på deponeringsområder som diskuteres, representerer typiske naturforhold ved en stor del av avfallsfyllingene i Norge. Materialet det bygges på er innhentet ved befaringer og deltagelse i planleggingen av avfallsfyllinger i løpet av prosjektperioden.

Ravinedaler i leirjordsområder som lokalitet for avfallsfylling.

Under marin grense i Trøndelag og på Østlandet er raviner vanlige terrengformer i områder med silt- og leirjord. Ravinedalene ble dannet da tidligere havbunn under landhevingen etter siste istid ble utsatt for kraftig utvasking med erosjon og skredaktivitet. Den finstoffrike jorda i ravinene er fremdeles utsatt for erosjon, og skred kan forekomme.

Systemer av ravinedaler opptrer ofte slik at mindre daler fordeler seg som fingere fra en hoveddal. De enkelte raviner kan være trange og dype, og terrengformen innbyr til avfallsdeponering.

Marin leire med varierende silt- og sandinnhold er den dominerende jordart i disse områdene. Lagdeling, og noen vesentlig variasjon i kornsammensetningen er sjelden. Mektigheten på løsmassene er som regel stor omkring ravinene. Leirjordas bruksegenskaper i forbindelse med avfallsdeponering er diskutert i kap. 6.

Hydrogeologisk sett er ravinedaler relativt oversiktlige fordi dreneringsforløpet for grunnvann og overflatevann

defineres av terrengformene. Lengst inne i ravinene er kildeutspring vanlig. Det eksakte grunnvannsnivå er ofte vanskelig å bestemme i ravineområder, men kildehorisonter gir et godt grunnlag for å vurdere hvilke tiltak som bør gjennomføres for å unngå kontakt mellom avfall og grunnvann. Kildehorisonter er også et uttrykk for hvor i ravinesidene skredfaren er størst.

Ravinene danner naturlige drepsløp for overflatevann og grunnvann. Dette vannet må ledes utenom eller under avfallsmassene slik at det ikke medvirker til utvasking av forurensningselementer. Slike tiltak må gjennomføres før avfallsdeponeringen tar til, og kan få omfattende omfang når overflatevann og grunnvann skal holdes adskilt fra sigevann. Det er flere eksempler på at den tilsiktede separering av de forskjellige vann typer i ulike drepsystemer ikke fungerer. Det har lett for å oppstå lekkasjer, bl a på grunn av uforsiktig bruk av tunge komponenter i avfallsmassene.

Til tross for disse problemene, og selv om eneste mulighet for rensing av sigevann er overføring til avløpsnett og renselanlegg for vanlig avløpsvann, er lokalisering til ravnedaler i enkelte kommuner den gunstigste løsningen. Problemene som kan oppstå er i stor grad av teknisk karakter, og mulighetene for løsning av disse er gode.

Positive sider ved lokalisering av avfallsfyllinger til ravineområder er bl.a. at skogkleddes dalsider omkring fyllingsområdene kan gi en effektiv skjerming av den aktuelle virksomhet mot innsyn. Etablering av avfallsfyllinger kan også ses i sammenheng med bakkeplanering i slike områder. Når masse tilføres i form av avfall, kan planering av omliggende områder lettere gjennomføres. Dermed kan avfallsdeponeringen bidra til at jordbruksarealer innvinnes.

3. PROBLEMSTILLING

Behovet for avfallsfyllinger.

Det er i dag økende forståelse for at fast avfall representerer verdifulle ressurser. I NOU 1975:52, Resirkulering og avfallsbehandling II, blir det slått fast at myndighetene ønsker en bedre utnyttelse av disse ressursene, enten i form av ombruk, gjenvinning eller energiutnyttelse. Samtidig blir det pekt på at alle kommuner uansett valg av behandlingsform for avfallet, bør ha adgang til en fyllplass.

Store transportavstander og små avfallsmengder vil neppe forsvare etablering av kostbare avfallsbehandlingsanlegg i kommuner med et spredt bosetningsmønster. Her vil trolig deponering i fylling fremdeles bli den vanligste form for avfallshandtering. Disse forhold tatt i betraktning, er det stor sansynlighet for at avfallsfyllingene vil bli opprettet i mange kommuner. Økende avfallsmengder og strengere krav til miljømessig standard ved fyllingene har tvunget mange kommuner til å finne nye lokaliteter til fyllplassene.

Lokalisering av avfallsfyllinger er en omfattende og problemfylt prosess hvor de naturgitte betingelsene har lett for å komme i bakgrunnen for tekniske og kortsiktige økonomiske betraktninger. Det er vanskelig å få forståelse for at hvis naturgrunnlaget tillegges stor vekt ved lokaliseringen, kan vannforurensninger og andre miljøforstyrrelser holdes på et lavt nivå ved nyetablering av fyllinger.

Forurensningsproblemer ved avfallsfyllinger.

Ved deponering av fast avfall kan en rekke miljøulemper oppstå, slik som vannforurensninger, lukt, røyk, støy, flyveavfall, rotteplage og estetiske forstyrrelser. Alle disse miljøforstyrrelsene har nær sammenheng med driftsforholdene på fyllingene. Noen av dem kan imidlertid føres

4. VANNFORURENSNINGER VED AVFALLSFYLLINGER.

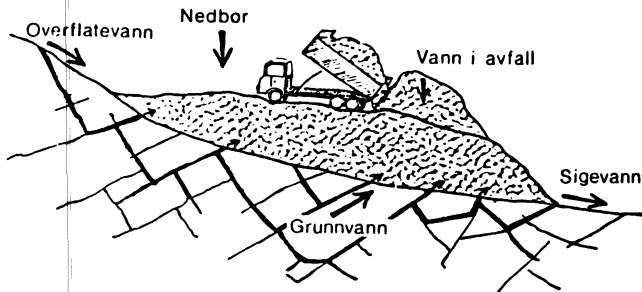
Karakteristisk for vannforurensning fra deponert avfall er at forurensningsbelastningen ikke begrenses til det tidsrom avfall deponeres, men vil holde fram så lenge nedbrytningsprosessene i avfallet pågår. Dette kan vare i flere tiår etter at avfallsdeponeringen har opphørt.

Bedring av forurensningssituasjonen ved etablerte fyllinger krever omfattende tiltak. Derfor bør vern mot vannforurensninger stå sentralt ved etablering av nye fyllinger.

Forurensning fra sigevann.

Det er forurenset sigevann som skaper vannforurensningsproblemer ved avfallsfyllinger. Sigevann som flyter ut fra en fylling dannes ved varierende vanntilførsel fra særlig tre kilder (figur 1):

1. Vann i selve avfallet ved deponering.
2. Nedbør som faller på fyllingsflaten og trenger ned i avfallet.
3. Overflatevann og grunnvann som trenger inn i fyllingen fra omgivelsene.



Figur 1. Vannkildene som forårsaker sigevannsproduksjon.

Vannhusholdning i fjell.

Det er som regel langt mer komplisert å fastlegge grunnvannsnivået i fjell enn i løsmasser. Norske bergarter er gjennomgående lite porøse, og sprekker danner grunnlaget for magasinering av grunnvann. Borebrønner er ofte de eneste observasjonspunkter for registrering av grunnvannets nivå og variasjon. Studier av vannbevegelsen vanskelig gjøres ved at grunnvannet opptrer i adskilte magasiner. Eventuell kommunikasjon mellom magasinene kan påvises bl.a. ved prøvepumping av borebrønner, gjerne kombinert med bruk av sporstoffer. Det vil bare unntaksvis være mulig å gjennomføre grundige studier av vannhusholdningen før avfallsfyllinger lokaliseres. Årsaken til dette er at det er svært kostbart å utføre nødvendige borer i fjell for etablering av kontrollbrønner. Det er imidlertid helt klart at slike studier er nødvendige i områder med tynt løsmassedecke og i områder hvor det knytter seg drikkevannsinteresser til grunnvannet.

I motsetning til hva som er tilfellet i løsmasser, kan det ikke forventes noen vesentlig omsetning av forurensnings-elementer i den umettede sonen fordi oppholdstiden vanligvis er for kort. Etter at sigevannet når grunnvannssonen, er faren for spredning av forurensningselementer stor. Vannet kan bevege seg opptil flere meter pr. dag i sterkt oppsprukne bergarter. Sigevannspåvirkning under slike forhold kan raskt få konsekvenser for grunnvannskvaliteten selv i stor avstand fra en avfallsfylling. I særlig uheldige tilfeller kan forurensningene transporteres med grunnvannet og påvirke vannkvaliteten i nærliggende bekker elver eller sjøer. Det kan derfor slås fast at vannhusholdningen i fjell er uoversiktlig, og at kontroll med forurensningsutviklingen kan være vanskelig å gjennomføre.

Gruppering av geologiske kriterier som bør vurderes ved lokalisering av avfallsfyllinger.

Løsmassegeologi:

- Løsmassenes korn sammensetning.
- Lagdeling i løsmassene.
- Løsmassenes mektighet og utstrekning.

Bergrunnsgeologi:

- Bergartene som er representert i området.
- Bergartenes oppsprekingsgrad
- Sprekkesystemenes mønster.

Hydrogeologi:

- Grunnvannsforhold.
- Grunnvannsspeilets nivå og helning og grunnvannets strømningsretning.
- Endringer i grunnvannets nivå og strømning over tid.

Geomorfologi:

- Terrengformer.

tidspunkt. Betingelsen for en tilfredsstillende lokalisering er imidlertid at planleggeren kjenner problemene som kan oppstå ved deponering av avfall.

I kap. 6 og 7 blir de naturgitte kriterier for avfallsdeponering diskutert slik det kan være aktuelt i en arealplanleggings situasjon. Det legges vekt på lokaliseringskriterier som er av betydning når det gjelder å holde sigevannsproduksjonen på et lavt nivå, samt vern av overflatevann og grunnvann mot forurensninger fra avfallsfyllinger.

forlater fyllingene uhindret og følger de naturlige dreneringsløp i området. Resipientene som mottar sigevann kan grupperes slik:

- elver, bekker og sjøer
- grunnvann
- havvann
- jord.

Den dominerende resipienten er elver og bekker, og det er også her sigevannets påvirkning lettest kan observeres. Av observasjoner fra slike resipienter kan nevnes vassdraget nedenfor Grønmo fyllplass i Oslo. Der har nitrogenkonsentrasjonen økt 30-40 ganger siden påvirkningen fra fyllingen startet. I dag har dette vassdraget en nitrogenkonsentrasjon i omtrent samme størrelsesorden som kommunalt avløpsvann. På grunn av størrelsen er Grønmo fyllplass lite representativ for flertallet av de kommunale avfallsfyllinger, men observasjonene derfra gir grunn til stor oppmerksomhet omkring sigevann som forurensningskilde.

Sigevannsforurensning av grunnvann synes ikke å være noe utbredt problem i Norge i dag. En av årsakene til dette er at avfallsfyllinger i de fleste tilfeller lokaliseres til områder nær overflatevannkilder slik at sigevannet raskt dreneres ut fra områdene.

Sigevannspåvirkning i marine miljøer har til nå vært lite undersøkt. Løngs kysten er en rekke avfallsfyllinger lokalisert til strandsonen, og forurensninger fra disse må vies større oppmerksomhet i framtida.

Berggrunnsgeologi.

Ved deponering av avfall direkte på bart fjell eller i områder med tynt løsmassedecke over fjell, har berggrunnsgeologien stor betydning for forurensningssituasjonen. Sprekker i berggrunnen fungerer som drenskanaler for sigevann og fører til at forurensningselementer kan nå grunnvannet.

Det er berggrunnens oppsprekingsgrad og -mønster som bestemmer vannets bevegelse og dermed også faren for vannforurensninger. En kjenner i dag hovedtrekkene av bergartenes vannhusholdning. Men inhomogeniteter i berggrunnen er vanlig, og ulike bergarter opptrer ofte i vekslende slik at bildet kompliseres. Det er derfor ikke mulig å gi noen detaljert karakteristik av bergarters egenskaper som underlag for avfallsfyllinger. Det vil alltid være behov for undersøkelser av berggrunnens oppsprekingsgrad og -mønster hvis faren for sigevannsforurensning er tilstede.

Noen generelle trekk som er av interesse i denne sammenhengen, kan likevel nevnes. Lavabergartene karakteriseres som åpne bergarter. Det vil si at åpne sprekker til store dyp er vanlige. I områder med slike bergarter er faren for grunnvannspåvirkning i forbindelse med avfallsdeponering overhengende. Skiferbergarter og fyllitt er eksempler på tette bergarter. Sprekkene er sjelden åpne, og eventuelt sigevann vil stort sett renne av på overflaten. Typiske grunnfjellsbergarter som gneis og granitt befinner seg i en mellomstilling. Åpne vannførende sprekker kan være utbredt, men det finnes også områder hvor disse bergartene er tette og kan danne et velegnet underlag for en avfallsfylling.

Hydrogeologi.

Den delen av geologien som omhandler vann i den umettede og mettede sonen betegnes som hydrogeologi. Det vil si en betegnelse på vannhusholdningen i løsmasser og fjell. Denne vannhusholdningen er bestemmende for sigevannets spredning i grunnen og dermed også for vannforurensningssituasjonen omkring en avfallsfylling.

Vannhusholdning i løsmasser.

Grunnvannsstanden, dvs det nivået hvor alle porer i løsmassene er fylt med vann, er et viktig registreringsobjekt når forurensningsfaren fra en avfallsfylling skal vurderes. I løsmasser kan dette nivået identifiseres ved hjelp av kontrollbrønner. Forholdene kan kompliseres ved at grovkornige og finkornige lag opptrer i vekselning slik at vannmettede soner ligger mellom umettede.

I den umettede sonen over grunnvannsnivået er vanligvis oksygentilgangen rikelig fordi porerommene mellom partiklene er fylt med luft. I denne sonen vil sigevannet bevege seg som en hinne på overflaten av partiklene, og kontakten mellom sigevann og luft er derfor god. Sigevannet er nærmest fullstendig anaerobt når det forlater en avfallsfylling, og kontakten med poreluften kan derfor endre sigevannets sammensetning ned gjennom profilet. Denne "luftingen" av sigevannet i den umettede sonen kan særlig ha konsekvenser for omsetning av organisk materiale, oksydering av nitrogenforbindelser og felling av jern. Omfanget av reaksjonene i den umettede sonen og dermed sammensetningen av det vannet som når grunnvannssonen, bestemmes av oppholdstiden i løsmassene. Denne kan beregnes teoretisk ved hjelp av data for løsmassenes mektighet, kornsammensetning og eventuell lagdeling. Infiltrasjonstester og bruk av sporstoffer kan gi mer direkte svar på vannets oppholdstid i den umettede sonen.

I den mettede sonen eller grunnvannssonen fortsetter omsetningen av forurensningselementer, men med sterkt redusert hastighet. I denne sonen er grunnvannets kjemiske sammensetning et nyttig registreringsobjekt før deponering av avfall tar til. Slike bakgrunnsdata er nødvendige for å kontrollere en eventuell påvirkning av forurenset sigevann. Kartlegging av grunnvannets strømningsbilde og kommunikasjon med overflateresipienter slik som kilder, vassdrag eller sjøer, kan i neste omgang belyse konsekvensene av en eventuell grunnvannsforurensning fra sigevann.

Sigevannet forurenses ved at organiske og uorganiske elementer vaskes ut fra avfallet. Sammensetningen og konsentrasjonen av sigevannet varierer med vanntilførselen og nedbrytningsmiljøet i avfallsmassene.

Karakteristisk for sigevann er det høye innholdet av organisk materiale, suspendert stoff og reduserte nitrogen- og jernforbindelser. Når sigevann flyter ut fra en avfallsfylling og tilføres oksygen, får det en rustbrun farge på grunn av oksydasjon av reduserte jernforbindelser. Vannet har som regel en sterk lukt. Fra fyllingene går sigevannet ut i nærmeste bekk eller vassdrag eller det infiltreres i grunnen. I bekker og elver nær fyllingene er innslaget av sigevann lett synbart på grunn av den karakteristiske fargen. Ved infiltrasjon i grunnen er det vanskeligere å følge sigevannet da det i de fleste tilfeller blandes med grunnvann før det eventuelt når et vassdrag.

Ved en rekke avfallsfyllinger samles sigevannet og føres inn på det kommunale avløpsnett. I disse tilfellene er vannforurensningsproblemene omkring fyllingene sterkt redusert. Både etablerte og planlagte områder for avfallsdeponering har imidlertid i mange kommuner en slik beliggenhet at tilknytning til de etablerte avløpsnett er urealistisk.

Sigevann representerer vanligvis ikke bakteriell forurensning av betydning for resipientene. Fosforinnholdet ligger relativt lavt sammenlignet med kommunalt avløpsvann. 1-2mg P/l synes å være vanlig for sigevann fra norske fyllinger. I Norge har sigevann lave tungmetallkonsentrasjoner. Det er særlig det høye nitrogeninnholdet, den organiske belastningen og det store oksygenbehovet som kan få konsekvenser for resipientene ved utslipp av sigevann.

Ved de fleste mellomstore og mindre avfallsfyllingene eksisterer det ingen tiltak for oppsamling, kontroll og eventuelt behandling av sigevannet. Det forurensete vannet

Felles for disse situasjonene er at det tas sikte på en reduksjon av forurensningselementene ved filtrering i jord før sigevannet når en vannresipient. Det er prosesser av fysisk, kjemisk og biologisk karakter i jord som forsøkes utnyttet ved infiltrasjonen. Med utgangspunkt i sigevannets sammensetning og generell kunnskap om de nevnte prosesser i jord, kan mulighetene for reduksjon av forurensningselementer ved jordfiltrering vurderes.

Erfaringer med infiltrasjon av sigevann i jord.

Det finnes svært få avfallsfyllinger i Norge hvor det bevisst satses på behandling av sigevann i jord. En rekke avfallsfyllinger er imidlertid lokalisert slik at sigevannet må passere et jordvolum før det når grunnvannsnivå eller et vassdrag. I disse tilfellene fungerer jord utvilsomt som et viktig behandlingstrinn for sigevannet med reduksjon av forurensningselementer. I dette prosjektet er det ikke gjennomført noe undersøkelsesprogram for å studere spredning av forurensningselementer fra sigevann i jord eller vann omkring avfallsfyllinger. Slike undersøkelser kan ha stor verdi for det enkelte anlegg som studeres, og gi interessante opplysninger om hvordan forurensningene spres i jord og vann ved den enkelte lokalitet. Men da jord er et svært heterogent medium og sigevannets sammensetning varierer sterkt fra sted til sted, har slike undersøkelser begrenset generell interesse.

Erfaringer fra andre land viser svært varierende resultater når det gjelder infiltrasjon av sigevann i jord. Svenske undersøkelser har tatt sikte på å studere spredning av sigevann omkring avfallsfyllinger og variasjon i konsentrasjonen av forurensningselementer med avstanden fra fyllinger. Resultatene herfra viser betydlige reduksjoner av organisk materiale og næringssalter i avstander på 50 - 100m fra fyllingene. De 3 undersøkte fyllingene det refereres til er lokalisert til område med elveavsetninger

planteproduksjon, avsluttes toppdekket med et vekstlag øverst. Til vekstlaget kan bl.a. avvannet slam nyttes.

De fleste avsetningstyper kan nyttes i toppdekket. Men med minimalisering av sigevannsproduksjon som utgangspunkt, er det her lagt vekt på etablering av et tett sperresjikt ved avslutning av avfallsfyllinger.

d) Jord som resipient.

Sigevann kan trenge direkte ned i løsmassene under en avfallsfylling hvis det ikke er etablert et tett underlag, eller det kan samles opp og ledes ut i løsmasser via infiltrasjonsgrøfter. I begge tilfeller bør det stilles to hovedkrav til løsmassene:

- at gjennomtrengeligheten for vann er tilfredsstillende med hensyn til de aktuelle vannmengder, og
- at mektigheten på umettet sone er stor nok til å gi sigevannet en tilfredsstillende oppholdstid før det når grunnvannsnivå.

Det er først og fremst grus og sand som en finner i avsmeltningstorene, brelvavsetninger og strandavsetninger som tilfredsstiller disse kravene. Elveavsetninger kan også være velegnet når det gjelder løsmassenes sammensetning, men på grunn av fluktuerende grunnvannsnivå i slike avsetninger, bør de bare unntaksvis benyttes til infiltrasjon. Bunnmorene er vanligvis lite egnet til infiltrasjonsformål på grunn av for lav gjennomtrengelighet for vann. Unntaksvis kan imidlertid bunnmorene være løst lagret og ha stor mektighet. I slike tilfeller kan bunnmorene under streng kontroll nyttes til infiltrasjon av sigevann. Avsmeltningstorene kan være egnet som infiltrasjonsmedium, men liten mektighet er ofte begrensningen.

Nedenfor er de vanligste kvartære avsetningstyper ført opp skjematisk, og avsetningstypenes egnethet til de foran nevnte formål er angitt. Skjemaet er svært generelt, og utgangspunktet har vært de karakteristiske egenskaper en finner hos hver enkelt avsetningstype. Det er ikke tatt hensyn til den store variasjonen innen avsetningstypene.

Skjematisk framstilling av løsmassers egnethet for ulike formål i forbindelse med avfallsdeponering:

Bruk av løsmasser Avsetningstype	Tetningslag	Dekkmasser	Toppdekke med tett sperresjikt	Jord som resipient
MARINE PRIMÆRSEDIMENTER Leire og silt	Godt egnet	Egnet	Godt egnet	Uegnet
MARINE SEKUNDÆRSEDIMENTER (STRANDEDIMENTER) Sortert sand	Uegnet	Godt egnet	Lite egnet	Godt egnet
BRÆKELVAVSETNINGER Silt, sand, grus	Uegnet	Godt egnet	Lite egnet	Godt egnet
ELVEAVSETNINGER Silt, sand, grus	Uegnet	Godt egnet	Lite egnet	Lite egnet
BRESJØSEDIMENTER Leire og silt	Godt egnet	Egnet	Godt egnet	Uegnet
BUNNMORENE Usortert	Egnet	Egnet	Egnet	Lite egnet
AVSMELTNINGSMORENE Noe sortert	Uegnet	Godt egnet	Lite egnet	Egnet

Godt egnet: Massene tilfredsstillter kravene til det aktuelle formål.

Egnet: Nærmere undersøkelser av massenes mektighet, kornfordeling og gjennomtrengelighet for vann er nødvendig.

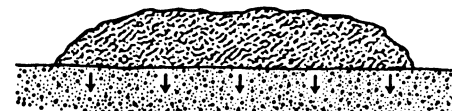
Lite egnet: Massene bør bare unntaksvis nyttes til formålet.

Uegnet: Massene bør ikke brukes til formålet.

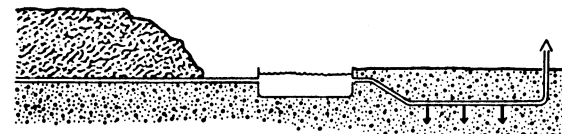
5. JORD SOM RESIPIENT FOR SIGEVANN.

Med jord som mottaker av sigevann er det her tenkt på følgende situasjoner:

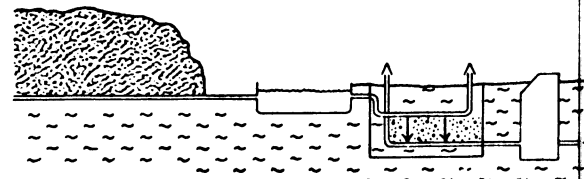
- Direkte ukontrollert infiltrasjon av sigevann i løsmassene under avfallsfyllingene (figur 2a).
- Oppsamling av sigevann fra avfallsfyllingene med derpå følgende utledning i grunnen via infiltrasjonsgrøfter (figur 2b).
- Behandling av sigevann i sandfiltergrøfter (figur 2c).



a) Direkte infiltrasjon under avfallsfylling.



b) Oppsamling av sigevann og utledning i infiltrasjonsgrøft.



c) Oppsamling av sigevann og utledning i sandfiltergrøft

Figur 2. Aktuelle løsninger ved bruk av jord som resipient for sigevann.

Kommentarer til de enkelte bruksområder:

a) Tetningslag under avfallsfyllinger.

Tetningslaget skal hindre infiltrasjon av sigevann ned i underliggende masser, samt samle opp sigevannet for kontroll og eventuelt behandling. Hvis nærliggende resipienter er svært sårbare for forurensninger, eller avfallsfyllingen ligger i et område hvor det knytter seg drikkevannsinteresser til grunnvannet, bør det stilles strenge krav til tetningslaget.

Marine sedimenter som leire og finsilt vil i naturlig tilstand kunne gi tilstrekkelig tetning. Bredsedimentene er vanligvis svært finkornige og kan brukes som tetningslag. Elveavsetninger, breelvasetninger, avsmeltningsmorene og strandsedimenter er vanligvis for grovkornige til å kunne danne noe tett sjikt. Bunnmorene kan stedvis være tett nok til dette formålet, men massenes gjennomtrengelighet for vann bør testes.

b) Dekkmasser.

Behovet for dekkmasser er vanligvis stort, og skal en effektiv og rutinemessig overdekking gjennomføres, bør dekkmassene være tilgjengelige i umiddelbar nærhet av avfallsfyllingene. Alle avsetningstyper kan brukes til dette formålet, men de finkornige løsmassene kan være vanskelig å spre rasjonelt, særlig i våt tilstand. Leire og silt bør derfor unngås der grovere materiale er tilgjengelig.

c) Toppdekke ved avslutning av avfallsfyllinger.

Toppdekket kan bygges opp på forskjellige måter avhengig av hva arealene skal brukes til etter endt oppfylling. I de fleste tilfeller bør imidlertid toppdekket omfatte et tett sperresjikt som hindrer nedtrengning av nedbørsvann og overflatevann i avfallet.

Finkornige masser som leire og silt egner seg bra som sperresjikt i toppdekket. Over det tette sperresjiktet bør det legges et grovkornig drensag. Hvis arealene skal nyttes til

Med stor mektighet, et nedlagt grustak og område med tynt morenedekke. Resultatene bygger på seismiske målinger for bestemmelse av løsmassenes oppbygning og grunnvannets nivå, geoelektriske motstandsmålinger for avgrensning av sigevannets spredning og prøvetaking av markvann og grunnvann for kjemiske analyser.

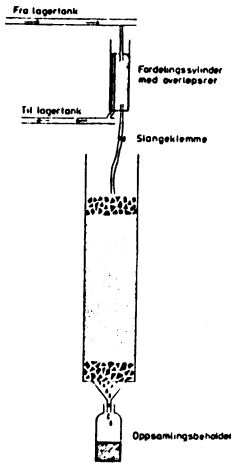
I USA er det påvist en rekke tilfeller av grunnvannsforurensning på grunn av ukontrollert spredning av sigevann. Der har denne formen for vannforurensning vakt sterke reaksjoner fordi den har berørt grunnvannsføremål som nyttes til drikkevannsforsyning.

Rensing av sigevann i sandfiltergrøfter.

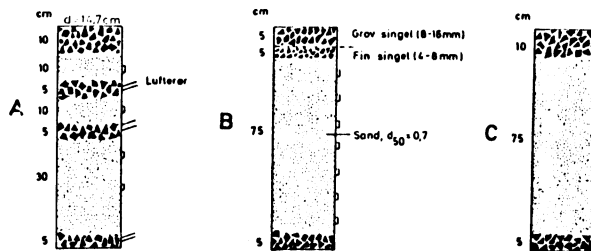
I samarbeid med Mikrobiologisk institutt, NLH, ble det i prosjektet gjennomført et kolonneforsøk hvor sigevann passerte gjennom et sandfilter. Forsøket tok sikte på å gi generelle kunnskaper om jords egnethet som rensemedium for sigevann. Oppmerksomheten ble konsentrert om omsetning og fjerning av de typiske forurensningselementer i sigevann og den hydrauliske kapasiteten til filtermediet.

Sandfiltrene som ble benyttet, ble i grove trekk bygd opp i samsvar med retningslinjer for bygging av sandfiltergrøfter for rensing av husholdningsavløpsvann. Resultatene fra forsøket har derfor først og fremst interesse for infiltrasjon i sandfiltergrøfter, men har i noen grad også gyldighet for infiltrasjon i løsmasser generelt.

Forsøket varte i 20 uker, og ble gjennomført i en klimaregulert forsøkshall hvor temperaturen ble holdt konstant ved 12°C. Det ble anvendt 3 kolonnetyper à 2 paralleller (figur 3 og 4).



Figur 3. Sigevannets gang og fordelingsanordning.



Figur 4. Forsøkskolonnenes oppbygning

I kolonnetype A ble det lagt inn to singellag med åpne lufferør i sandfilteret. I kolonnetype B var singellaget på toppen bygd opp av 5 cm grov singel (8-16mm) øverst og derunder 5 cm med fin singel (4-8mm). Kolonnetype C følger helt ut retningslinjene for sandfiltergrøfter i oppbygning.

I de indre dalstrøk på Østlandet og tildels også i Trøndelag og Nordland opptrer sedimenter avsatt i innsjøer som var oppdemmet av is. Disse bresjøsedimentene er ofte finkornige, og i denne sammenhengen har de egenskaper som ligger nær opptil de marine primærsedimentene.

Langs nåværende vassdrag foregår det en kontinuerlig erosjon og sedimentasjon. Løsmassene som sedimenteres her blir liggende som et belte langs vassdragene. Disse elveavsetningene er relativt godt sortert, og dominerende kornfraksjon varierer etter strømningshastigheten i vannet da løsmassene ble avsatt.

Stort sett over hele landet, men særlig over marin grense, finnes store arealer med bunnmorene. Dette er arealmessig den vanligste jordarten i Norge. Bunnmorenen er dannet av materiale som ble liggende under isen da den beveget seg over landskapet. Den er ofte hardt pakket og bygd opp av stein og grus i en mer finkornet grunnmasse.

Da isen ble liggende i ro og smeltet bort, ble materiale i og på isen liggende igjen som en kappe over bunnmorenen. Slike avsetninger kalles avsmeltningsmorene og karakteriseres ved løs lagring, lavt finstoffinnhold og begrenset mektighet. Avsmeltningsmorenen danner ofte karakteristiske hauger og rygger.

De forskjellige avsetningstypene representerer hver for seg svært ulike forhold når det gjelder fysiske egenskaper. I denne sammenhengen er det særlig løsmassenes sammensetning dvs kornstørrelsesfordeling og sortering, samt løsmasselagets mektighet og eventuell lagdeling som er av interesse.

Generell vurdering av løsmasser i forbindelse med avfallsdeponering.

En rekke bruksområder for løsmasser er aktuelle ved avfallsdeponering, og løsmassene må vurderes utfra hvilke egenskaper de har med hensyn til den aktuelle bruk. De mest aktuelle bruksområder er:

- tetningslag under og i sidene på avfallsfyllinger
- dekkmasser til regelmessig overdekking av avfallet
- toppdekke ved avslutning av avfallsfyllinger
- resipient for sigevann.

Geologiske forhold som lokaliseringkriterium.

Både for løsmassegeologien og berggrunnsgeologien mangler det vanligvis registreringsmateriale helt eller delvis forut for lokalisering av avfallsfyllinger. Skal de geologiske forhold ha noen vesentlig innflytelse på lokaliseringen, må disse registreringene utføres på et tidlig stadium i lokaliseringsprosessen slik at de fleste lokalitetene som trekkes inn i diskusjonen blir vurdert utfra sine geologiske betingelser.

Løsmassegeologi.

Løsmassene viser stor variasjon i sammensetning og egenskaper fra kommune til kommune. En form for grovinnndeling kan likevel antydes med utgangspunkt i løsmassenes dannelsesmåte og dannelsesmiljø.

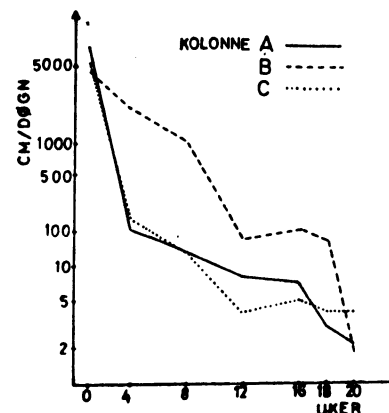
De marine primærvæsetninger som ble dannet da havnivået lå høyere enn i dag, domineres av finkornig materiale som silt og leire. Disse sedimentene finnes i større eller mindre grad langs hele kysten.

Da landhevingen tok til, kom de marine primærsedimentene i brenningssonen, og finstoffet ble vasket ut og resedimentert. Det ble liggende igjen en kappe med godt sortert materiale, såkalte strandsedimenter. Disse sedimentene finnes særlig i tilknytning til høydedrag under marin grense.

Løsmasser dannet av rennende smeltevann under isavsmeltingen, kalles breelvavsetninger. Disse sedimentene er godt sortert, og dominerende kornfraksjon kan variere fra fin sand til grov grus. Lagdeling opptrer hyppig i disse avsetningene. De finnes såvel i lavlandet som langs kysten og i fjellet. Denne avsetningstypen omfatter en rekke forerlementer som eskere (rullesteinsåser), terrasser, deltaer og dalfyllinger.

Resultater fra forsøket:

Kapasiteten for bortledning av sigevann avtok raskt i kolonnene de første ukene av forsøket. Ved forsøkets start var kapasiteten, målt som synkehastighet, 5000 cm/døgn. Etter 4 uker var den redusert til ca 100 cm/døgn, og ved forsøkets slutt etter 20 uker var synkehastigheten 2 cm/døgn.



Figur 5. Synkehastigheten målt i cm/døgn som uttrykk for den hydrauliske kapasitet.

Konsentrasjonen av forurensningselementer i sigevannet som ble tilført kolonnene og vannet som kom ut fra kolonnene, ble målt ukentlig gjennom hele forsøksperioden.

Prøvested	KOF - dikromat		Suspendert stoff		Fe - innhold		Total - N	
	Middel	Var.omr.	Middel	Var.omr.	Middel	Var.omr.	Middel	Var.omr.
Innløp	4940	3300-7390	270	110-370	160	125-315	125	90-167
A	3590	1100-6960	50	4-140	12	0,1-48	98	37-150
B	4500	2600-7330	40	1-130	19	0,1-90	102	48-160
C	3430	800-5220	40	2-210	19	0,1-74	94	29-157

Tabell 1. Variasjoner i konsentrasjonen av forurensningselementer i sigevannet målt i innløpsvannet og i vannet som kom ut fra kolonnene, middelverdier og variasjonsområde. Alle tall i mg/l.

Tabell 1 viser at renseeffekten uttrykt som reduksjon av forurensningselementer var 10 - 30 % for organisk stoff (KOF-dikromat), 85 % for suspendert stoff, 20 % for nitrogen og 90 % for jern.

Innholdet av jern og organisk stoff ble også målt i sanden etter avsluttet forsøk. Målingene gir ikke grunnlag til å peke på jern eller organisk stoff som klare gjentettingsårsaker. Målinger av oksygeninnhold og redokspotensial gjennom forsøksperioden viser at store deler av sandfiltrene hurtig ble anaerobe. Lufterørene i kolonnetype A og variasjonen i singelaget på toppen av kolonnetype B, hadde ingen påvisbar effekt.

Forsøket som er gjennomført i dette prosjektet, viser at jord som rensemedium for sigevann ikke uten videre kan anbefales. Sandfiltergrøfter, slik de utformes for husholdningsavløpsvann kan ikke tilrådes brukt til rensing av sigevann uten en form for forbehandling av sigevannet. Infiltrasjon i løsmasser forøvrig, enten i infiltrasjonsgrøfter eller ukontrollert direkte utslipp under fyllingene, er ikke vurdert i dette forsøket. Gjentetting av filtermediet og lave renseeffekter for endel forurensningselementer er imidlertid forhold som har generell gyldighet ved bruk av jord som resipient for sigevann. Det bør derfor stilles særdeles strenge krav til løsmassenes sammensetning og mektighet over grunnvannsnivå før sigevann infiltreres. I de fleste tilfeller bør det også stilles krav om tett underlag for avfallsmassene og oppsamling av sigevannet til et kontrollpunkt før infiltrasjonen finner sted. Infiltrasjonen kan da avbrytes, og sigevannet tas hånd om på annen måte hvis f eks forurensningsbelastningen på grunnvannet blir uakseptabel.

Dette forsøket er ført videre i et annet prosjekt under Styringsutvalget for jordforskning, hvor rensing av aerobt forbeholdt sigevann forsøkes. Foreløpige resultater viser at det oppnås langt bedre renseeffekter ved infiltrasjon av forbeholdt sigevann enn uten forbehandling som i dette forsøket.

6. LOKALISERING AV AVFALLSFYLLINGER - NATURGITTE KRITERIER.

Lokalisering av avfallsfyllinger er en problemfylt og konfliktskapende prosess. En rekke kriterier av svært ulik karakter veies mot hverandre, og samspillet mellom disse avgjør lokaliseringsspørsmålet.

En lokaliseringssoppgave av denne type spenner over mange interessefelt, og det er vanlig at den i sterk grad engasjerer almenheten. Dette kan være noe av årsaken til at kommunene utsetter arbeidet med lokalisering av avfallsfyllinger i det lengste. Resultatet er planlegging og lokalisering under sterkt tidspress. Under slike forhold blir de enkelte interessefelt dårlig belyst, og mulighetene for at den beste løsningen blir valgt reduseres tilsvarende.

Naturgitte forhold, eiendomsforhold og økonomiske vurderinger er kriterier som kommer sterkt i fokus ved lokalisering av avfallsfyllinger. Det synes å være relativt tilfeldig hvilke kriterier som tillegges størst vekt. I mange tilfeller er kommunene bundet av eiendomsforholdene og velger en lokalitet hvor kommunen selv har eiendomsretten eller en lokalitet hos en velvillig grunneier. Kostnadene ved etablering og drift av en avfallsfylling spiller alltid en sentral rolle under lokaliseringssprosessen. Først etter at eiendomsforhold og økonomiske aspekter er vurdert, får de naturgitte forhold plass i lokaliseringsdiskusjonen. De naturgitte forhold blir på denne måten brukt som det siste avgjørende moment etter at antallet aktuelle lokaliteter er sterkt redusert. Dette er ingen påvist generell framgangsmåte ved lokalisering av fyllinger, men erfaring viser at den er relativt vanlig.

Noen form for prioritering av lokaliseringskriteriene blir ikke gjennomført her, men det blir pekt på hvordan en analyse av de naturgitte kriterier kan føre fram til lokaliteter som fra naturens side har slike kvaliteter at en rekke av miljøulempene som knytter seg til avfallsdeponering kan reduseres.