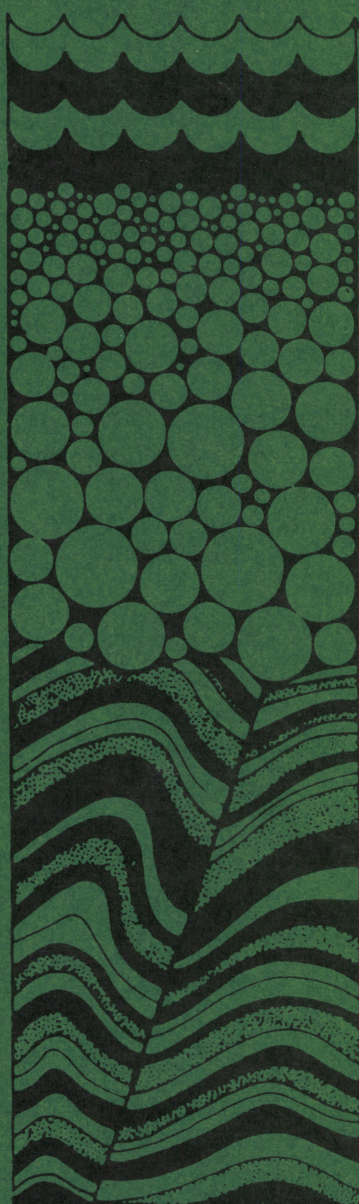


INSTITUTT FOR GEOLOGI NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE

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



RAPPORT NR. 11

ÅS 1981

Geir Goffeng

Grunnforhold og
grunnvannsforurensning
ved Hornmoen avfalls plass,
Elverum

ISBN 82-576-2509-4

INSTITUTT FOR GEOLOGI

Norges landbrukshøgskole

NOTEBY

NORSK TEKNISK
BYGGEKONTROLL A.S

GRUNNFORHOLD OG GRUNNVANNSFORURENSNING
VED HORNMOEN AVFALLSPASS, ELVERUM

av

Geir Goffeng

NOTEBY - oppdrag 23068

OSLO/ÅS 1981

FORORD

Hornmoen kommunale avfallsplass, ca. 5 km øst for Leiret i Elverum, ligger i et område med tildels mektige løsavsetninger både i dybde og arealutstrekning. I diskusjonen om fremtidig avfallsbehandling ønsker Elverum kommune å vite hvilken kapasitet naturmiljøet i området har overfor den nåværende behandlingssløsningen.

Spørsmålet ble tatt opp allerede i 1973 med Forurensningsforskning (PFF) ved Norges landbrukshøgskole (NLH). En del feltundersøkelser ble gjennomført. Ingeniør Arne Solli og landbrukskandidat Harald Klempe stod for en betydelig del av feltarbeidet.

Manglende klargjøring av videreføring førte blant annet til at PFF ble oppløst, slik at det ikke ble anledning til å slutføre arbeidene den gangen.

Elverum kommune har imidlertid tatt opp igjen oppgaven med NOTEBY. I denne rapporten har en sammenstilt data fra undersøkelsene ved Hornmoen. Arbeidet er gjennomført i samarbeid med instituttene for Geologi og Hydroteknikk, NLH.

Ås/Oslo 1981

INNHOOLD

Sammendrag	Side	4
Innledning	"	4
Målemetoder	"	6
Seismiske målinger	"	6
Grunnboringer	"	6
Markvannsmålinger	"	8
Løsmasser	"	10
Morfologi og stratigrafi	"	10
Mineralogi	"	14
Tekstur	"	14
Vann	"	19
Nedbør og fordampning	"	19
Overflateavrenning og infiltrasjon	"	19
Markvann	"	21
Grunnvann	"	23
Fysiske forhold	"	23
Kjemiske forhold	"	32
Diskusjon	"	36
Referanser	"	39

SAMMENDRAG

Avfall fra ca. 10.000 personekvivalenter er deponert på Hornmoen siden ca. 1960. Området preges blant annet av innlandsklima. Løsmassene er bygd opp av sortert sand, dels over noe mindre sortert grovmateriale over morene. I moreneunderlaget synes det å være en renne under fyllingen. Dette forholdet er avgjørende for utforming av lokalt grunnvannsmagasin og strømretning. Fyllplassen ligger nær opp til et grunnvannskille. Deponiet ligger nær grunnvannspeilet. Det skjer ikke overflatevanntilslag til avfallsplassen. Sigevannsproduksjon skyldes derfor bare selvmating. Sigevannsproduksjonen er beskjedent både i naturlige masser og i avfallsmassene. Vannanalyser viser liten utbredelse av forurenset område. Avfallsplassen er velvalgt og området er generelt egnet for avfallsdeponi.

INNLEDNING

Husholdningsavfall fra ca. 10.000 personekvivalenter, en del industriavfall og septiktankslam er siden 1960 deponert på Hornmoen kommunale avfallsfylling. Deponeringen av det faste avfallet skjer i forsenkninger som dels er gravd ut i løsmassene. Bunnen av deponiet ligger nær over grunnvannspeilet. Fram til 1976 komprimerte man utbrente bilvrak som et underlag for den øvrige fyllingen. Det faste avfallet ble brent i åpen fyllingsfront. Senere har bilvrak blitt levert annetsteds. En sluttet med brenning i 1976. Sand, som det er rikelig av, brukes som overdekkingsmasser.

Septiktankslam tømmes i laguner i løsmassene tett inn til den faste fyllingen. Slamlagunene ligger noe høyere i terrenget enn de faste avfallsdeponiene, men likevel bare få meter over grunnvannspeilet.

De spørsmål en stilte seg ved undersøkelsene var:

- Hvor gunstig er den lokale plasseringen av deponiet ut fra hydrogeologiske forhold ?
- Hvilket omfang har eventuell grunnvannsforurensing ?
- Hvilken kapasitet i tid har området for den aktuelle avfallsbehandling ?

Det faller naturlig å vurdere disse problemstillinger i en vannbalansesammenheng.

MÅLEMETODER

Seismiske målinger

Geofysisk avd. Norges geologiske undersøkelser har utført seismiske målinger i 2 profiler på tilsammen 760 m for prosjektet, se figur 1. Målemetoden bygger på at lydens forplantningshastighet er avhengig av elastiske egenskaper ved det mediet som lyden passerer. Lydbølger ble dannet ved sprengning. En utnytter differenser i tid mellom direkte og refrakterte lydbølger fra forskjellige sjikt-grenser for å bestemme dybde til de ulike lagene. Seismo-metre som var plassert langs måleprofilen, fanget opp lyd-bølgene. Avlesningen ble foretatt på en 12 kanals "abem Trio" (NGU 1976).

Begrensninger ved målemetoden er at refraksjon fra en sjikt-grense oppnåes bare når lydshastigheten øker ned i under-liggende sjikt. Denne kontrasten bør være av en viss størrelsesorden før en kan skille ut stratigrafiske grenser. Hellingen på sjiktgrensene må heller ikke avvike særlig fra den til terrengoverflaten, hvis ikke betydelige feil skal oppstå. De målte dyp kan, særlig for ujevne grenser, være en utjevning av og minimum avstand til de faktiske sjikt-grenser. Tilfeldige målefeil ved måleapparatene fore-kommer også.

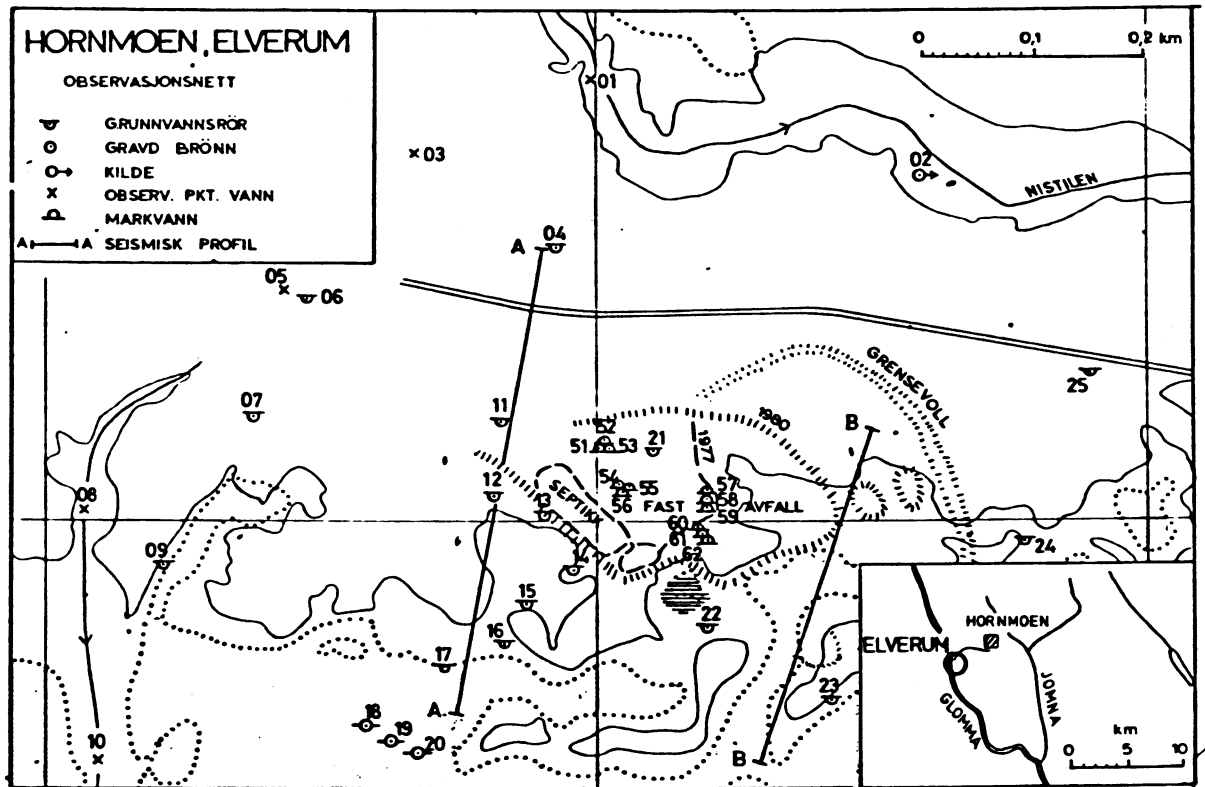
I det aktuelle tilfellet kunne en skille ut følgende soner i rekkefølge mot dypet,

- Umettet sone i sortert sand og grus (smeltevanns-materiale og vindsedimenter) : 250- 450 m/s
- Mettet sone i samme materiale som ovenfor : 1500-1700 m/s
- Mettet sone i usortert materiale (morene) : 1950-2200 m/s
- Fast fjell : 3900-5400 m/s

Seismogrammene fra Hornmoen var av særdeles god kvalitet.

Grunnboringer

A/S Geoservice, Lillestrøm tok opp 7 prøvesøyler av løsmasser på utvalgte steder. Prøverørene ble presset ned og trukket opp med en Muskeeg beltetraktor. Begrensning på prøvedyp var, foruten kapasiteten på utstyret, blokkrik morene og fjell. Prøvedypene var fra 2.5 til 9 m. Materialet ble feltvurdert etter tekstur og den motstand materialet ytet mot nedtrengning av prøverørene. Kornfordelings-analyser ble utført på utvalgte prøver.



Figur 1. Hornmoen avfallspllass. Observasjonsnett.

Markvannsmålinger

Målinger av vanninnholdet i den umettete jordsone, også kalt markvannsmålinger, ble utført med "Basc"-neutrometer-utstyr (Institutt for hydroteknikk, NLH). Metoden baserer seg på at nøytroner sendes ut fra en kilde som senkes ned til forskjellige måledyp i et fast rør i måleprofilen. Nøytroner som treffer vannmolekyler i profilen, reflekteres med lav hastighet. Intensiteten er proporsjonal med vanninnholdet.

Ved absolutte målinger av vanninnholdet er det nødvendig å kalibrere observasjonene for jordtetthet. Til det brukes en gammakilde. Ønsker en bare forandringer i vanninnholdet i det enkelte målepunkt mellom to observasjoner, dvs. relative målinger, er denne kalibreringen unødvendig. Det var tilfelle ved denne undersøkelsen.

Stråleintensiteten avtar med tiden for begge kildene. Neutronkilden har imidlertid så lang halveringstid at en kan se bort fra en korreksjon for dette i praksis. Det fremgår av korreksjonsfaktoren (f) som beregnes slik:

$$\log f = - 0.0007 n$$

For gammakilden gjelder:

$$\log f = - 0.01 n$$

n er alder i år for den aktuelle kilden.

En forutsatte forenklet følgende rettlinjete sammenheng mellom markvanninnhold og tellefrekvens ved beregning av vanninnholdet mellom to målinger ved bruk av Basc Miniscaler (middel av flere kalibreringskurver):

$$SMC = 1/13 (CPM_2 - CPM_1)$$

SMC er endring i markvanninnholdet i mediet mellom 2 observasjoner angitt i volumprosent H₂O.

CPM er tellefrekvens ved den foregående (1) og den aktuelle (2) observasjon.

For jordtetthet fra ca. 1.0 til 1.5 g/cm³ og vanninnhold over ca. 10 volumprosent er denne sammenhengen passende. Ved mindre vanninnhold kan en få betydelig undervurderinger. Ved større jordtettheter fører forutsetningen til en viss overvurdering av markvannsendringer.

Neutronmetermetoden er beskrevet og diskutert ved en rekke andre anledninger, (Norsk IHD 1971 og Nordic IHD 1975). En kan oppsummere følgende:

- Målingene er indirekte. De utføres in situ uten å forstyrre måleprofilen utover de normalt ubetydelige forstyrrelser som skjer ved oppsetting av rør i måleprofilen.
- Målevolumet endres med vanninnholdet. Det kan innebære ulik volumrepresentativitet av målinger til forskjellig tid i samme målepunkt.
- Hver avlesning gir et gjennomsnittlig vanninnhold i et kuleformet volum. Skarpe grenser mellom lag med forskjellige vanninnhold registreres derfor ikke nøyaktig. De enkelte kuleskiver kan ha forskjellig volumrepresentativitet.
- Fysiske og kjemiske jordegenskaper er også bestemmende for målevolumet. Forskjellige målepunkter, hvor det faktiske vanninnholdet er det samme, kan derfor vise forskjellige målte vanninnhold.
- Neutroner kan reflekteres fra andre molekyler enn vann, eksempelvis jern. I avfallsfyllinger hvor jerninnholdet kan endres betydelig over relativt kort tid i det enkelte målepunkt, vil markvannsmålinger være særlig usikre og blant annet kreve stadig nye kalibreringer.
- Målingene kan med en viss sikkerhet bare utføres under visse minstedyp. Vesentlige deler av jordsmonnet faller derfor utenfor.
- Viktige faktorer for vanninnholdet i det enkelte måleprofil er blant annet intersepsjon, infiltrasjonsbetingelser, jordstratigrafi, jordsmonnutvikling m.m. Disse forhold kan variere meget over korte avstander. Det begrenser arealrepresentativiteten til de enkelte profiler.

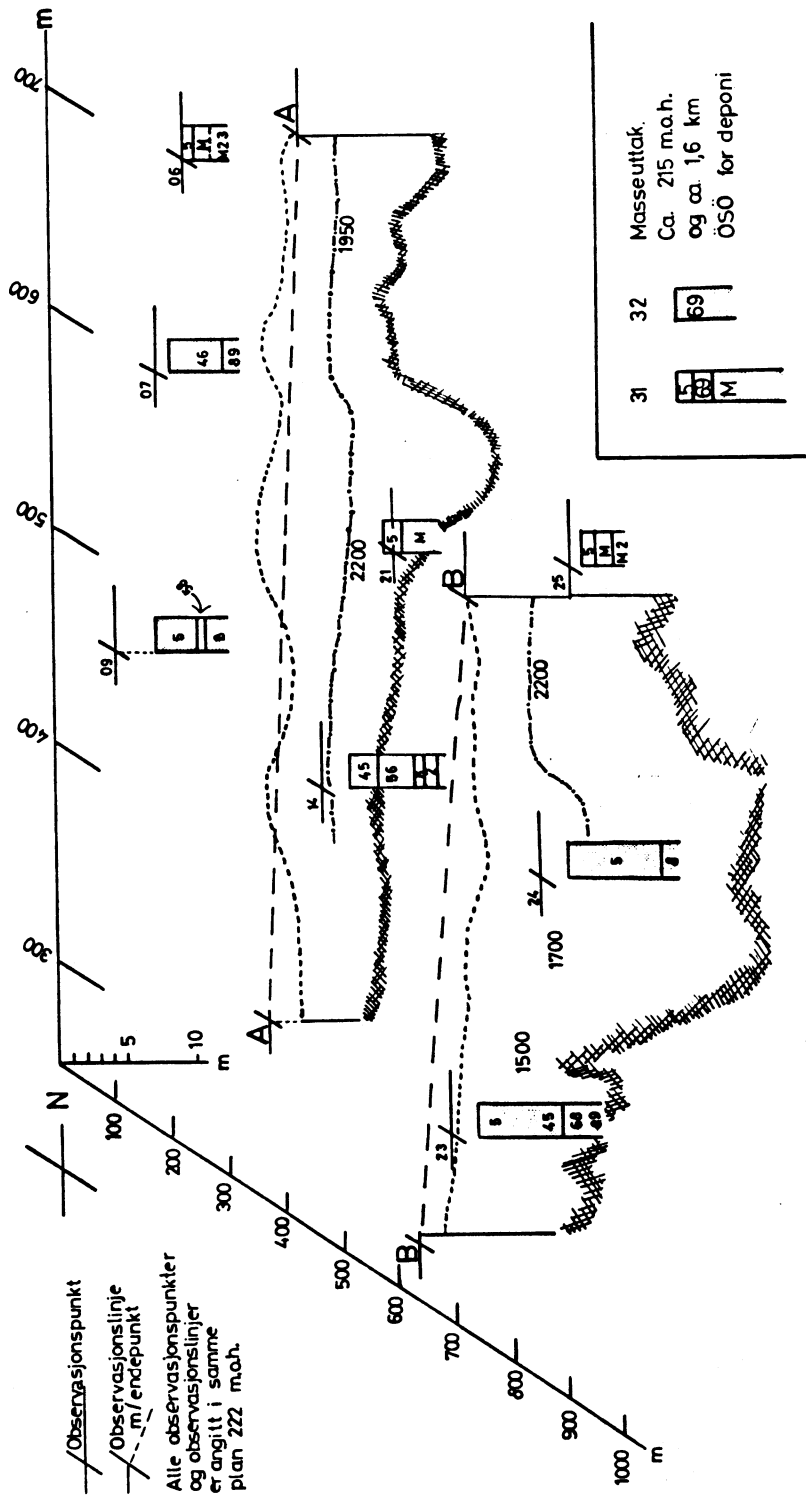
Konklusjonen blir derfor at markvannsmålinger må brukes med forsiktighet. Det bør utføres flere parallellmålinger. Arealmessig beskrivelse av markvannsforholdene ut fra markvannsmålinger krever vanligvis tette observasjonsnett, og arbeidet er tidkrevende.

LØSMASSER

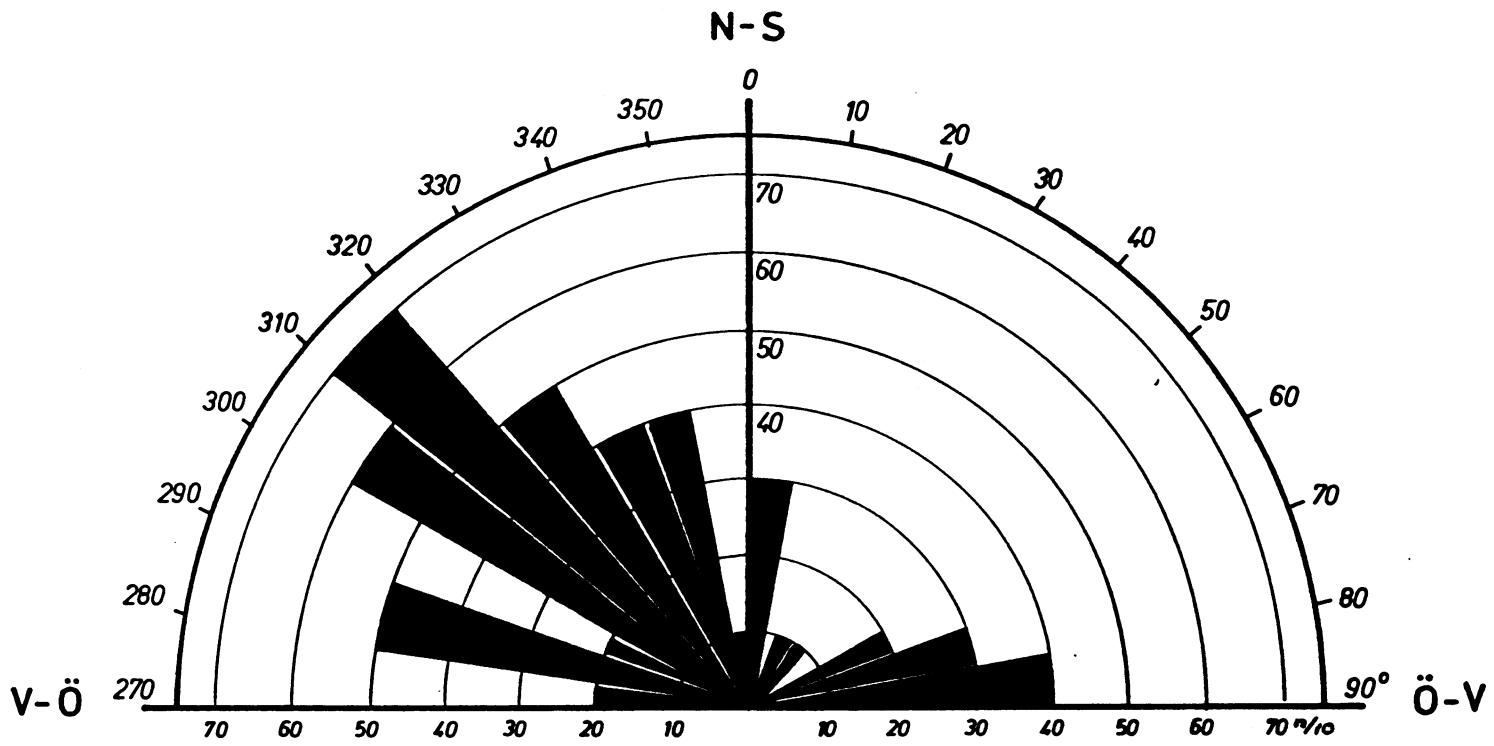
Hornmoen avfalls plass ligger 220-223 m. o. h. (naturlig terrengflate) og i et område med godt sortert smeltevannavsatt (glasifluvialt) fin til middels sand over morene. Toppsjiktet i smeltevannsmaterialet er noe vindbehandlet, og geomorfologien (terrengformer definert etter geologisk dannelsesmåte) bærer preg av dette. Det øverste nivå for utbredelsen av disse sorterte løsmassedannelsene ligger ca. 230 m o.h. Grensen mot morenemark i dagen ligger litt nord for fyllplassen. Overgangen mellom de sorterte sandlagene og morene i snitt synes i stor grad å bestå av grovt, dårlig til noe sortert og dårlig rundet korttransportert smeltevannsmateriale. Opprinnelsesmaterialet er morene i nærliggende områder. Overgangslagene har meget vekslende karakter og tykkelse. Særlig mot sydøst og syd synes disse lagene stedvis å være over 3 til 5 m mektighet. Berggrunnen i området domineres av middels kornet biotittholdig gneis. De geologiske forhold i området er nærmere beskrevet av blant annet HOLMSEN (1958) og GOFFENG (1973).

Morfologi og stratigrafi

Berggrunnoverflaten har i hovedsak den samme gjennomsnittlige eksposisjon, nemlig SSV, som terrengoverflaten. Enkelte spredte blotninger i omgivelsene og løsmassene viser det. Løsmassedekket er imidlertid gjennomgående så mektig og blotningene så få at en på dette grunnlaget bare kan få vage antydninger om detaljer i berggrunns morfologien. Det finnes ikke blotninger nærmere enn ca. 700 m fra deponeringsområdet; langs Nistilen mot øst, utenfor arealene som dekkes av fig. 1. De 2 seismiske profilene AA og BB (fig. 1 og 2) antyder en



Figur 2. Seismiske profiler og boreriger.



Figur 3. Retninger på morenerygger.

forsenkning i fjelloverflaten, med en djupål, som synes å krysse under den N-lige delen av avfallsplassen og med et svakt fall i SØ-lig retning. Løsmassedekket er ca. 20 m mektig under den østlige delen av deponiene.

Utformingen av moreneoverflaten har imidlertid større interesse enn berggrunns morfologien med hensyn på grunnvannsstrømmer og fordeling av sigevann i grunnvannsonen. Morenematerialet er semipermeabelt til impermeabelt. Den primære morenemorfologien under deponeringsområdet faller det naturlig å sammenligne med den i de nærmeste frittliggende moreneområder fra ca. 600 m NØ for avfallsplassen. Her har moreneryggene en dominerende NV-SØ-lig retning. Det ser en av fig. 3 som viser retningsfordelingen på alle hovedryggene, i alt 50 stk., i et felt på ca. 2 km² i dette området. Denne hovedretningen faller sammen med retningen på hoveddalføret Årekjølen, hvor Hornmoen ligger. Eventuelle erosjonsspor fra iselven, som har gått gjennom dalføret mot SØ, vil derfor vanligvis også ha denne retningen. Begge de seismiske snittene viser på bestemte steder et markert fall i moreneoverflaten mot S (fig. 2). En tenkt forbindelseslinje mellom disse skråningene faller sammen med hovedretningen for de primære morenerygger og antatte dominerende retning på mulige erosjonsskråninger i moreneunderlaget. Denne linjen tolkes derfor som en iselv-erosjonsskråning modulert langs skråninger i en eller flere morenerygger av tilsvarende retning. Denne skråningen synes å være den ene kanten av en renne, som en antar at en tidligere iselv har gravd ut i moreneoverflaten. Denne rennen danner bunnen i et grunnvannsmagasin under avfallsdeponiene. Bunnflaten ligger her i nivå fra ca. 217 til 214 m o.h. mot SØ. Tolkningen støttes av lagdelingen i de 8 borprofilene som er tatt i området (fig. 2). Tallkodene i figuren står for sorterte materialer:

sand 4-6, grus 7-9, i tillegg siltrik morene M2 og grov-siltrik morene M3. Erosjonsrennen ligger forøvrig rett over den antatte forsenkningen i fjelloverflaten.

Mineralogi

Morenematerialet i området domineres av de stedeagne grunn-fjellsbergarter, først og fremst middels- til grovkornet biotittholdig gneiser til gneis-granitter. Innslaget av gabbroid materiale er beskjedent, og det som finnes virker kompetent. Ubetydelige mengder av Eokambriske kvartsitter og kvartssandsteiner forekommer.

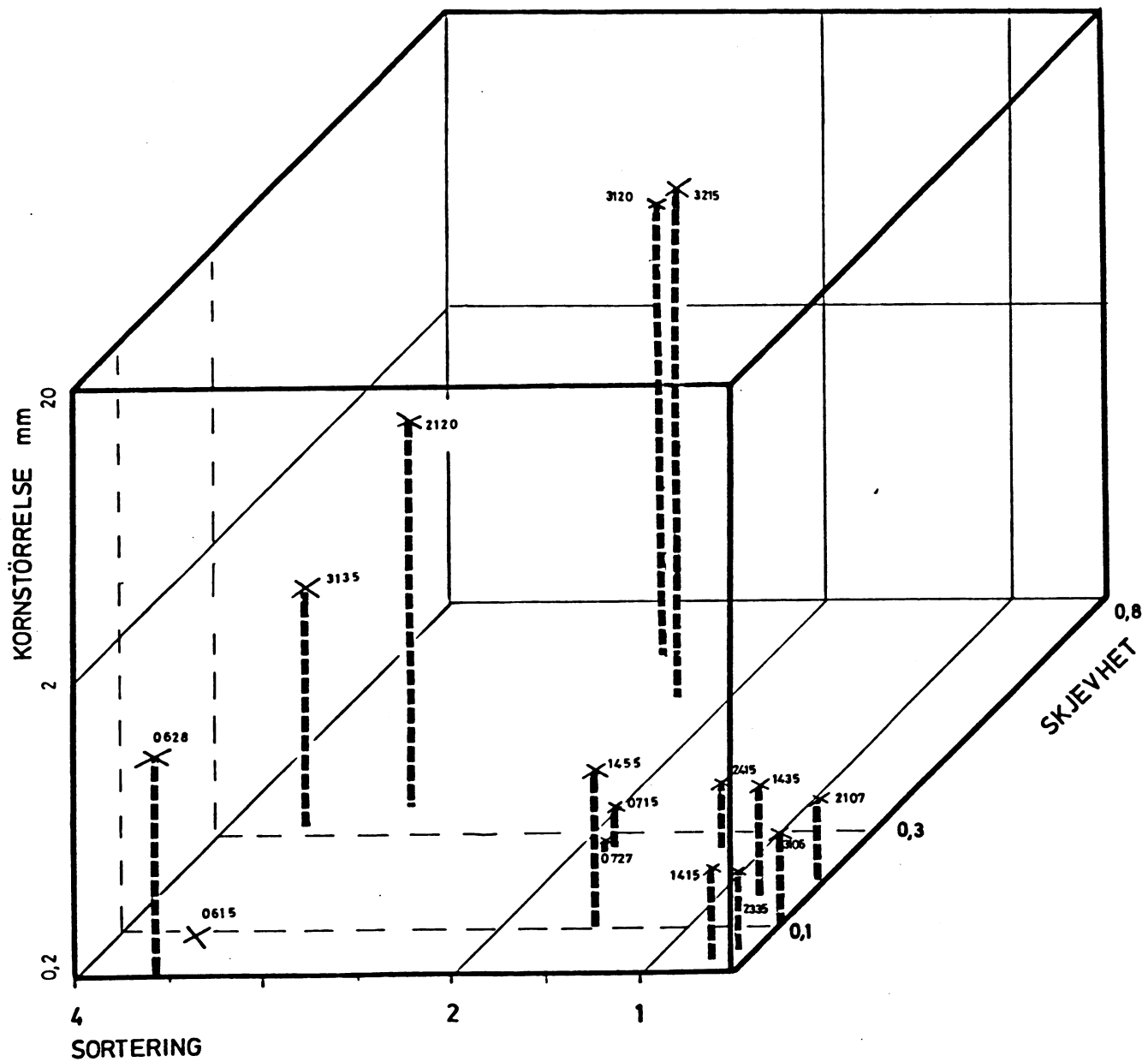
Vurderingene bygger på de synlige partikler. Det finere materialet har en lys farve, og det indikerer at også dette domineres av feltspat- og kvarts-mineraler.

Det korttransporterte smeltevannsmateriale er mineralogisk ganske lik morenematerialet.

I de sorterte sandavsetningene dominerer kvarts mer enn i de forannevnte materialtypene. Mineralogisk er de vindtransporterte materialene meget lik underliggende smeltevannsmateriale.

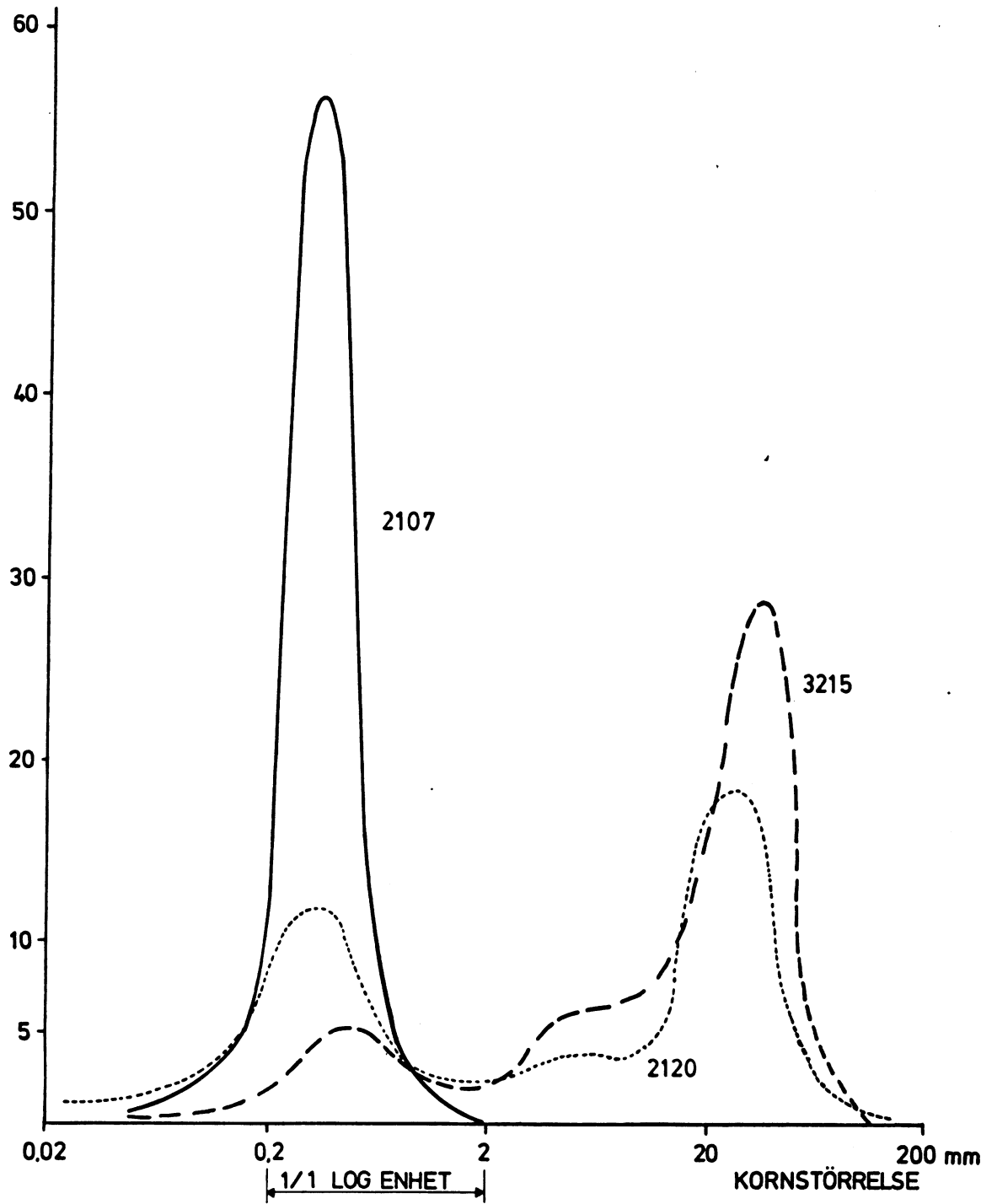
Tekstur

Kornfordelingsanalyser av prøver fra borprofiler og et par skjæringer er gjengitt i fig. 4. Profilnummer, prøve-sted og prøvedyp i dm under markoverflaten er angitt med henholdsvis de 2 første (se også fig. 1) og de 2 siste



Figur 4. Kornfordeling gitt ved middelkornstørrelse, sortering og skjevhet.

% PR. 1/2 LOG ENHET
AV KORNSTÖRRELSE



Figur 5. Kornfordelingskurver.

sifre i prøvenummeret. En har sammenliknet middelkornstørrelsen, sortering og skjevhet for prøvene, etter Folk & Ward's (1957) definisjoner. Økende tallverdier betyr her dårligere sortering og økende skjevhet.

Alle prøvene fra den løsmassetypen som i felt er bestemt til sortert smeltevannsmateriale, ligger samlet innenfor området "middels godt sortert" (< 1) sand, på én prøve nær. Men også denne prøven (nr. 2415) ligger nær opp til denne klassen. Kornfordelingen for disse prøvene er ganske symmetrisk, eller prøvene ligger innenfor klassene "nær symmetrisk" (< 0.1) til "skjev" ($0.1 - 0.3$). Unøyaktigheter i analysene og fremstillingsmetoder og tilfeldig blanding av materialer fra forskjellige lag ved prøvetaking kan gi feil av størrelsesorden lik forskjellene mellom disse prøvene. De 2 mest sorterte prøvene (nr. 2335 og 3106) er i felt begge definert som vindbehandlet materiale.

Prøvene 0715, 0727, 1455, 3215 er hentet fra løsmassetypen korttransportert smeltevannsmateriale. Spredning fra "middel sortert" ($1 - 2$) sand til "dårlig sortert" ($2 - 4$) grus og betydelige variasjoner i skjevhet synes å karakterisere denne massetypen godt. Flere av disse prøvene har en typisk dobbeltkornstruktur (bimodal fordeling). Det illustreres i fig. 5 ved kornfordelingskurven for prøve 3215. Dobbeltkornstruktur viser også moreneprøve 2120 (fig. 5). Legg merke til større dominans av finmateriale og mindre grovmateriale i prøve 2120 enn i 3215. Det faller naturlig å forklare dette med den utvasking som har skjedd selv ved kort smeltevanstransport av opprinnelig morenemateriale. De to prøvene er sammenliknet med den symmetriske fordelingen for meget godt sortert smeltevanns-/vindbehandlet materiale, prøve 2107.

Analysene av moreneprøvene viser alle dårlig sortert materiale med middelkornstørrelse fra fin til grov sand og varierende skjev fordeling.

Foruten å bruke kornstørrelse ved 50%-passasjen (X_{50}) tar Folk & Ward i tillegg med kornstørrelse ved 16%- og 84%-passasjene ved middeltallsberegning (X_{FW}). For prøvene 3120 og 3215 med bimodale fordelinger og med tyngden i i grovere kornstørrelser beregnes X_{FW} til ca. halvparten av X_{50} i aritmetrisk skala (nøyaktig henholdsvis 48 og 60%). Med bruk av X_{FW} i stedet for X_{50} vil en derfor for disse prøvene kunne markere innholdet av finmateriale. Forskjellene mellom X_{50} og X_{FW} er av liknende størrelsesorden også for prøvene 2120 og 3135, men for de andre prøvene er avvikelsene ganske ubetydelige.

VANN

Nedbør og fordampning

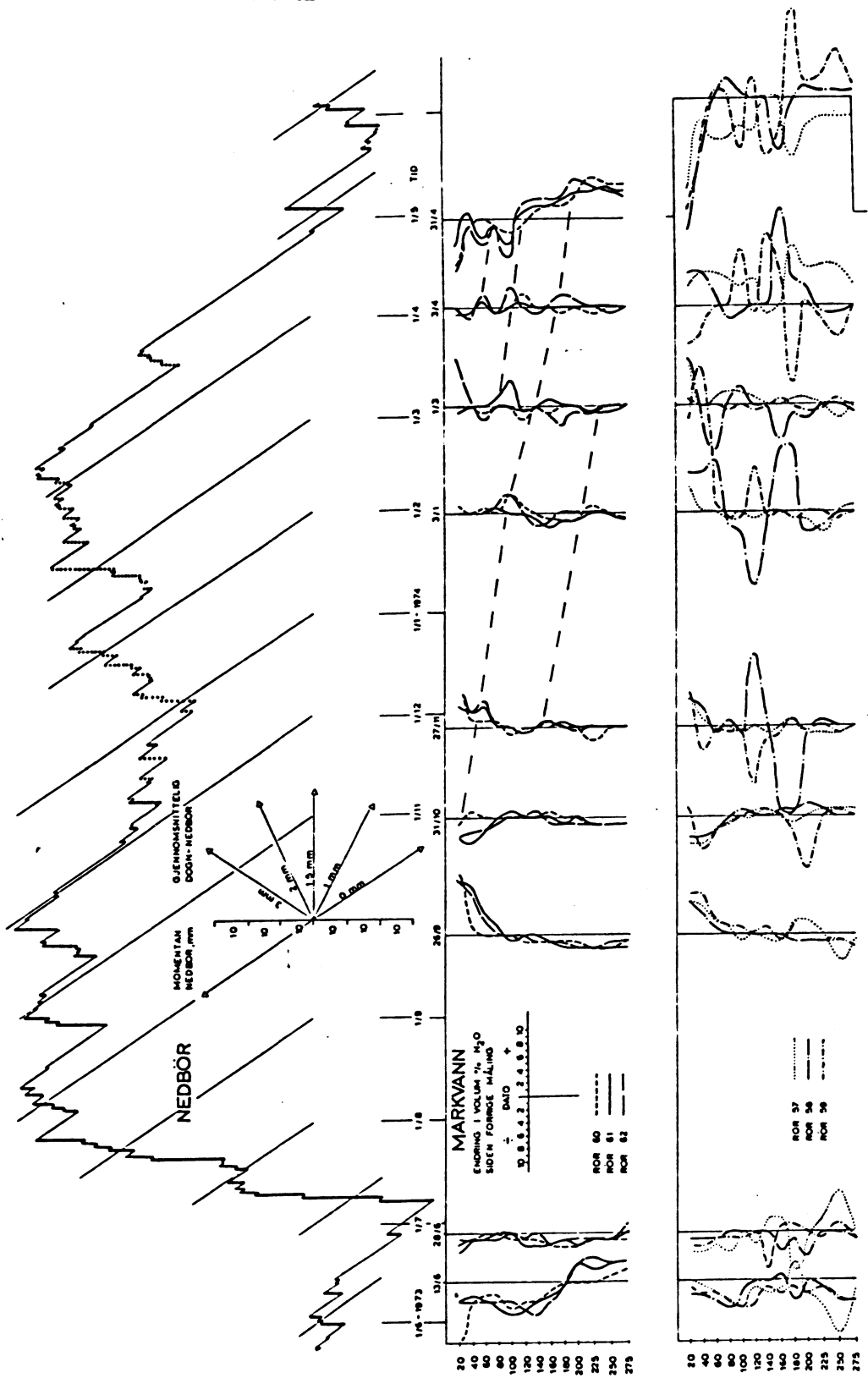
Lokalklimatiske undersøkelser (Goffeng, unpubl.) viser at nedbørforholdene på Hornmoen kan sammenlignes med nedbørstasjonen Elverum-Vier og den tidligere stasjonen Elverum II (Det norske meteorologiske Institutt). Normalnedbør er ca. 700 mm pr. år (perioden 1901-1930). Februar til april er den nedbørfattigste periode, med ca. 30 mm pr. måned. Juli og august er de nedbørrikeste månedene, med ca. 100 mm i hver.

Nedbørfordelingen for stasjonen Elverum-Vier gjennom en utvalgt del av observasjonsperioden, når det blant annet ble foretatt markvannsmålinger, er gjengitt summasjonsvis i fig. 6. I figuren representerer den horisontale linje gjennomsnittlig 1.5 mm nedbør pr. døgn. Dette gjennomsnittet hadde en for perioden 13.6.73 til 31.4.74. Fra og med 1.6.1973 til 1.6.1974 kom det 78% av normal nedbør. Tidsrommene februar-april og juli-august var også dette året henholdsvis nedbørfattigst og nedbørrikest med henholdsvis 51% og 98% av normal nedbør.

Værstasjonen Kise på Hedmark hadde under samme periode 380 mm fordampning fra fri vannflate (evaporasjon) i sommermånedene mai-juni. Dette tilsvarer 70% av nedbøren ved Vier-Elverum i den samme tiden. Men både temperaturforhold og infiltrasjonsforhold (se nedenfor) tilsier at aktuell fordampning er vesentlig mindre på Hornmoen.

Overflateavrenning og infiltrasjon

Avfallsplassen ligger i et furuskogområde med vesentlig lav og noe middels bonitet. Furuskog er generelt åpen med



Figur 6. Nedbør og markvann.

hensyn til å fange opp nedbør. Lavmark med noe innslag av tyttebærmark dominerer bunnvegetasjonsbildet på fastmark. Skogbestandene er, utenom foryngelsesfasen, normalt godt sluttet, bonitet- og treslags-forholdene tatt i betraktning. For lite intense og begrensede nedbørsmengder vil derfor intersepsjon og direkte fordampning fra vegetasjonsdekket sommertid likevel kunne bety en vesentlig reduksjon av det nedbørsvannet som kommer ned til jordsmonnet.

I de opptatte jordprofilene på fastmark har en ikke observert sjikt i jordsmonnet som i vesentlig grad vil kunne hindre infiltrasjon. Mineralmaterialet omkring deponeringsområdet er så åpent (se fig. 4) at fri vannbevegelse vil kunne dominere gjennom profilet. Rundt avfallsplassen synes derfor all avrenning tilnærmet å skje som infiltrasjon.

De bekkene som finnes, mates i det alt vesentlige av overflatetilsig fra moreneområder. I noen grad er bekkene betinget av stratigrafiske forhold.

Markvann

Markvanninnholdet ble registrert både i uforstyrret sortert sandprofil nær fyllingen (observasjonspunktene 60 - 62, se fig. 1) og i selve avfallsfyllingen, Observasjonspunktene 57 - 59 lå i ca. 2 år gammel fylling. På hver markvannstasjon hadde en 3 parallelle målerør. En utførte 2 parallelle målinger pr. rør. Målinger fra 9 perioder i de 6 rørene for tidsrommet 13.6.73 til 31.4.74 er gjengitt i fig. 6. Her er angitt prosentvise volumendringer i vanninnhold siden forrige

avlesning på de forskjellige dyp.

Det er samsvar mellom observasjonene fra de tre parallelle rørene i det uforstyrrete sandprofilet. En hadde de største svingningene i markvanninnhold i den øverste meteren. Det er en selvfølgelig positiv sammenheng mellom nedbørsmengde og markvanninnhold i denne delen av profilet. Ved siste og første angitte observasjon synes en også å se effekter av vårløsning. Målingene er for spredte til å kunne følge "vannbølger" gjennom profilet. En har likevel dristet seg til visse antydninger i disse forbindelser. Se figur 6. Under de rådende markvannsforhold indikerer dette en hastighet på omkring 1 til 2 cm pr. døgn av slike vannbølger.

Gjennom observasjonsperioden (ca. 1 år) er markvanninnholdet redusert med 3 volum-% i den øverste del av profilet fra 0.3 til 1.9 m dyp. I dypet 1.9 til 2.3 m har en hatt en økning på 2 volum-% i samme periode. Til sammen gir det en reduksjon på 1.1 volum-% eller 11 mm vannsøyle pr. meter i gjennomsnitt for hele måleprofilet.

Målingene i avfallsprofilet viser langt større variasjoner både mellom parallelle rørprofiler og mellom observasjonstidspunktene enn tilfellet var i det utforstyrrete løsmasseprofilet. Dette er karakteristisk for vanntransport i heterogent materiale som en vil finne i en avfallsfylling. Det synes å være markert utslag for snøfall. Det kan henge sammen med smelting som følge av varmeutvikling i avfallsmassene. For hele observasjonsperioden er det en nedgang på 2.3 volum-% i markvanninnholdet i avfallsprofilet, eller ca. dobbelt så meget som i det andre profilet. I en nedbørfattig periode kan dette være et uttrykk for vannforbruk. Det ble observert

"dampstråler" fra fyllingen (vinterstid). Observasjonene er for få og uensartete til å kunne følge vannbevegelser gjennom profilet. Men det kan synes som vannbølger beveger seg med samme eller litt mindre hastighet i avfallsdeponiet enn i sandjord under de rådende fuktighetsforhold.

Grunnvann

Fysiske forhold

I figurene 7 - 10 har en gjengitt 4 eksempler på grunnvannssituasjoner i Hornmoenområdet. Eksemplene er tatt fra et større utvalg, se tabell 1. Eksemplene er valgt med tanke på å beskrive:

- Lavvannstand senvinters før vårsmelting (740329- står for år, måned og dag, figur 7)
- Vannstand tidlig etter vårsmelting (740430, figur 8)
- Vannstand noen tid etter vårløsning (740628, figur 9)
- Høg vannstand etter betydelig høstregn (741015, figur 10)

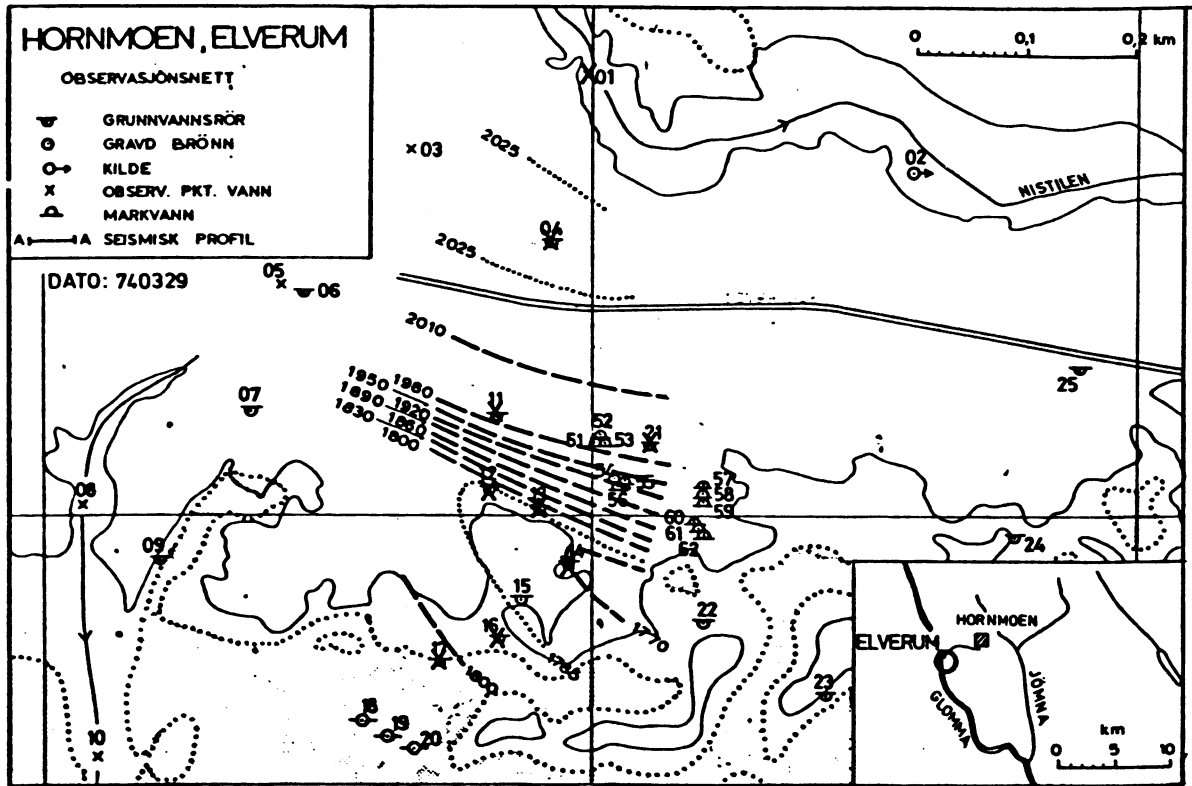
Grunnvannstand den 29. mars 74 var det laveste nivå som ble målt for samtlige brønner det året, og med et unntak (brønn 11) for samtlige observasjoner over hode.

Fra et grunnvannskille nær brønn 04 har en et jevnt og slakt fall mot SSV i retning fyllingen med fra 0.2 til 0.5 cm pr. m. Under fyllplassen, mellom blant annet brønnene 11 og 12, er det imidlertid et meget brattere fall mot S i grunnvannspeilet, med fra 2.5 til 4 cm pr. m. Dette korresponderer med den tidligere tolkede skråningen

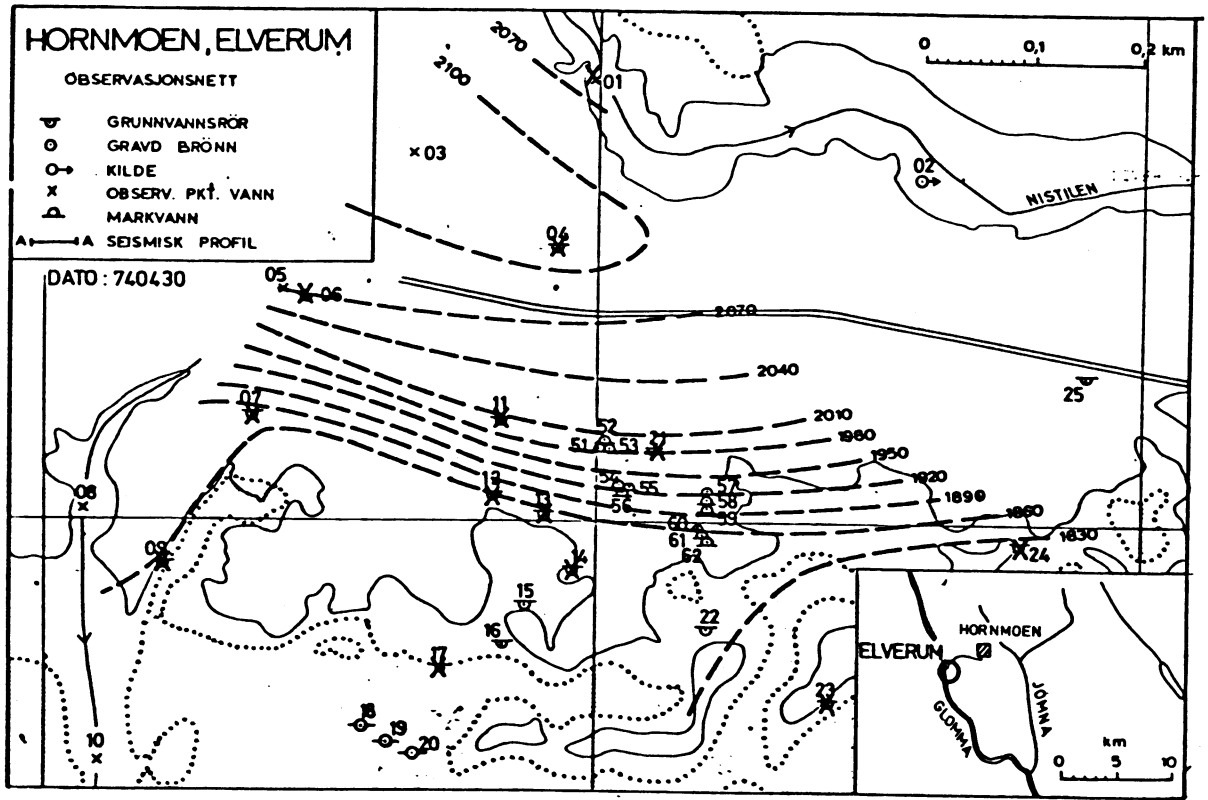
Tabell 1

Observasjoner av grunnvannsnivå i perioden 28.2 - 15.10.74 ved Hornmoen

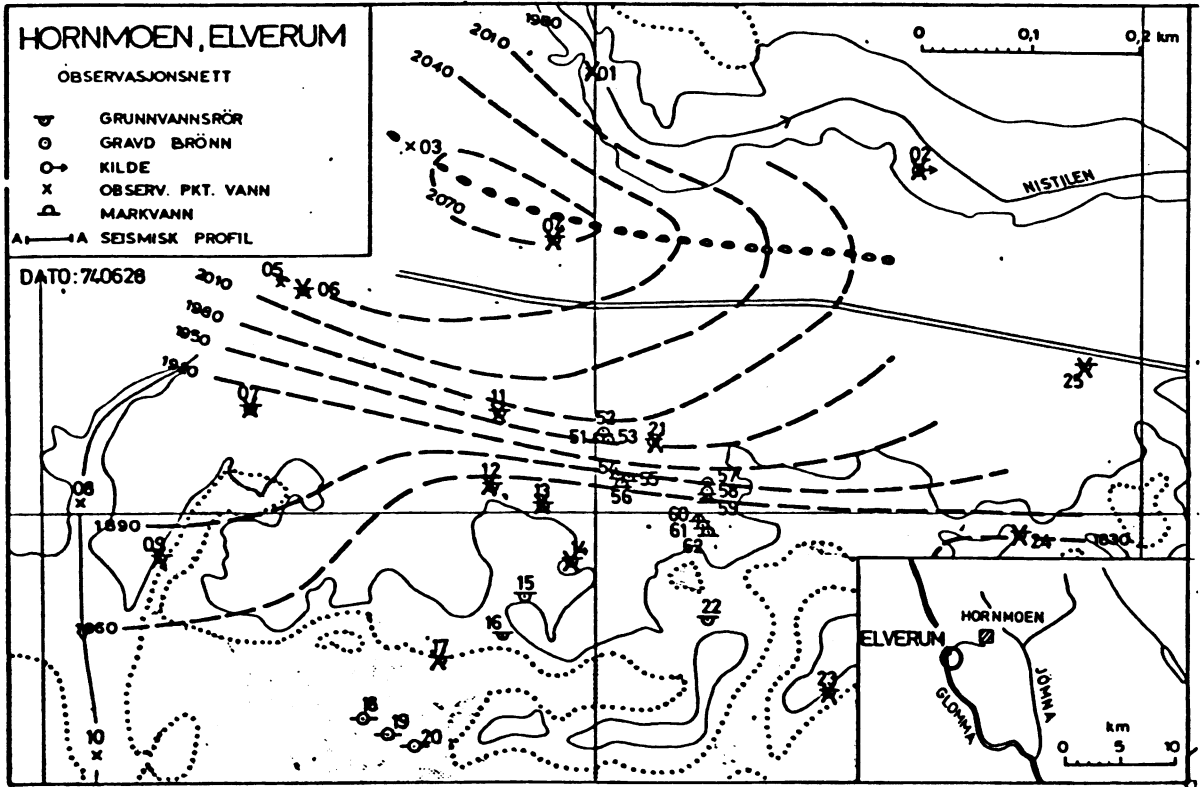
Stasjon nr.	Antall observ.	Terreng cm over 200 m o.h.	Nivå, cm o.200 m o.h.			
			Maks	Min.	Maks. ÷ Min.	Gj.sn.
01	1	bekk	-	-	-	(1951)
02	1	kilde	-	-	-	(1919)
03	1	grøft	-	-	-	(2066)
04	14	2224	2110	2032	78	(2078)
05	1	grøft	-	-	-	(2047)
06	10	2220	2074	2041	33	2058
07	10	2166	1957	1862	95	1926
08	1	bekk	-	-	-	(1879)
09	10	2039	1874	1847	47	1867
10	1	bekk	-	-	-	(1785)
11	14	2228	2024	1993	31	2009
12	15	2222	1908	1784	124	1861
13	15	2127	1892	1786	106	1848
14	15	2210	1888	1771	117	1849
16	8	2195	1887	1791	84	1852
17	9	2193	1885	1803	82	1848
18	3	maks.	(1979)	(1900)	(79)	(1945)
19	3	vann-	(1976)	(1914)	(62)	(1948)
20	3	speil	(1976)	(1897)	(79)	(1942)
21	1	-	-	-	-	(1829)
23	10	2201	1882	1825	57	1847
24	10	2200	1874	1826	48	1844



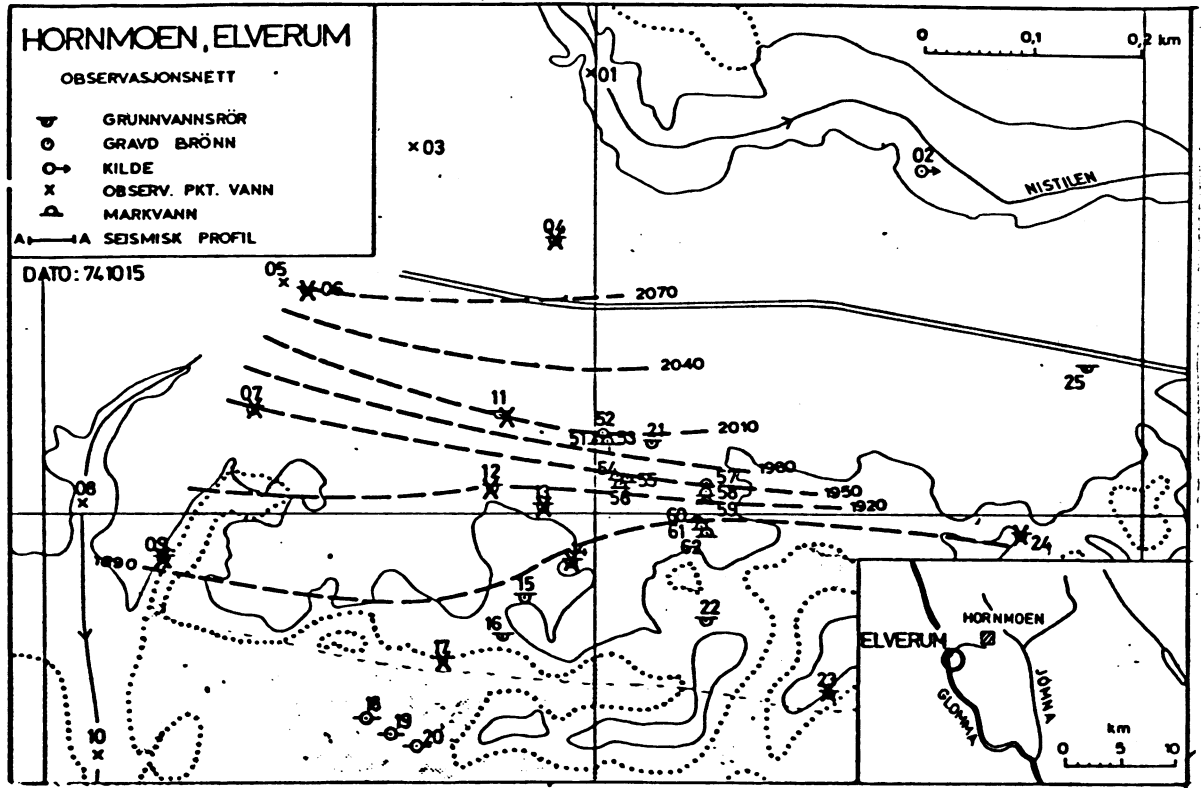
Figur 7. Grunnvannspeil senvinters.



Figur 8. Grunnvannspeil tidlig etter vårløsning.



Figur 9. Grunnvannspeil forsommer.



Figur 10. Grunnvannspeil senhøstes.

i moreneunderlaget. Videre viser grunnvannspeilet et slakt traktformet hellingsforløp mot SØ. Dette faller sammen med den rennen som tidligere er antydnet i moreneunderlaget. I denne situasjon tyder målingene på en grunnvannstrøm under fyllplassen mot SØ med tilsig både fra nord og fra områder i SV mot de store myrområdene.

I de andre situasjonene har en også liknende hovedtendenser. Vannskillet mot nord synes å ligge meget stabilt langs en VNV-ØSØ-lig linje mellom hovedvegen og Nistilen, forbi brønnene 03 og 04. Se figur 9. Det betyr at vann fra Nistilen ikke i noen situasjon mater grunnvannsmagasiner omkring fyllplassen. Selv om fyllplassen ligger nære grunnvannskillet, er lokaliteten sikker overfører grunnvannsforurensning mot Nistilen.

Det bratte fallet i grunnvannspeilet mot S under fyllplassen går igjen i alle situasjonene, men det blir mer og mer utvisket jo høyere grunnvannstand en har. Ved høgvannstand den 15.10.74 er dette trekket nesten utvisket. Likeså er den markerte dreiningen i strømningsretningen mot SØ ved lavvannstand også nesten borte.

De to situasjonene umiddelbart og noen tid etter vårsmelting viser hvordan virkningene av smeltevannet forplanter seg med oppstuvning stadig lengre nedstrøms med tiden.

Dette skyldes rimeligvis :

- Den umettete sonen er gjennomgående av minst mektighet øverst i det undersøkte feltet. Under ellers like forhold vil en derfor få de raskeste grunnvannsreaksjoner på infiltrasjon i dette området.

- En finner de største gradienter på grunnvannspeilet sentralt og øverst i området. Siden en antar at dette i vesentlig grad skyldes grunnvannsmagasinet bunnmorfologi, kan en forvente relativt raskest grunnvannsavrenning i oppstrømsområdet.

Tabell 2 viser sammenhengen mellom målte vannstander i de forskjellige brønnene. På grunnlag av disse forholdene, differansermellom målte maks. og min. grunnvannsnivå (relative forhold samsvarer i hovedtrekkene med forskjeller i standardavvik for grunnvannsnivåer) og alminnelig beskrivelse av grunnvannforholdene kan en skille ut følgende lokale grunnvannssoner omkring fyllplassen:

- Oppstrøms selvmatende grunt magasin. Ved lavvannstand er det meget mulig at området deles opp i flere små og adskilte magasiner, eller at deler av området er tilnærmet "tørt". Grunnvannet reagerer relativt raskt på infiltrasjon. Brønnene 04 og 06 ligger i dette området. Målte nivåvariasjoner for de to brønnene viser en korrelasjonskoeffisient på 0.93.
- Terskelsoner som mer kan betraktes som et grunnvannsstrømningsrområde enn egentlig magasin. Deponiet ligger umiddelbart over denne sonen. En må kunne forutsette at grunnvannsuttak oppstrøms denne sonen ikke påvirker strømningsretningen i terskelsonen. Brønnene 11 og 21 ligger i øvre del av denne sonen. Variasjonene i vannnivå er minst av samtlige brønner i brønn 11. Som det også fremgår av parentesmerknader til korrelasjonskoeffisienter i tabell 2, er det derfor liten grunn til å sammenlikne variasjoner i nivå i brønn 11 med forholdene i de øvrige brønnene.

Tabell 2

Korrelasjon (korrelasjonskoeffisienter) mellom grunnvannstand i de forskjellige brønnene

Brønn nr.	06	07	09	11	12	13	14	16/17	23	24
04	0.93	0.82	0.5	(0.6)	0.7	0.7	0.8	0.8	0.4	0.4
06		0.7	0.6	(0.5)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5
07			(0.3)	(0.6)	(0.7)	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6
09				0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6
11					(0.83)	(0.85)	(0.83)	(0.87)	0.90	0.97
12						0.99	0.99	0.96	0.88	0.97
13							0.99	0.97	0.90	0.99
14								0.98	0.94	0.99
16/17									0.94	0.97
23										0.92

Korrelasjonskoeffisienter for sammenheng som viser stigningskoeffisienter på ≤ 0.3 eller ≥ 3 er satt i parantes.

- Et relativt mektig traktformet grunnvannsmagasin som ligger nedstrøms fyllingsområdet. Magasinmektigheter umiddelbart nedstrøms fyllplassen antas å variere mellom 3.5 til 5.5 m (i permeable masser). Av tabell 2 ser en at det er nøye sammenheng mellom nivåvariasjoner i brønnene 12, 13, 14. Det er også høy korrelasjon mellom nivåer i disse brønnene og de i brønnene 16/17, 23 og 24.

- Mot vest antar en at grunnvannsforholdene er mer udefinerte. Tettere underlag (fjell og morene) ligger i høyere nivå enn lengre mot SØ. Liten innbyrdes sammenheng mellom nivåvariasjoner i brønnene 07 og 09, og mellom disse og nivåer i øvrige brønner bekrefter slike forhold.

- Mot syd forventer en relativt mektige og sammenhengende grunnvannsmagasiner, selv om det synes å være en mindre terskel under grensen mot de større myrområdene. I denne grensesonen kan strømningsretningen variere en del (se foran).

- I torvmassene i myrområdene har en et hengende grunnvannsmagasin i forhold til de i mineraljordmassene. Forskjellen er på ca. 1 m. Torvmassene er over større arealer av mektigheter omkring 3 m. Det betyr at grunnvannsmagasiner i de to løsmassetypene kan stå i direkte kontakt med hverandre gjennom et antatt semipermeabelt lag.

Kjemiske forhold

Markvannsmålingene indikerer ganske stabile fuktighetsforhold i dypere deler av fyllingen. Det kan henge sammen med fordampning under omsetning av avfallsmassene.

Tabell 3

Vannanalyser. Hornmoen 22.6.1972 - 25.10.1974

Prøvested Brønn nr.	Midlere konsentrasjoner øverst og standardavvik i %/antall prøver (n) nederst (når n > 2) y)														
	pH ^{x)}	Spes. led.		KOB	Cl ⁻	SO ₄ ^{2--s}	P	PO ₄ ^{3--P}	KJ-N	NH ₄ ^{+-N}	NO ₃ ^{-N}	K ⁺	Ca ²⁺	Fe	Mn
		μs/cm													
mg/l															
1	6,4-7,0 /4	87 3/3	6,0	6,7	3,6 26/4	0,04 81/3	0,02 98/4	2,1	0,08 223/5	1,3 52/5	2,2 40/5	8,7 15/5	0,3 22/5	0,05 92/5	
4	6,7-8,1 /5	86 15/3	52	2,4	8,7 47/5	0,9 98/5	0,3 171/6	0,8 90/4	0,09 143/6	0,08 122/6	1,3 33/6	8,4 55/6	19 115/6	0,2 54/6	
11	6,0-6,7 /3	27	-	-	2,4 35/3	2,6 88/3	1,9 116/4	0,5	0,1 141/4	<<0,1 14	3,0 60/4	3,6 100/4	58 140/4	1,0 79/4	
21	-	-	-	-	3,0	-	0,01	-	0,05	1,6	1,6	7,9	0,09	<<0,1	
12	6,7-7,3 /3	-	-	-	3,0	-	2,9 156/3	-	0,4 103/3	2,3 78/3	10 143/3	19 133/3	64 131/3	11 169/3	
13	6,0-7,4 /4	4235	613	300	22	0,6 59/3	-	190	228 70/4	0,2 182/4	48 90/4	62 76/4	38 60/4	9,1 81/4	
14	6,5-7,2 /6	103 44/4	6,7 136/3	3,9 51/3	1,3 159/4	0,3 125/5	0,7 94/6	2,7 145/4	0,4 167/6	0,02 200/6	1,7 65/6	1,5 110/6	13 45/6	2,3 68/6	
16	6,8	-	10	2	1,3	2,1 106/3	5 146/4	4,5	0,7 85/4	0,02 135/4	4,7 128/4	7,5 143/4	55 180/5	-	
17	6,7-7,0	-	-	-	2,8	2,1	1,1 87/3	-	0,9 111/3	0,1 161/3	2,1 62/3	1,3 71/3	17 83/3	0,09 118/3	
18, 19, 20	3,6-4,0 /9	-	116 25/6	2 90/6	3,0 147/9	0,08 56/6	0,08 86/12	-	0,1 102/12	<<0,1 112	0,2 103/12	0,9 50/12	0,8 94/12	<<0,1 112	

x) pH er angitt med målte min. og maks. verdier.

y) n = 1 og 2 : tankestrek

n = 0 : tom rubrikk

Under de stedlige beskjedne nedbørsforhold kan en anta at det bare har kommet begrensede mengder sigevann fra det faste avfallet ned i grunnvannet. På noen steder ligger imidlertid avfallsfyllingen så dypt at den ved høy grunnvannstanden delvis gjennomvaskes av grunnvann. Utenom slike perioder er det rimelig å anta at septiklagunene i området er de største forurensningskildene. Markvannsonen mellom lagunene og grunnvannet er imidlertid større enn under det faste avfallet. Det kan bety en viss spredning og fortykning før grunnvannspåvirkning.

Tabell 3 viser resultater av kjemiske analyser av et begrenset antall grunnvannsprøver fra 12 brønner i Hornmoenområdet. Målinger fra brønnene nr. 1, 4 og antagelig fra 11, representerer forhold i oppstrømsområdet til fyllingen. Målinger av vann fra brønnene 16 og 17 viser bakgrunnsforhold i nære nedstrømsområder.

Selv om prøveantallet er lite og standardavvikene store, synes resultatene å være av "normal" størrelsesorden, men med noe høye verdier for fosfor og jern, sammenlignet med kvaliteten i flere andre lignende grunnvannsforekomster (Goffeng 1977). De fleste prøvene var svakt sure. En kan ikke peke på signifikante forskjeller i materialet mellom de naturlige vannkvaliteter i oppstrøms- og nedstrømsområdene til fyllingen, selv om en legger merke til delvis noe høyere fosfor- og nitrogenverdier i prøvene fra nedstrømsområdene. Målte maksimumsverdier i prøver fra brønn 16 er for total fosfor 4,6 og for Kjeldal-N 8,4 mg/l. Fra samme brønn har en prøve et innhold for ortofosfat med 15,3 mg/l. Denne prøven er ikke analysert for total fosfor. Dette viser klart at resultatene i tabell 1 bare må betraktes som eksempler på størrelsesorden av de ulike parametre.

Avfallets sammensetning og sigevannskvalitet er ikke undersøkt spesielt for Hornmoen. En kan imidlertid slutte seg til størrelsesorden av slike forhold gjennom forskjellig litteratur (Hovsenius 1977, Selmer-Olsen og Goffeng 1977). Analyser av vannprøver fra brønn nr. 13 som ligger tett inntil og nedstrøms fyllingen, viser sterk forurensning. Spesifikk ledningsevne er av størrelsesorden 50 x større enn målingene i de antatt upåvirkete grunnvannsforekomstene. De høye verdiene av kjemisk oksygenforbruk, klor og nitrogen er også sikre indikasjoner på høy forurensningsgrad. Derimot viser analysene av grunnvannet ingen signifikante endringer i innholdet av fosfor og jern. Av alle de undersøkte brønnene er det bare vannprøver fra brønn nr. 13 hvor grunnvannskvaliteten synes å være påvirket av avfall med hensyn til de undersøkte parametre.

3 prøveserier høsten 1980 antyder at forurenset grunnvannssone er utvidet med ca. 30 til 40 m mot SV i retning fra sentrale deler av avfallsplassen. Det ser ikke ut som om forurenset grunnvannssone har nådd frem til under nåværende (1980) grensevoll mot SØ (figur 1).

Grunnvannsstrømmene kan naturligvis ha et slikt forløp (retning og dybde) at forurensninger ikke er fanget opp av det eksisterende observasjonsnett. Spesielt i den interessante strømningsretningen mot SØ har en et glissent nett. Supplerende undersøkelser av Hvattum (Østeraas 1977) synes imidlertid å bekrefte indikasjonene på et beskjedent arealmessig omfang av forurenset grunnvannssone omkring avfallsplassen.

DISKUSJON

Avfallsplassen ligger i et relativt nedbørsfattig område med normalt stabilt vinterklima. Den mest intense infiltrasjon vil en normalt ha i forbindelse med snøsmelting som vanligvis starter ved lav grunnvannstand. I de nedbørrikeste månedene juli og august og i høstsituasjoner med begrenset fordampning kan en også få betydelig infiltrasjon. Spesielt det siste tilfellet faller ofte sammen med høy grunnvannstand. Fyllplassen ligger imidlertid meget nær opp til lokalt vannskille. Tilsig mot fyllplassområdet skjer i noen grad i vifteform. Sigevann fra fyllplassen blandes derfor med en meget beskjedne grunnvannsstrøm.

Under vinterperioden reduseres vanninnholdet i fyllingen både gjennom noe fordampning i forbindelse med omsetning av avfall og ved avsig til grunnvannet. Samtidig tilføres det beskjedne vannmengder gjennom infiltrasjon siden topplaget i fyllingen isolerer mot brå snesmelting. Overflatetilsig til fyllingen fra oppstrømsliggende områder forekommer neppe, både fordi området er ganske flatt, fordi løsmassene i området er meget permeable og arealbruken innebærer en dempet avsmelting. Det må derfor være en klar sammenheng mellom arealet av avfallsfyllingen og mengde forurenset sigevann som kan dannes. Intensiteten i sigevanntilførsel til grunnvannet fra den faste avfallsfyllingen vil derfor være beskjedne og ganske jevn, men normalt med et minimum på våren. Infiltrasjon fra septiklagunene er relativt større og i praksis bare avhengig av interne laguneforhold. Avfallssammensetning, komprimering, lagfølger, overflateform på deponi, dekkmasser m.v. har også betydelig innflytelse på sigevannsproduksjon. Slike forhold er ikke spesielt vurdert.

Fyllplassen ligger meget nær vannskillet mot Nistilen, men likevel klart avgrenset til den ene siden. Det begrenser og definerer mulig påvirkningsområde i sterk grad. Det forurensete magasinet blir til gjengjeld påvirket langt oppstrøms. Herfra vil en under idealforhold ha en tilsvarende stor spredningsvifte. Imidlertid fører oppstrøms påvirkning, generelt til maksimale oppholdstider og fortynninger med tilsvarende maksimale renses effekter og utjevning av vannkvaliteten.

Under de spesielle forholdene på Hornmoen synes også grunnvannsforurensninger i stor grad å begrense seg til i utgangspunktet en ganske smal transportbane mot SØ. Hvis en forutsetter at denne dreneringen følger samme mønster i fortsettelsen, kan en antyde en grunnvannstransport av forurenset vann på over 2 til 3 km før eventuelt utslag i dagen. I dag (1980) regner en med en utbredelse på av størrelsesorden 150 m av forurenset sone. En god del usikkerhet er tilknyttet et slikt anslag.

Imidlertid er det en sydlig, men mindre og og i nær-områdene til avfallsplassen bare periodisk gradient hvor minste avstand til eventuelt overflateutslag kan være av størrelsesorden 600 til 700 m. Det er sannsynlig at forholdene i de store myrområdene kan utvirke lengre transportbaner i denne hovedretningen og også utviske effekter av visse forurensninger, spesielt jern.

Mektigheten av det mer usorterte løsmasselaget mellom de sorterte toppsjiktene og morene synes å øke mot ØSØ. Se massetak ved Hornmoen. Disse løsmassene inneholder, dels sjiktvis, noe finstoff. En antar at grunnvannet i stadig større grad er knyttet til denne løsmassetypen jo lenger øst en kommer. I forhold til de sorterte topplagene kan en forvente en del forsinkelser (i noen grad

kapillær transport) og irregulære transportbaner i disse avsetningene. Dette bildet kan forsterkes i kontaktflaten mot morene der dette bunnlaget ligger grunt.

Undersøkelsene gir en rekke indikasjoner på at plassering av avfallsplassen og selve områdetypen i lang tid sikrer mot utslag i åpne løp av forurenset grunnvann.

Sigevannsproduksjonen antas å ha økt 3 til 5 ganger ved den behandlingsmåten en har gjennomført etter at en sluttet med brenning i fyllingsfronten, sammenlignet med tidligere.

Med de få observasjoner som er foretatt, kan en ikke vurdere om omlegging i avfallsbehandling har ført til endret sigevannskvalitet. En rekke interne avfallsfaktorer spiller her inn. En antar imidlertid at sigevann fra fast avfall i dag i sterkere grad påvirker kvaliteten av sigevann enn hva septiktankslam gjør i forhold til tidligere. Visstnok fører brenning til lettere utvasking av askestoffer, men strukturendring ved brenning bidrar muligens til reduksjon i sigevannsmengde.

Tiden frem til forurensningsutslag i åpent vann er vanskelig å bedømme. Kanskje den kan være av størrelsesorden 100 år. På et slikt tidspunkt er imidlertid områdekapasiteten for lengst overskredet. En kan da ha en forurensningskilde av tilsvarende fortsatt varighet selv ved full stopp i deponering. Imidlertid kan nåværende behandlingsopplegg være en sikker løsning med hensyn til vannforurensning over kanskje 10 til 20 år, men under en rekke forutsetninger. Her nevnes spesielt:

- Grunnvannsstrøm mot ØSØ
- Ingen vannforsyningsinteresser i det samme området.

REFERANSER

Folke, R.L. and Ward, W.C. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. Jour. Sedim. Petro. 27. 1957.

Goffeng, G. 1973. Geologiske kart. Søndre Hedmark. NLH 1973.

Goffeng, G. (ed.), Hydrological data - Norden. IHD stations. Basic data 1965-1974. Nat. comm. IHD Ås 1971-1977.

Holmsen, G. Elverums geologi. Skrede, M. (red.) Bygdebok for Elverum IV. 1958.

Hovsenius, G. Genereringstak ock sammensetning av hushållsavfall i Laxå. Statens Naturvårdsverk PM 902. 1977.

(NGU) Seismiske målinger i traktene Elverum - Kongsvinger - Sør-Odal, Hedmark fylke, 1974. Forurensningsforskning, NLH/NGU. 1976.

(Norske IHD) Markvann. Nordisk symposium om markvann. Hurdal. 1971.

(Nordic IHD). Soil water distribution. A state of the art report. 1975.

Selmer-Olsen, A.R. og Goffeng, G. Fysisk og kjemisk avfallssammensetning. Kongsvingerundersøkelsene. Meld. 9. 1977.

Østeraas, T. Deponering av slam i naturlige løsavsetninger. PRA 15. Oslo 1977.

