

# **R.1156 ØSTRE ROSTEN**

## **Torvprøver for tetting av dam**

**GRUNNUNDERSØKELSER  
DATARAPPORT**



**21.09.2001**  
**TEKNISK SEKSJON**  
**UTBYGGINGSKONTORET TRONDHEIM KOMMUNE**



**TRONDHEIM KOMMUNE**  
**UTBYGGINGSKONTORET**  
Teknisk seksjon

Rapport fra Geoteknisk faggruppe.

Oppdrag: <b>R.1156</b>	Østre Rosten - Torvprøver for tetting av dam.		
Trondheim den:	21.09.01		
Oppdragsgiver:	Internt	Oppdrag ved:	Bjørn Brenne
Repr. punkt:	Tr. h. øst: -1350 -1200	Tr. h. nord: -9750 -9050	
Sted:	Østre Rosten	Antall tekstsider:	4
Feltarbeidet utført:		Antall bilag:	8
Feltmetoder:	Prøvetaking 54 mm	Skruprøver	
Emneord:	Torvklassifisering		
Saksbehandler:	Tone Furuberg <i>Tone Furuberg</i>	Kvalitetssikrer:	Stig Vognild <i>Stig Vognild</i>
<b>Sammendrag:</b> Lykkje-dammen er bygget som to adskilte tørmurer med en mellomliggende tetningskjerne av torv. For å tette lekkasjer gjennom kjernen skal torva graves ut og erstattes med nye masser. Det er bruk for i størrelsesorden 300 - 500 m <sup>3</sup> mellomtorv, H5 - H7.  Geoteknisk faggruppe har fått i oppdrag å bestemme myrdybde og torvrkvalitet på områder på Østre Rosten. Felt 1 ligger langs planlagt adkomstvei fra Østre Rosten til "Barnebyen". Felt 2 ligger nord-vest for ASKO-bygget.  Resultatene fra torv-klassifiseringen viser at feltet ved ASKO-bygget er best egnet for torv-uttak. På nordre del av området finnes mellomtorv fra 0.5 m dyp og ned til bunn av myra. Total myrdybde er 2.2 til 2.7 m. Under myra er det et lag bløt til middels fast leire. Området som er best egnet til torv-uttak er vist i bilag 6.  Ved uttak av torv til dammen må den øverste halvmetere med av myra fjernes og kjøres bort. Torvrkvaliteten kan variere lokalt. Maskinføreren bør derfor få en orientering om torv slik at eventuelle forekomster av fibertorv ikke blir kjørt til dammen.  Det bløte leirelaget i overgangen mellom myr og mineralisk grunn bør fjernes for å gjøre arealet bedre egnet for anleggstrafikk. Hvis undergrunnen er for bløt etter at mellomlaget er fjernet kan det lages provisorisk veg av stein på duk.			

## 1. INNLEDNING.

- Prosjekt** Lykkje-dammen skal settes i stand slik at normal vannstand kan bevares. Dammen er bygget som to adskilte tørmurer med en mellomliggende tetningskjerne av torv. Det er oppstått lekkasjer i fjellet under dammen og i kjernen langs tapperenna.
- For å tette lekkasjene gjennom torvkjernen skal torva graves ut og erstattes med nye masser. Det er bruk for i størrelsesorden 300 - 500 m<sup>3</sup> mellomtorv, H5 - H7 på von Post-skala.
- Lokalisering** Lykkje-dammen var inntil nylig vannforsyningsmagasin for Trolla. Dammen ligger ca 700 m sørvest for Trolla. Normalt vannspeil er i følge kartet kote 161.
- To felt på Østre Rosten er aktuelle for torvuttak. Felt 1 ligger langs planlagt adkomstvei fra Østre Rosten til "Barnebyen". Felt 2 ligger nord-vest for ASKO-bygget.
- Oppdrag** Geoteknisk faggruppe har fått i oppdrag å bestemme myrdybde og torvkvalitet på de to områdene.

## 2. UTFØRTE UNDERSØKELSER

- Feltarbeid** De to områdene er vist på oversiktskart i bilag 1.
- På Felt 1 er det tatt prøver langs 40 meter av traseen for den planlagte vegen fra Østre Rosten til Barnebyen. Myrdybde ble målt og det ble tatt prøver med 54 mm prøvetaker i 5 punkt. Borpunktene plassering er vist i bilag 2.
- På Felt 2 ble det tatt prøver med skrutor i et rutenett på hele den aktuelle eiendommen. Myrdybde ble målt og torvprøvene ble klassifisert på stedet. Borpunktene plassering, myrdybde og resultat fra klassifisering av torv er vist i bilag 5.
- Boring på Felt 1 og 2 ble utført hhv 6.09.01 og 20.09.01
- Tidligere unders.** Felt 1 ligger på grensa mellom Felt C og E på Løvåsmyra. Felt 2 ligger i vestkant av Felt B på Løvåsmyra. Områdene er generelt godt undersøkt, men tidligere undersøkelser omfattet i liten grad myr-klassifisering. Torvkvalitet kan også variere mye over korte strekk slik at data fra prøver utenfor området er lite relevante.
- Laboratorieunders.** Prøvene fra Felt 1 ble undersøkt ved seksjonens geotekniske laboratorium. Torvprøvene ble klassifisert etter von Post skala, bilag 7. Vanninnhold ble bestemt. Resultatene fra laboratorieundersøkelsene er vist i bilag 3 og 4.

### 3. TORVKVALITET OG GRUNNFORHOLD

**Felt 1** Resultatene fra torvklassifiseringen er vist i tabellen under. Mellomtorv, H5 - H7, som kan benyttes i damkjernen finnes på bunnen av myra. Over mellomtorva ligger et lag fibertorv som må kjøres bort. Laget av fibertorv er 1 til 3 m tykt. Grøfta på vestsida av feltet er ca 1.5 m dyp. Torvmassene som kunne vært benyttet til dam-kjernen ligger dermed under grunnvannspeilet.

Torvkvalitet Felt 1.

Hull	Myr-dybde (m)	Avstand fra grøft (m)	Dybde (m)	
			Fibertorv Myr H1 - H4	Mellomtorv Myr H5 - H7
1	4	6	0 - 2.0	2.0 - 4.0
2	4	14	0 - 2.5	2.5 - 4.0
3	3.5	22	0 - 2.5	2.5 - 3.5
4	3+	30	0 - 3.0	tynt lag
5	3.5	38	0 - 1.0	1.0 - 3.5

**Felt 2** Området er relativt godt drenert på grunn av tidligere myr-uttak for veger og på grunn av en grøft vest for eiendommen.

Resultatene fra torv-klassifiseringen er vist på oversiktskartet i bilag 5. På nordre del av området finnes mellomtorv, H5 - H7, fra 0.5 m dyp og ned til bunn av myra. Total myrddybde er 2.2 til 2.7 m. På søndre del av eiendommen er laget av fibertorv, H1- H4, ca 1 m tykt. I punkt 3A og 2B finnes fibertorv helt ned til den underliggende leira.

Under myra er det et lag bløt til middels fast leire. Sonderinger i nærheten, R.726-6, tyder på at det kan være fastere grunn under det bløte laget i skillet mellom myr og leire.

### 4. VURDERINGER

**Felt 1** Undersøkelsen viser at Felt 1 er lite egnet for uttak av torv til tetting av Lykkje-dammen. Mellomtorv finnes på bunn av myra under grunnvannsstand.

**Felt 2** Deler av Felt 2 er godt egnet til uttak av torv til tetningskjerne. Nord på feltet er det kun 50 cm fibertorv over mellomtorva, som finnes helt ned til den underliggende leira. Det mest aktuelle området for torvuttak til Lykkje-dammen er vist på bilag 6.

**Uttak av torv** Området for myruttak nord-vest for ASKO-bygget er markert på bilag 6. Den øverste halvmetere består av fibertorv og kan ikke benyttes i dam-kjernen. Den øverste halvmetere med torv må derfor fjernes og kjøres bort.

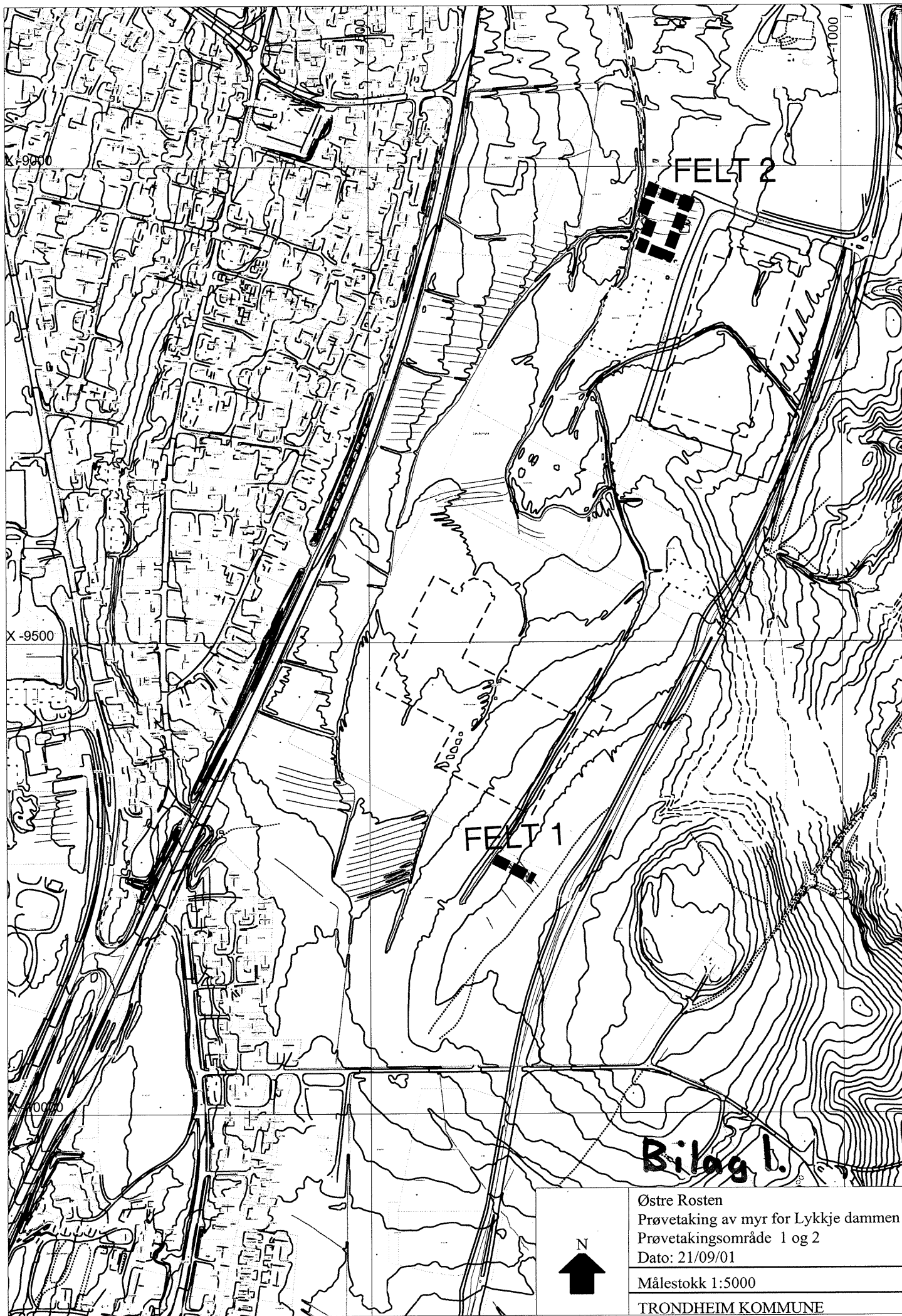
Torvkvaliteten kan variere lokalt. Maskinføreren bør derfor få en orientering om torvtyper slik at eventuelle forekomster av fibertorv ikke blir kjørt til dammen.

Det bløte leirelaget i overgangen mellom myr og mineralsk grunn bør fjernes for å gjøre arealet bedre egnet for anleggstrafikk. Hvis undergrunnen er for bløt etter at mellomlaget er fjernet kan det lages provisorisk veg av stein på duk.

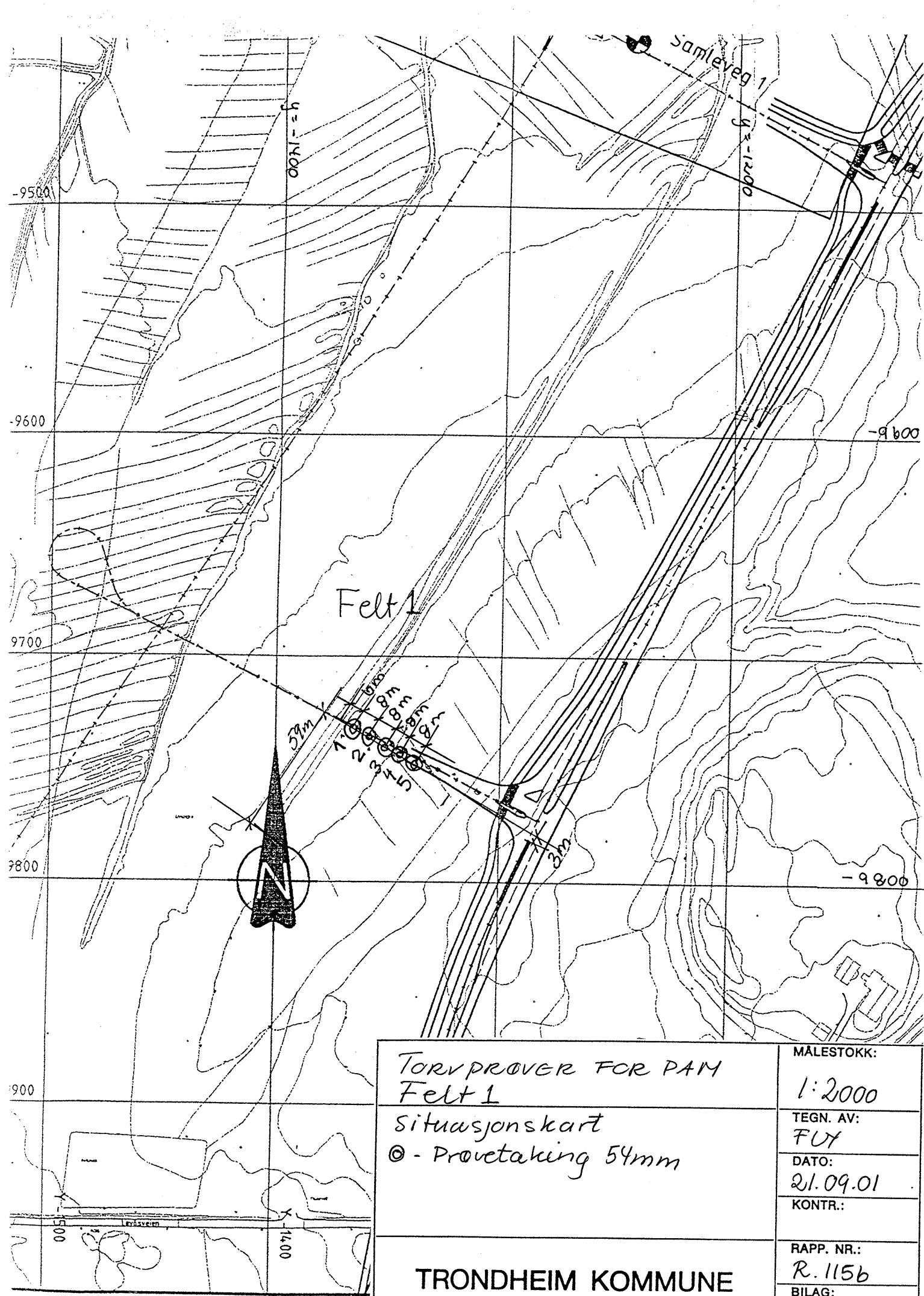
## 5. TORV-REFERANSER

Torv er lite brukt som byggegrunn eller som byggemateriale. Torv blir kjørt bort fra byggeplasser og lagt i depot. Torvklassifisering blir sjelden utført, von Post-skala er derfor lagt ved til orientering i bilag 7.

I bilag 8 finnes kopi av "Anvendelse av torv i dammer", skrevet av Aasmund Tveiten på 50-tallet.



Østre Rosten  
Prøvetaking av myr for Lykkje dammen  
Prøvetakingsområde 1 og 2  
Dato: 21/09/01  
Målestokk 1:5000  
TRONDHEIM KOMMUNE



<p>TORVPRØVER FOR PAM Felt 1</p>	<p>MÅLESTOKK: 1:2000</p>
<p>SITUASJONSKART © - Prøvetaking 54mm</p>	<p>TEGN. AV: FUY</p>
	<p>DATO: 21.09.01</p>
<p><b>TRONDHEIM KOMMUNE</b> TEKNISK SEKSJON</p>	<p>KONTR.:</p> <p>RAPP. NR.: R.115b</p> <p>BILAG: 2</p>

Dybde m	Jordart	Van Post	Symbol	Pr. nr.	Vanninnhold w				Romvekt kN/m <sup>3</sup>	Skjærfasthet ved trykkforsøk					Sensitivitet
					Plastisk område		WP WL			Konusforsøk ▽		Vingeboring +			
					20	30	40	50%		20	40	60	80	100	kN/m <sup>2</sup>
0	Hull ①	H-3	233	01				351%							
	TORV	H-3	233	02				342%							
		H-5	233	03				634%							
		H-5	233	04				1174%							
		H-6	233	04				952%							
	LEIRE	H-6	233	04				819%							
5								712%							
								558%							
	Hull ②	H-3	205	05				572%							
	TORV	H-3	205	06				322%							
		H-4	205	07				882%							
		H-6	205	08				1444%							
	LEIRE	H-7	205	08				662%							
5															
	Hull ③	H-3	292	09				575%							
	TORV	H-2	292	10				1439%							
		H-3	292	11				1386%							
		H-3	292	11				1149%							
		H-6	292	12				1087%							
	LEIRE	H-8	292	12				1022%							
		H-8	292	12				600%							

Skonpr.



TRONDHEIM KOMMUNE, teknisk seksjon

BORPROFIL

BORING: 4 og 5

BILAG: 4

Nivå: Felt 1

Oppdrag: P. 1156

Sted: Røvasmyra

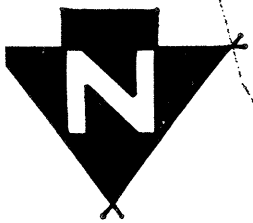
Prøvetaker: 54mm/Standard

Dato: 11/9-2001

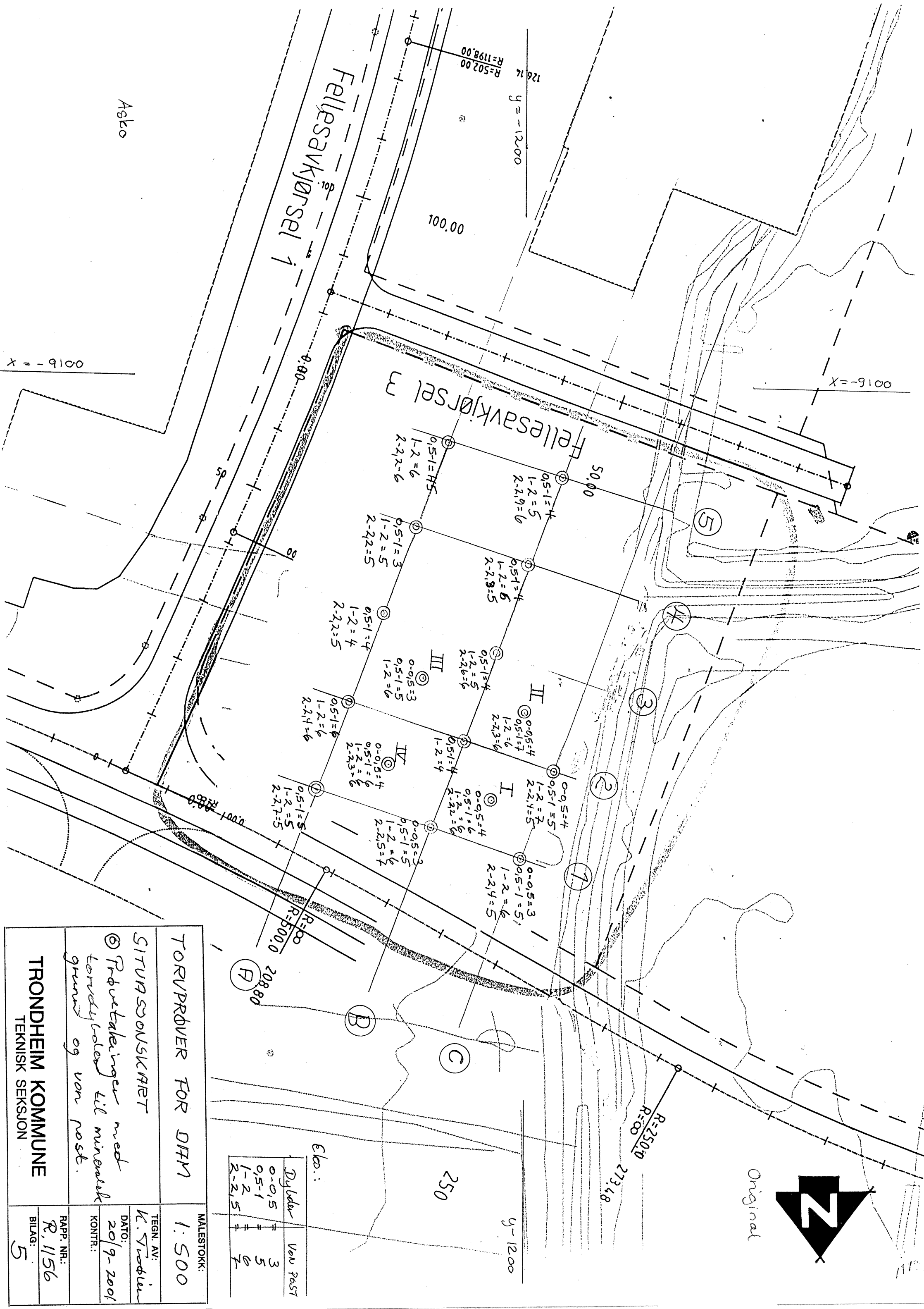
Dybde m	Jordart	Vann P. 0-5 cm	Symbol	Pr. nr.	Vanninnhold w				Romvekt kN/m <sup>3</sup>	Skjærfasthet ved trykkforsøk				Sensitivitet
					Plastisk område		W <sub>p</sub>	W <sub>L</sub>		Konusforsøk		Vingeborring		
		20	30	40	50%		20	40	60	80	100	kN/m <sup>2</sup>		
0	Hull (4)		H2	13					482%					
	TORV		H3	14					760% 682%					
			H3	15					850% (9,1)					
	LEIRE, tørvblandet		H3	16					950% 1030% 122%					
5														
	Hull (5)		H2	17					660%					
	TORV		H5	18					780%					
			H6	19					760%					
	LEIRE													
10														
15														

Skumbry

Skumbry



Original



Elev.:

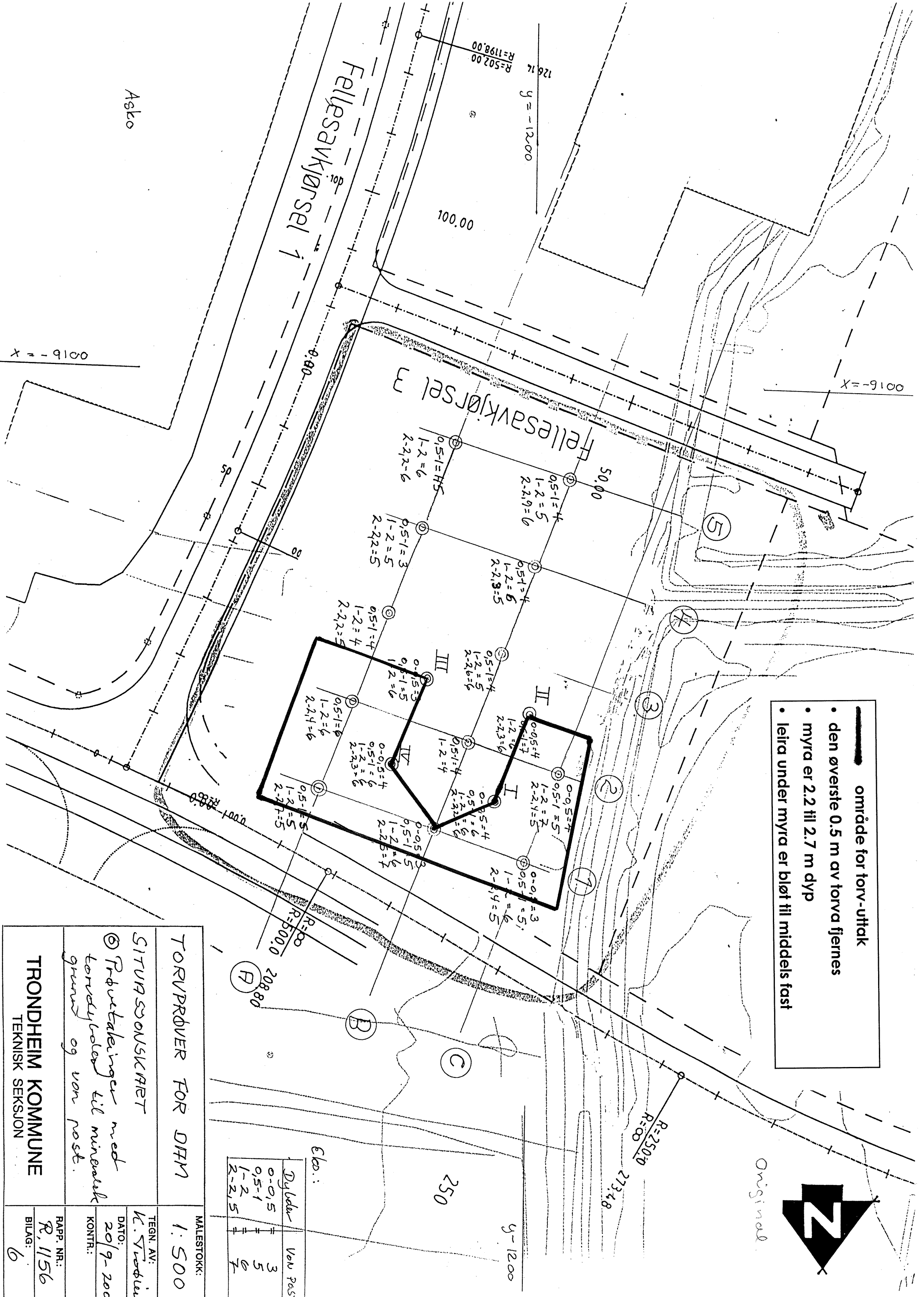
Dybde	Vann Post
0-0,5	3
0,5-1	5
1-2	6
2-2,5	7

TORVPRØVER FOR DTM	MALESTOKK: 1:500
SITUASJONSKARTE	TEGN. AV: K. Stedler
⊙ Prøvetakninger med forberedelse til mineralisk grunn og vann post.	DATE: 20/9-2001
TRONDHEIM KOMMUNE	KONTR.:
TEKNISK SEKSJON	RAPP. NR.: R. 1156
	BILAG: 5

- område for torv-uttak
- den øverste 0.5 m av torva fjernes
- myra er 2.2 til 2.7 m dyp
- leira under myra er bløt til middels fast



Original



Eksempel:

Dybløder	Vann fast
0-0,5	3
0,5-1	5
1-2	6
2-2,5	7

TRONDHEIM KOMMUNE  
TEKNISK SEKSJON

MALESTOKK: 1:500

TORVPRØVER FOR DFM

SITUASSONSKRET

Produkttegning med torvprøver til mineralisk grunn og vann post.

TEGN. AV: K. Strøm

DATE: 20/9-2001

KONTR.:

RAPP. NR.: R, 1156

BILAG: 6

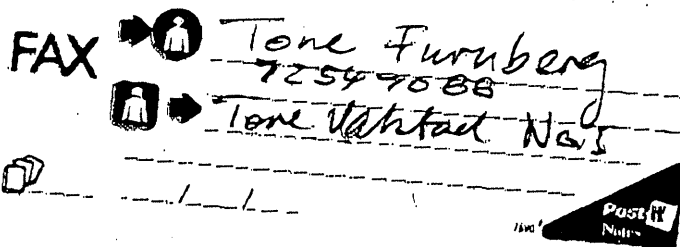
Asko

## Bilag 7: Torv klassifisering etter von Post skala.

- H 1 : Fullstendig uomdannet og dyfri torv som ved pressing i hånden bare avgir klart vann.
- H 2 : Så godt som fullstendig uomdannet og dyfri torv som ved pressing i hånden avgir nesten klart, farveløst vann.
- H 3 : Lite omdannet eller meget svakt dyholdig torv som ved pressing i hånden avgir tydelig grumset vann, men ingen torvsubstans passerer mellom fingrene. Pressingsresten er ikke grøtet.
- H 4 : Dårlig omdannet eller noe dyholdig torv som ved pressing avgir sterkt grumset vann. Pressingsresten er noe grøtaktig.
- H 5 : Middels omdannet eller temmelig dyholdig torv. Vekststrukturen er fullt tydelig, men noe utvasket. Ved pressing passerer en del torvsubstans mellom fingrene, men mest sterkt grumset vann. Pressingsresten er sterkt grøtet.
- H 6 : Noenlunde vel omdannet eller temmelig dyholdig torv med utydelig vekststruktur. Ved pressing passerer høyst  $1/3$  av torvsubstansen mellom fingrene. Resten er sterkt grøtet, men med tydeligere vekststruktur enn den upressede torv.
- H 7 : Ganske vel omdannet eller betydelig dyholdig torv, men vekststrukturen kan likevel sees. Ved pressing passerer omtrent halvparten av torvsubstansen mellom fingrene. Vannet som avgis er vellingaktig.
- H 8 : Vel omdannet eller sterkt dyholdig torv med meget utydelig vekststruktur. Ved pressing passerer omtrent  $2/3$  av torvsubstansen mellom fingrene og delvis noe vellingaktig vann. Resten består hovedsakelig av mer motstandsdyktige fibrer og rotteger.
- H 9 : Så godt som fullstendig omdannet eller nesten helt dyaktig torv hvor nesten ingen vekststruktur sees. Nesten hele torvmassen passerer mellom fingrene ved pressing og likner en homogen grøt.
- H 10 : Fullstendig omdannet eller helt dyaktig torv hvor ingen vekststruktur kan sees. Hele torvmassen passerer ved pressing mellom fingrene.

Fibertorv: lett synlige planterester, H1-H4  
Mellomtorv: svakt synlige planterester, H5-H7  
Svarttorv: ikke synlige planterester, H8-H10

Bi lag 8



## Anvendelse av torv i dammer

(Applicability of peat as an impervious material for earth dams)

Sivilingeniør Aasmund Tveiten, M. N. I. F.

DK 627.81 : 601.1

Nedenstående arbeide beskriver dels en rekke laboratorieundersøkelser av torvs permeabilitet, dels observasjoner fra de 200 år gamle dammene på Kongsberg samt fra to nyere dammer ved Essand.

Det er påvist at mellomtorv er anvendelig som tetningsmateriale. Såvel forsøk som erfaringer viser at permeabiliteten er sterkt avhengig av porealteten, en kjennegjennings som man må ta hensyn til ved prosjektering av dammer med torvtetning.

### 1. Innledning.

De hårde og krystallinske bergarter som vårt land er bygd opp av, har gitt oss sparsomt med egnede uorganiske tetningsmaterialer til jord- og stenfyllingsdammer. Våre dambyggere har derfor ofte måttet se seg om etter andre materialer. Flere steder er torv blitt anvendt til tettende sjikt i dammer og kanaler. Det mest vellykkede anlegg vi har av dette slag, er de 200 år gamle rosentorvdammene ved Kongsberg Sølververk. Disse dammene har med rette blitt betraktet som enestående i sitt slag, og den kongsbergske *rosena* er gjennom tidene blitt tillagt nesten magiske egenskaper.

For å skaffe til veie en del materiale om torvens brukbarhet til tetningsmateriale mot vanntrykk, ble det i 1952—53 av forfatteren utført en del laboratorieforsøk i Vassbyggingslaboratoriet på Norges tekniske høgskole. Videre stilte Norges tekniske høgskoles fond midler til dekning av utgiftene med å undersøke de gamle rosentorvdammene ved Kongsberg Sølververk. Trondheim Elektrisitetsverk ydet på samme måte midler til undersøkelse av jorrdammene ved Essand. Ødometerforsøkene ble utført ved Järnvägsstyrelsens geotekniska laboratorium, Helsingfors.

Til alle som har vist interesse for forsøkene, og har vært behjelpelige med opplysninger, retter jeg herved min beste takk. En særlig takk til laboratorieingeniør Hans M. Bakken, Norges tekniske høgskole for råd og hjelp med utforming av prøveutstyr, og til sivilingeniør Laurits Bjerrum for gode råd i forbindelse med oppsetting av denne artikkelen.

### 2. Eksempler på dammer med torvtetning.

De eldste dammer med torvtetning har vi fra det 16. hundreåret, og de finnes i Harz. Dammene er av sten. I de eldste dammene ble torvtetningen lagt utenpå stenskråningen, og is og bølgeslag har etter hvert ødelagt den. Senere ble tetningskjernen anordnet sentralt i damlegemet. Tetningskjernen hadde vertikale sider slik at denne og de stabiliserende masser kunne sette seg uavhengig av hverandre. I overgangen mellom stenmasser og torvkjerne ble det på luftsiden anbragt et overgangssjikt av såkalt damjord. Dammene har holdt seg helt opp til våre dager. I 1911 var enda 60 dammer bevart [8].

Kongsberg Sølververk tok tidlig i bruk vannkraft til drift av pumper, fordringsmaskiner og pukkverk ved grubene. For å skaffe til veie tilstrekkelig vannføring året rundt, ble det bygd en hel del dammer, kanaler og vannrenner. Til tetningsmasse ble det over alt brukt torv. Dammene ligner på torvdammene i Harz. Det finnes i alt over 20 dammer ved Sølververket, og de fleste er ennå i drift [3].

Et av Trondheim kommunes vannreservoarer i Bymarka, Kobberdammen, består av to adskilte tørrmurer med en 2 meter tykk torvkjerne til tetning. Tetningskjernen har vertikale vegger. I bunnen er torvmassen stampet ned på bare fjellet. Dammen er helt tett. Det har en gang oppstått lekkasje rundt tapperennen. For å bedre på dette, ble torvmassene rundt rennen utskiftet.

Trondheim Elektrisitetsverk har to jorrdammer ved Essand. Tetningskjernene er av torv, og de er 1,0 m tykke i toppen og 2,0 m i bunnen. Dammene ble bygd i tiden 1943—45, og bassenget har siden vært i bruk som reguleringsmagasin.

Lyse Kraftverk har en stenyfyllingsdam ved Strandevann. Dammen er tettet med et 1.5 m tykt

Tabell 1. Utenlandske dammer med torvletning.

Navn	Sted	Bygget ca år	H m	b m	B m	L m	V m <sup>3</sup>
Hirschler dam	Tyskland	1600	10,50	7,0	36,80	412	650 000
Kellerhalser dam	—	1600	15,80	5,3	52,75	282	500 000
Oder dam	—	1600	22,00	16,0	44,0	151	1 700 000
Utsch dam	Russland	—	16,50	10,0	128,5	—	—

Tabell 2. Norske dammer med torvletning.

Navn	Byggherre	Bygget ca år	H m	b m	B m	L m	V m <sup>3</sup>
Kongens dam	Kongsberg Sølverk	1700	10,4	8,0	—	108	450 000
Nydammen	—	1700	3,27	10,5	—	124	58 700
Store Jakobs dam	—	1700	9,21	14,5	32,0	108	234 000
Lille Jakobs dam	—	1700	6,31	9,8	11,0	136	11 700
Henriks dam	—	1700	5,53	10,0	—	136	129 100
Kobberdammen	Trondheim Vannverk	—	4,10	5,20	13,0	70	250 000
Essand, Hoveddam	— Elektrisitetsverk	1944	6,0	4,0	28,0	400	145 000 000
— Sidedam	—	1944	4,0	3,5	17,5	350	145 000 000
Strandevassdammen	Lyse Kraftverk	1954	4,5	5,0	23,5	50	6 400 000

Betegnelser: H = statisk trykshøyde,  
b = kronebredde,  
B = basisbredde,

L = damlengde,  
V = oppdemmet magasinvolum.

torvlag utenpå vannsiden. På begge sidene av torven er det et grusfilter. Dammen er helt tett.

I boken Norske kraftverker er det beskrevet noen nyere dammer hvor torv er anvendt.

I tabell 1 og 2 er det gitt en oversikt over en del utførte dammer, der tetningen er basert på torv.

### 3. Klassifisering av torv.

Med torv forstås en jordmasse som vesentlig består av mer eller mindre omdannede plantedeler. Betingelsen for at det kan dannes torv, er at opphopningen av plantedelene går fortere enn nedbrytningen. Dette skjer hyppigst på våte steder der vannet stenger for lufttilgangen slik at oksydasjonsprosessene hemmes, og de organismer som er virksomme ved materialenes nedbrytning, vantrives. Det finnes flere hundre planter som kan vokse på myrene, men bare en liten del av disse har noen avgjørende innflytelse på torvdannelsen. Hvilke planter som skal danne grunnstammen i de ulike torvlag, avhenger av klima, geografisk beliggenhet, grunnvannets næringsinnhold og grunnvannets høyde i forhold til overflaten. De viktigste torvdannende planter er sphagnum, eriophorum, carex, scirpus, equisetum og phragmites.

Svenskene og tyskerne har valgt å klassifisere torvartene etter den måten de er dannet på. Hos oss er de forskjellige vekster som har dominert planteselskapet, lagt til grunn. Det skal ikke redregjøres for disse klassifikasjonssystemer her. De er alle bygd opp med henblikk på dyrking og skog-

kultivering, og sier oss for lite om torvens mekaniske egenskaper til at de kan danne grunnlaget for en geoteknisk klassifisering. Det er imidlertid nødvendig å skille ut *sphagnumtorven* i en første gruppe. Den andre gruppen, som hovedsakelig er oppbygd av rester fra gress og gresslignende karplanter, siv m. fl., har forfatteren valgt å kalle *gramintorv*. Flere steder vokser sphagnum og karplanter sammen. Resultatet er at en får dannet en *blandet torv*. En mere detaljert botanisk oppdeling er ikke å anbefale, fordi oversikten lett forringes når det dras for mange faktorer inn i klassifikasjonssystemet.

Når planteavlagringene omdannes, går plantenes cellulose og hemicellulosestoffer over til humusstoff. Noe av cellulosens vannstoff forsvinner som vannstoffsulfid, og en liten del som kulldioksyd og metan. Humusdannelsen er en innviklet biokjemisk prosess, og noen eksakt formel for humusstoffene har en ikke funnet, da forurensninger vanskeliggjør analysene.

Under nedbrytningen er det cellenes protoplasma som først forsvinner, siden nedbrytes celleveggene, og til slutt karstrenger og silrer. Så lenge den organiske masse er dekket med vann, og luften stenges ute, går dekomposisjonen langsomt. Bli vannstanden senket, og det kommer luft til, akselereres dekomposisjonen.

Ved rikelig lufttilgang dannes det ingen humusstoff, og planteavlagringenes sluttkomponent blir en løs muldaktig masse. Denne nedbrytningsprosessen blir vanligvis kalt *formulding*.

Med *humifiseringsgraden* forstås den mengde av plantematerialet som er omdannet til humusstoffer. Det er gjort flere forsøk på å bestemme humifiseringsgraden tallmessig ad kjemisk vei, men resultatene har vært lite tilfredsstillende. Geoteknisk sett innvirker humifiseringen så sterkt på alle torvens egenskaper at en viss oppdeling likevel må foretas.

Helt fersk eller nesten uomdannet torv blir ofte kalt *råtorv*. Plantene er her praktisk talt like hele. Inne i plantefibrenes karstrenger og silrør finnes det kapillært bundet vann, som bare kan fjernes ved at kapillær-rørene under kraftlig press trykkes sammen. Porevannet forøvrig møter nesten ingen motstand mot utpressing. Partikler av kolloid størrelsesorden finnes praktisk talt ikke.

Under humifiseringen nedbrytes plantedelene til mindre enheter, som etter hvert når kolloidkjemisk størrelsesorden. Kolloidpartiklenes antall og innflytelse på torvens fysiske og mekaniske egenskaper blir stadig større. Torv i denne tilstand blir i finsk torvklassifisering kalt *mellomtorv*. Massen består av en blanding av kolloide og ikke kolloide materialer i alle mulige proporsjoner. Plantestrukturen er enda tydelig, men massen er grøtaktig og virker noe «fet».

Den fremadskridende omvandlingsprosess utviser plantestrukturen mer og mer, og jordarten går etter hvert over i et disperst system hvor mesteparten av partiklene er av kolloide dimensjoner. Massen er fet og nesten såpeaktig glatt. Farven er vanligvis svart, og massen kalles *svarttorv*. I svaritorvområdet er planterestene så sterkt dekomponert at en ikke med vanlige geotekniske kunnskaper og hjelpemidler kan bestemme massens botaniske opphav.

I forbindelse med undersøkelsene av Kongsbergdammene, ble spørsmålet om den for dambygging spesielt anbefalte *rosentorv* forelagt en del interesserte. Geoteknisk avdeling i Norges Statsbaner mente at rosentorv var en ren sphagnum eller kvitmosetorv. En tidligere overingeniør i Vassdragsvesenet sa at han en enkelt gang hadde funnet rosentorv, og denne inneholdt en mengde rosenrøde fibrer, herav navnet. Det Norske Myrselskap skrev på forespørsel at den såkalte rosentorv er en vanlig kvitmosetorv, oftest sphagnum warnstorffianum, men også sphagnum nemoreum kan gå under denne betegnelsen. Sphagnum warnstorffianum er på norsk kalt rose-kvitmose. Farven oppgis å være rød, i skyggen stundom grønn. Den vokser på middels fuktige steder på myr. Sphagnum nemoreum eller furu-kvitmose er som oftest lyserød. Mosen vokser i tette tuer i skog og på tørrere steder på myr, ofte i store masser. Det ser altså

ut som om de fleste tenker på farven når de skal forklare begrepet rosentorv.

Såvidt forfatteren har kunnet oppfatte, har navnet rosentorv imidlertid ikke noe med farven å gjøre. Navnet er et rent anleggsnavn som de gamle rallarene ved Sølvverket har satt på den organiske massen som de brukte til å tette dammene sine med. Uttrykket stammer fra de tyske «berggesellene», som uten tvil har vært våre læremestre når det gjaldt å bygge dammer med torvtetning. I dammene i Harz betegnes ikke tetningen med *rosen* og *rosensjikt*, men med *Rasen* og *Rasenschicht*, så det er til en viss grad skjedd en fornorsking. Rasen på tysk betyr i engere forstand gresstorv, men grensen mellom den øverste gresstorven på myr og torvmassene under, kan ofte være temmelig flytende.

Kongsberg Sølvverk bruker fremdeles hvert år en del torv til reparasjoner av dammer og vannkanaler ved dette merkelige vannreguleringsanlegget. Damstiger Wad ved Sølvverket har i de siste 25 år lagt ned et stort arbeide med å anslå mengde og kvalitet av de torvforekomster som finnes. En del prøver av absolutt beste sort «rosentorv» ble valgt ut etter hans anvisning. Disse prøvene sammen med noen prøver fra selve dammen ble analysert av konservator Johannes Lid. Analysene viste at det praktisk talt ikke fantes sphagnum i noen av de innsendte prøvene. Torven er oppbygd av karplanter og for en stor del av bladmoser. Det så ut som torven i sin tid var dannet på særlig våt bunn. Permeabilitetsforsøk viste at tettheten i Kongsbergtorven under samme betingelser ikke er større enn i annen torv [7], og de gode resultater som er oppnådd med torvtetning ved Kongsberg Sølvverk, skyldes på ingen måte det alminnelig påståtte forhold at Kongsbergtorven er bedre enn hvilken som helst annen torv. Med den samme utførelse, og under like forhold, ville en ha kunnet oppnå like gode resultater praktisk talt hvorsomhelst i landet.<sup>1</sup>

#### 4. Permeabilitetsforsøk med torv.

En del permeabilitetsforsøk ble utført ved hjelp av rørformede permeametre. Den endelige utforming av permeametrene er vist på fig. 1. Røret ble galvanisert og tettet med flenser. I begge ender ble det anbragt et 2,5 cm tykt sandfilter. Torvprøven var 60 cm lang og diameteren var 10 cm. Under ifyllingen ble permeametrene stilt vertikalt,

<sup>1</sup> For å illustrere de «magiske» egenskaper man har tillagt rosentorven, kan nevnes at det for noen år siden ble sakt om konsesjon på et damprosjekt der tetningen skulle være torv. De kontrollerende myndigheter ville imidlertid bare godkjenne forslaget på den betingelse at byggherren påviste at de torvmasser som stod til rådighet, virkelig var rosentorv. Spesialister ble tilkalt, men de fant ikke rosentorv. Dammen ble tettet med en plankovegg.



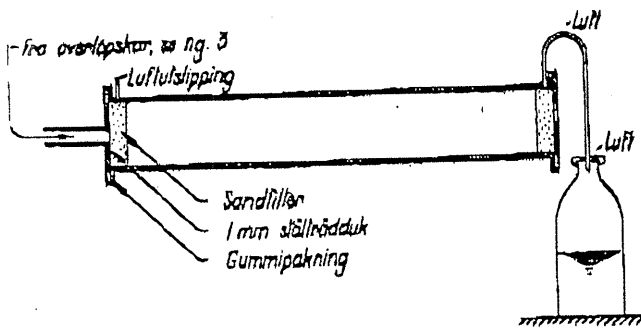


Fig. 1. Permeameter for permeabilitetsundersøkelser med torv. Røret er av galvanisert jern, diameteren er 10 cm og prøvens lengde 60 cm.

og for hver 15 cm ifyllt torv, ble massen belastet med 1 kg/cm<sup>2</sup> i 10 minutter. Belastningen var rettet motsatt det hydrauliske trykk under prøvingene. Det hydrauliske prøvetrykk kunne varieres trinnvis fra 304 cm til 1778 cm vannsøyle. Permeabiliteten ble observert gjennom lengere tid, ofte i flere uker.

For å finne hvorledes permeabiliteten varierte langs prøven, ble det anvendt 2 spesielle permea-

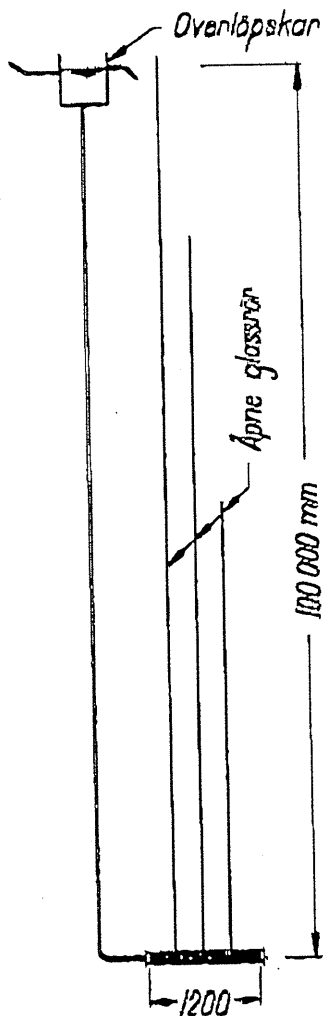


Fig. 2. Permeameter spesielt utformet med henblikk på å finne porevannstrykket langs prøven. Permeameterets lengde 120 cm.

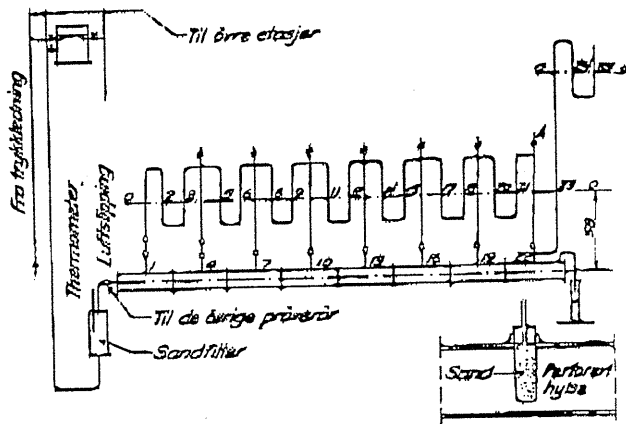


Fig. 3. Permeameter med kvikksølvmanometre, spesielt utformet med henblikk på å finne porevannstrykket langs prøven for særlig høye trykk. Glasskulene nederst på standrørene ble onbragt for å hindre at vannet, på grunn av luftens sammentrykkelighet, steg så høyt opp i standrøret at det rant ned på kvikksølvet. Permeameterets lengde er 240 cm. Maksimalt prøvetrykk 1778 cm.

metre, begge med 10 cm diameter. Det ene, som er vist på fig. 2, var 120 cm langt og hadde åpne standrør av glass [6]. Det andre er vist på fig. 3. Lengden var her 240 cm, og porevannstrykket langs prøven ble registrert ved hjelp av en serie kvikksølvmanometre.

Fig. 4 viser et typisk eksempel på hvorledes porevannstrykket etter hvert fordeles langs røret. Det er tydelig at det ved utløpet av røret bygges opp et tett sjikt, og dette sjiktet overtar en stadig større del av tettheten. En av årsakene til sjiktet er at luften i vannet ved innløpet oppløses og komprimeres ved det høye trykk. Ved utløpet avtar vanntrykket igjen og luften utskilles i massen. Luften opptar en del av porene og permeabiliteten avtar. Tid-permeabilitetkurvene på fig. 5 viser tre uavhengige prøveserier med en gram i mellomtorv. Permeabiliteten avtar særlig raskt de første 2-3 timene etter at vanntrykket er påsatt.

En annen viktig årsak til det tette sjiktet er at permeabiliteten avtar meget sterkt med porositeten i massen. Fig. 6 viser resultatene fra et ødomete-

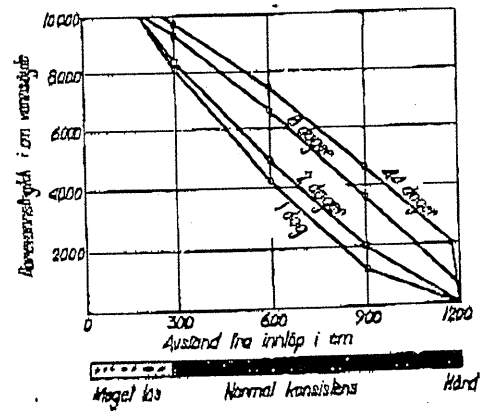


Fig. 4. Kurvene viser hvorledes det tette sjiktet ved utløpet bygges opp etter hvert.



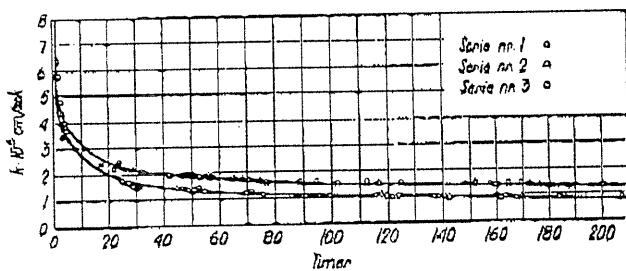


Fig. 5. Resultatet av tre uavhengige prøveserier med en gramin mellomtorv. Permeabiliteten avtar særlig raskt de tre første timene.

forsøk med gramin mellomtorv. I utgangstil-lingen, med ubelastet omrørt torvprøve, var pore-tallet  $e = 13,4$  og permeabiliteten  $k = 1,9 \cdot 10^{-5}$  cm/s. Etter at belastningen trinnvis var økt til  $1,0 \text{ kg/cm}^2$ , var de samme størrelser  $e = 4,1$ ,  $k = 9,2 \cdot 10^{-6}$  cm/s. For en sphagnum råtorv var de tilsvarende verdier henholdsvis  $e = 22,9$ ,  $k = 4,8 \cdot 10^{-4}$  cm/s og  $e = 5,8$ ,  $k = 1,9 \cdot 10^{-6}$  cm/s. Etter at prøvene ble tatt fra permea-metrene viste det seg at et 2 cm tykt sjikt av prøven ved utløpet var tørt og fast. Innenfor var prøven omtrent som da den ble ifyllt. Den siste delen av prøven nærmest innløpet var løs og grøtaktig. På fig. 7 er dette forholdet vist for en gramin mel-lomtorv.

Der tette sjiktet ved utløpet av permeametre be- virker at en får forskjellige verdier for permeabili- teten alt etter som en bruker korte eller lange per- meametre ved permeabilitetsforsøk med ubelastede prøver. Dette ble påvist, og resultater fra forsøk med en gramin mellomtorv fremgår av fig. 8. Det ble også påvist at permeabiliteten for en torv- masse kunne reduseres ved å dele prøven opp i flere lag med sandfilter i mellom, og at permeabili- teten avtar noe med økende hydraulisk gradient.

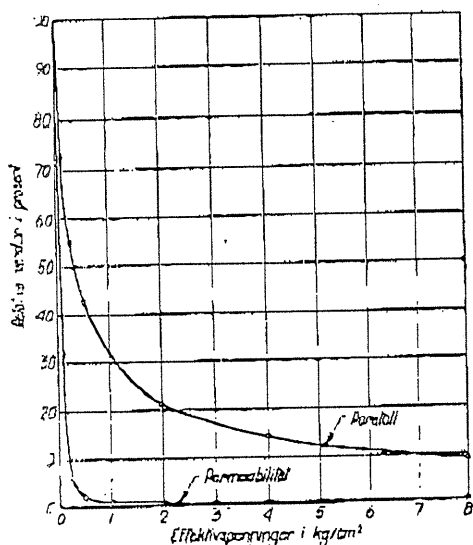


Fig. 6. Kurvene viser hvorledes permeabilitet og porettall i avtar med effektivspenningene. Dette forhold er typisk for torv.

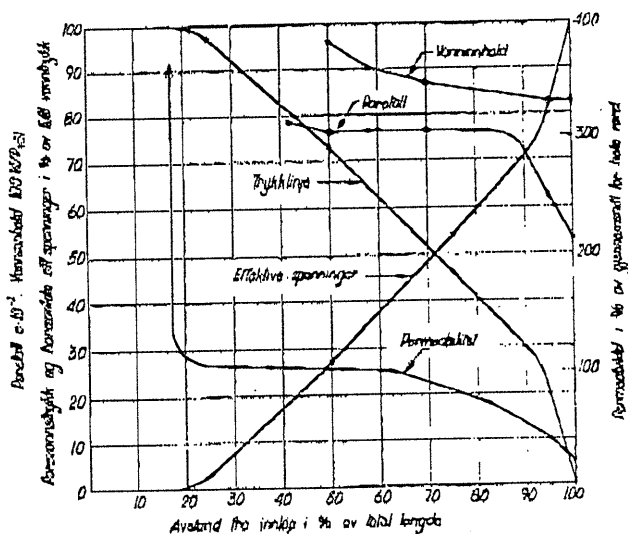


Fig. 7. Kurvene angir hvorledes permeabilitet, porettall, vanninnhold, porevanntrykk og effektive spenninger varierer langs torvprøvene i permeametrene.

I tabell 3 er angitt en del typiske verdier av permeabiliteten for noen torvslag. Verdiene angir gjennomsnittsverdien for permeabiliteten langs

Tabell 3. Verdier for permeabiliteten i omrørt, ubelastet torv.

Torvslag	Permeabilitet
Sphagnum råtorv	$1 - 9 \cdot 10^{-4}$ cm/s
Blandet mellomtorv	$1 - 5 \cdot 10^{-5}$ "
Gramin mellomtorv	$1 - 3 \cdot 10^{-4}$ "
Gramin svart-torv	$1 - 2 \cdot 10^{-4}$ "

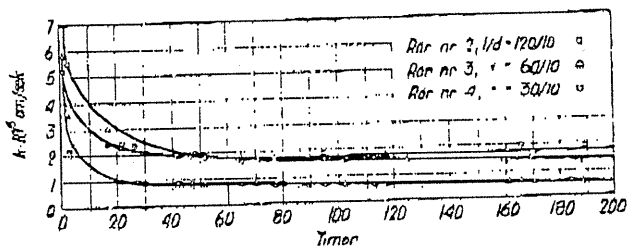


Fig. 8. Kurvene angir resultatene fra permeabilitetsforsøk med varierende lengde på torvprøvene. Korte permeametre gir noe lavere verdier for permeabiliteten enn lange.

hele de 60 cm lange torvprøvene. Verdiene er angitt for hydrauliske prøvetrykk større enn det belastningstrykk som ble anvendt under ifylling av torven i permeametrene.

### 5. Jorrdammene ved Essand.

Anlegget ved Essand består av to adskilte dammer, en hoveddam over elveløpet, og en sidedam som sperrer mot et overløp over en senkning vest for utløpsosen. Hoveddammen er 450 m lang og største vanntrykk er 8 m. Sidedammen er 350 m lang med 4 m maksimalt vanntrykk. Begge dammer er bygd under siste verdenskrig under primitive forhold. Byggeplassen lå mer enn 700 m over

havet, og adkomsten var tungvint. Cement var ikke mulig å få, og det var derfor naturlig å bygge jorddammer. Til tetning ble foreskrevet torv. Mens flomløpet ble utformet som stenkistedam på fjell, er resten av hoveddammen fundamentert på tette, faste morenemasser. Sidedammen er, såvidt en kan se, lagt over et gammelt elveleie. Det var her vanskelig å komme ned til tilstrekkelig tett bunn, og damprofilen ble derfor utformet med henblikk på dette forhold. Alle masser ble transportert i vagger på skinnegang til fyllingene og ble her stampet med lette maskinstampere.

Det teoretiske tverrsnitt fremgår av fig. 9. Torvforekomstene rundt dammen består for en stor del av sphagnum eller sphagnumrike torvarter. En prøve fra damlegemet bestod imidlertid av ren gramintorv. Prøvene som ble tatt fra damlegemet, viste at formulningsprosesser til en viss grad hadde gjort seg gjeldende på torvmassen i den senere tid.

Den tilstøtende sonen nærmest torvkjernen består av *grovmo*. Innholdet av finstoff er likevel så høyt at massene ble forholdsvis tette i godt pakket tilstand. Den ytterste sonen av dammen er hovedsakelig utført av grovsand med relativ løs pakning. Luftsiden er beskyttet av gressorv og vannsiden av ordnet stenvmur oppå et 30 cm pukklag.

Sidedammen som er vist på fig. 10, har også en sentral torvkjerne. Mest den stabiliserende del av dammen består av *grovmo*, og på vannsiden er det et beskyttende torvlag under stenbeskyttelsen. Dette ble foreskrevet først og fremst for å motarbeide utvaskning av de fine massene, men det ble også hevdet at dette tetningssjiktet ville redusere vanngjennomgangen gjennom grunnen. Prøver fra torvtakene til denne dammen viste at massen hadde dårlige tetningsegenskaper, særlig fordi den inneholdt en god del grove rester fra lyng og trerøtter. Permeabiliteten i de anvendte masser ble undersøkt i laboratoriet. Resultatene av undersøkelserne er angitt i tabell 4.

Nivålinjen gjennom dammene ble fastlagt ved hjelp av målinger i  $\frac{1}{2}$ " perforerte piezometerør. Vannspeilet inne i rørene ble innmålt med et blylodd i en tynn snor. Det ble tatt en del uavhengige målinger til forskjellige tidspunkter, og obser-

Tabell 4. Laboratoriebestemmelse av permeabiliteten av prøver fra dammer ved Essand.

Hoveddam, Essand	...	Torv	$k = 1,5 \cdot 10^{-9}$ cm/s
"	...	Grovmo	$k = 6,0 \cdot 10^{-9}$ "
"	...	Grov sand	$k = 7,0 \cdot 10^{-3}$ "
Sidedam, Essand	.....	Torv	$k = 1,5 \cdot 10^{-9}$ cm/s
"	.....	Grovmo	$k = 3,0 \cdot 10^{-9}$ "

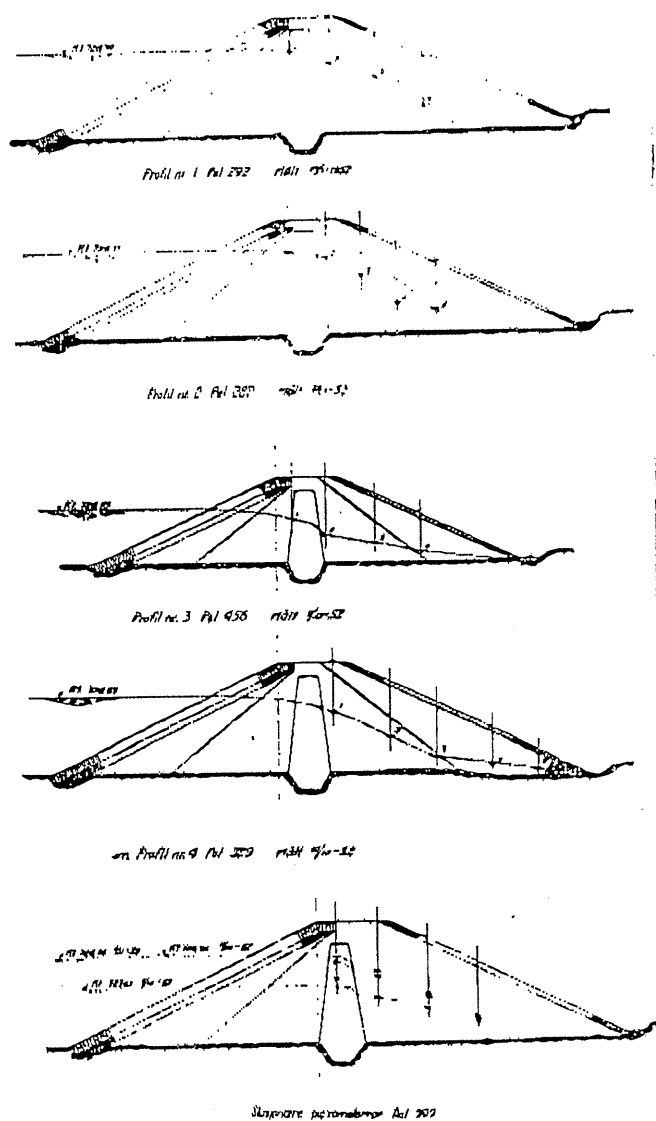
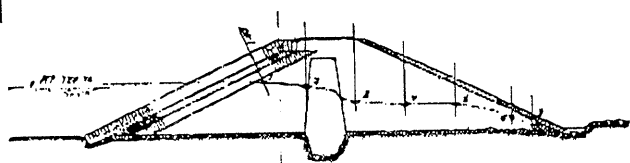


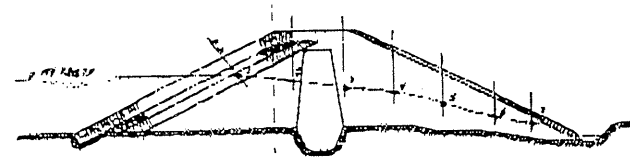
Fig. 9. Nivålinjen i 5 forskjellige tverrprofiler i hoveddammen ved Essand. I profil 2, var det stampet ned en «bunnplate» av særlig tette masser. Nivålinjene viser at torvkjernen har liten innflytelse på tetningen.

vasjonene ble ikke avsluttet før vannspeilet hadde nådd sin endelige høyde inne i røret. Middelføien på middeltallet ble utregnet på grunnlag av en serie uavhengige målinger. Resultatet viste at en uten særlige vanskeligheter kunne oppnå en nøyaktighet på  $\pm 1$  cm. Det ble målt i alt 5 profiler i hoveddammen og 2 profiler i sidedammen.

Avvikelsene fra det ene til det andre profil er ikke store, unntatt på et par steder der visse forhold under byggingen gjorde seg gjeldende. Nivålinjen er inntegnet i tverrprofilene fig. 9 og 10. Spranget i nivålinjen ved overgangen fra torv til *grovmo* er inntegnet på grunnlag av detaljmåling i ett profil som er vist på fig. 11. Det siver stadig noe vann fra damfoten, men det er ikke tegn til lekkasje av alvorlig art. Lekkasjevannet ledes bort fra damfoten i drenggrøfter.



Profil nr 1. Fil 1245. 17211 171-22



Profil nr 2. Fil 1206. 17211 171-22

Fig. 10. Nivålinjen i 2 forskjellige tverrprofiler i sidedammen ved Essand. Nivålinjen ligger meget høyt på luftsiden.

Av nivålinjene synes det å fremgå at torvkjernens permeabilitet må være av samme størrelsesorden som permeabiliteten av den tilstøtende sandfylling. Dette bekreftes stort sett av laboratoriebestedømmelsen av permeabiliteten. Denne dammen kunne derfor like godt ha vært utført uten torvkjerne.

Hva angår sidedammen, er skråningen ved foten av luftsiden gjennomvåt over alt der det er noe vanntrykk på dammen. Vannsiget gjennom dammen er ubetydelig, men det er likevel lite trolig

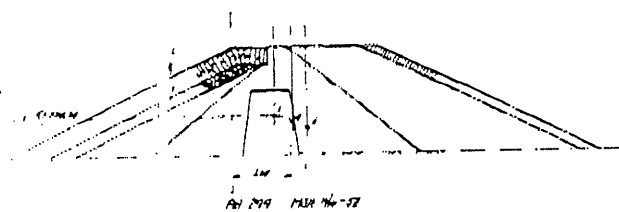


Fig. 11. Detalmålinger viste at der var et ubetydelig sprøng i porøvanntrykket fra torvkjernens ytterstykke og til de nærmeste mæsser.

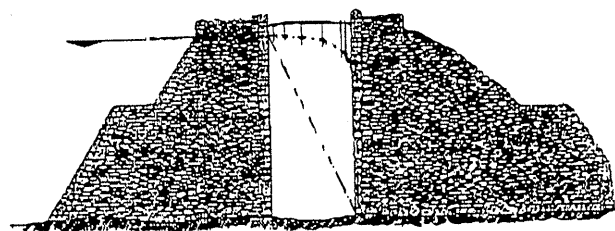


Fig. 12. Tverrsnitt av Store Jakobs dam, Kongaborg. Maksimalt vanntrykk 0,3 m. Nivålinjen er inntegnet.

ning. Tykkelsen på torvkjernen varierer noe fra dam til dam, og i Store Jakobs dam er kjernen tykkere over dammens høyeste parti enn på sidene. Et tverrsnitt av Store Jakobs dam er vist på fig. 12. I de andre dammene har torvkjernen konstant tykkelse langs hele dammen. Stenmurene på begge sider av torvkjernene er vertikale og håndverksmessig godt utført. Noen steder var det lagt sten oppå torvkjernen, og nesten over alt vokste det trær og busker opp av torvlaget. Den årlige tilvekst er nå så stor at det er vanskelig å holde skogen nede med de midler en for tiden har til rådighet for vedlikehold og reparasjoner.

Flomløpet består av en åpen trerenne som er plassert så høyt at vannet ofte renner over selve torvkjernen. Det er likevel ingen merker etter utgravninger. Bunnløpet i dammene består av en lukket trerenne. Innløpsåpningen til rennen blir lukket av en konisk tapp. Tetningen er god der trematerialene er friske.

Lekkasjene gjennom dammene er ubetydelige, bortsett fra de stedene der vannet renner over torvkjernen, eller der tapperennene i bunnen svikier. De fleste dammer står på fjell, og i sekundære forsenkninger i damprofilen, der det ikke er tappeløp, kunne lekkasjevannet lett lokaliseres. På disse stedene er det som regel dannet et tynt torvlag oppå fjellet. Vannsiget er det vanskelig å se, men planteselskapet består fortrinnsvis av vekster en finner på våte steder.

Det blir regnet med at dammene skulle tømmes og fylles igjen 3 ganger for året, og den tiden dammene ble stående uten vanntrykk, vil således til enhver tid avhenge av programmet for tappingen og av nedbørens fordeling på de forskjellige årstider. Nivålinjene gjennom torvkjernene ble fastlagt i Store Jakobs dam og Lille Jakobs dam med det utstyr som tidligere er beskrevet i forbindelse med undersøkelser av jorddammene ved Essand. De observerte nivålinjer i Store Jakobs dam er inntegnet i tverrprofilen av dammen og vises på fig. 12 og fig. 13. Nivålinjene ligger over alt meget høyt i damprofilen.

I Store Jakobs dam hadde damfoten på begge sider steilt fall ned mot tappeløpet. Fjellet nenden-

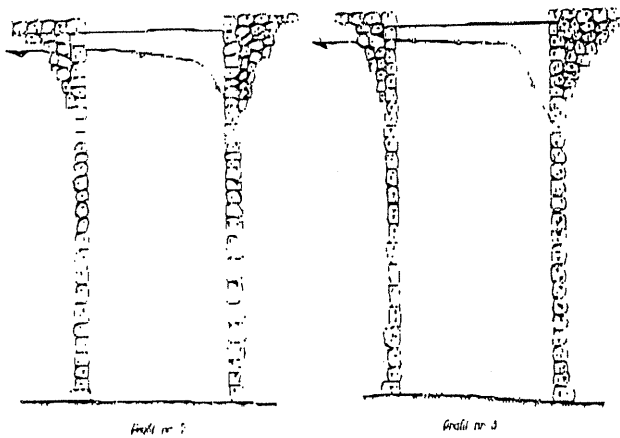


Fig. 13. Nivålinjen i Store Jakobs dam ligger over alt meget høyt i profillet.

for dammen var helt tørt, men i laveste punkt rant det 5—600 l/min. Tappeløpet var stengt. Lekkasjen viste seg først når vannstanden nærmet seg full dam, og den hadde en tendens til å øke noe for hvert år. Damstigeren hadde fulgt lekkasjen i over 20 år uten å kunne lokalisere den. Årsaken viste seg å være den at torvmassen i årenes løp hadde satt seg, og at en ikke hadde fjernet det øverste torvlaget fra kjernen før en var gått igang med etterfylling.

Nivålinjene i Lille Jakobs dam er vist på fig. 14. De ligger også her høyt i damprofilen, men ikke så høyt som i Store Jakobs dam. Praktisk talt hele damfoten i Lille Jakobs dam har helning mot tappeløpet i bunnen, og dette kunne lukkes helt tett. Fjellet nedenfor dammen var helt tørt, men i laveste punkt ble det målt en vannføring på 1,5 l/min.

I Kongens dam stod vannet nesten i høyde med toppen av kjernen på flere steder. Rundt bunnløpet er det en lekkasje på 3—400 l/min. Bunnløpet består av et støpejernsrør med ventil. Denne ble satt inn for en del år siden da trerennen ble utskiftet på grunn av skader.

Når en torvkjerne som den på fig. 12 blir utsatt for fullt vanntrykk, vil vannet trenge inn i porene og fylle disse. Idet vannet nærmer seg luftsiden, avtar trykket, og vannet vil avgi noe av sitt luft-

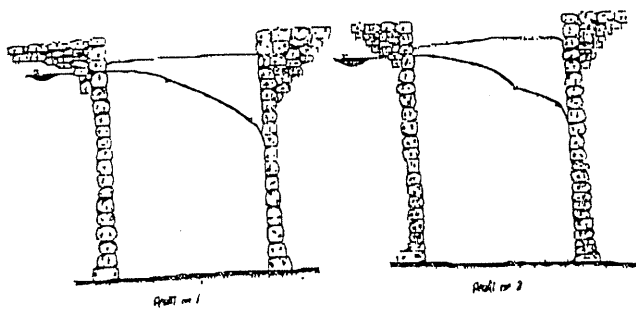


Fig. 14. Nivålinjene i Lille Jakobs dam ligger jevnt over relativt lavere på luftsiden enn i Store Jakobs dam.

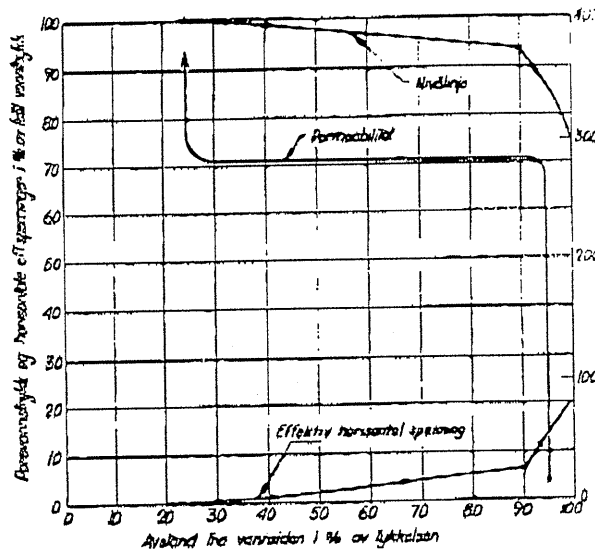


Fig. 15. Variasjoner i porvannspenninger, effektivspenninger og permeabilitet gjennom torvkjernen i Store Jakobs dam.

innhold. Luften avsetter seg i porene, og vil etter hvert oppta en stadig større del av porene i massen i grensesjiktet på luftsiden. Luften vil skape visse muligheter for mikroorganismenes arbeid, og ifølge [1] vil dette øke tettheten enda mer. Trykkgradienten vil konsentreres i ytersjiktet og effektivspenningene øke. Økte effektivspenninger i torv gir seg utslag i en relativt langt større reduksjon i permeabiliteten. Dette er vist på fig. 6, 15 og 16. På fig. 15 er det også tatt med en kurve som viser hvorledes den relative fasthet i massen øker mot luftsiden. Tett lagring, luft i porene og derav følgende kjemiske endringer forklarer til en viss grad det utrolige forhold at grove masser som gramin mellomtorv blir så tett som tilfellet er med grensesjiktet i Store og Lille Jakobs dam.

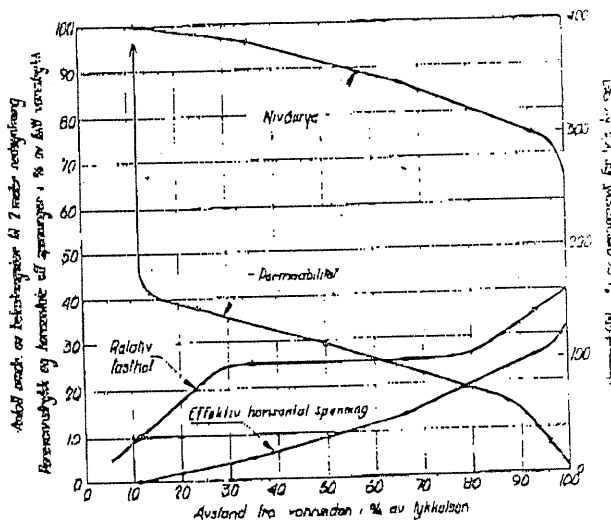


Fig. 16. Variasjoner i porvannspenninger, effektivspenninger, permeabilitet og relativ fasthet gjennom torvkjernen i Lille Jakobs dam. Den relative fasthet er funnet ved hjelp av sonderboringer med 80 kg belastning.

Regner en med at hele lekkasjen gjennom Lille Jakobs dam skyldes vann som siver gjennom torvkjernen, blir den gjennomsnittlige permeabilitetskoeffisient for hele torvkjernen  $k = 2,4 \cdot 10^{-6}$  cm/s. I laboratoriet ble permeabiliteten for 2 prøver av beste sort «rosentorv» fra torvtakene bestemt til følgende:

K 4 fra Kongens dams torvtak	$k = 1,5 - 2,5 \cdot 10^{-6}$ cm/s
K 5 „ Nydammens torvtak..	$k = 1,0 - 2,0 \cdot 10^{-6}$ „

Torvmassen i permeametrene etter prøvningen hadde følgende verdier for poretall og vanninnhold. Vanninnholdet er regnet i prosent av totalvekten (vann + tørrsubstans).

Innløp .....	w = 86,4	e = 8,43
Midten .....	w = 85,4	e = 8,17
Utløpet .....	w = 80,6	e = 6,52

De store verdier for vanninnhold og poretall, gjør at relativt tett lagring og luft i porene alene ikke kan forklare hele årsaken til den lave permeabiliteten. Forfatteren mener at en vesentlig del av tettheten skyldes torvens høye kolloidaktivitet [4]. Damstiger Wad sa at for at torv skal være og brukbar til tetning «må den være sønn» og gnidde den mellom to fingrer som ble belagt med en seig, ukjennlig hinne. Det er disse kolloidpartiklene som med sitt vannfølge i større grad enn ved noen andre jordarter fyller ut hullrommene og tetter til sammen massen. Torvanalysene viste tydelig at massene i torvkjernene var mere grovkornige på vannsiden enn på luftsiden.

De lokale lekkasjene som har kunnet pågå gjennom et par av dammene, og de store vannføringer som har runnet over torvkjernene uten påviselige utgravninger, tyder på at torv er meget motstandsdyktig mot erosjon. Av nivålinjene fremgår at en vesentlig del av tetningen er basert på et 10—20 cm tykt yttersjikt. Torvkjernen er derfor temmelig sårbar, og det er av stor betydning at det anvendes et omhyggelig utført filter. De gamle bergmennene ved Kongsberg Sølvverk har ivaretatt dette forhold ved å lage stenvuren som grenser mot torvkjernene, så glatt og tett som mulig.

## 7. Endringer av torv med tiden.

Sammenlignes omdannelsesgraden for torven i tetningskjernene og torven i torvtakene ved Kongsbergdammene, finner en at det ikke har foregått noen særlig nedbrytning av massene. Torven er ikke noe sted mere omdannet enn at den ennå kan regnes til gruppen mellomtorv. Massen har holdt stand i over 200 år under skiftende reguleringer, så holdbarheten synes ikke å volde noen problemer.

Russiske forsøk [5] har vist at torv som har vært frosset, mister en vesentlig del av sin tetthet. Torv som brukes til tetning, må derfor alltid beskyttes mot frost.

De første permeabilitetsforsøkene i laboratoriet ble utført med permeametre av stål. Permeametrene rustet innvendig, og det viste seg snart at permeabiliteten oversteg alle grenser for det som tidligere var målt. Det er de samme forhold som har gjort seg gjeldende omkring tappeløpet i Kongens dam. Forsøk har vist [2] at bestemte mengder med jernoksyd får torvkolloidene til å koagulere, og massene mister da tettheten. Torv må derfor ikke brukes til tetning mot konstruksjonsdeler eller anordninger som inneholder jern.

## 8. Konklusjon.

På grunnlag av litteraturstudier, forsøk i laboratoriet og en undersøkelse av de 200 år gamle dammene på Kongsberg, samt to nyere dammer ved Essand, kan en trekke følgende konklusjon om torvens anvendelighet som tetningsmateriale:

1. Sett fra geoteknisk synspunkt kan torv klassifiseres i følgende tre hovedgrupper:

*Råtorv* som inneholder ingen eller bare ubetydelige mengder kolloidpartikler. De torvdannende plantene er ubetydelig angrepet av nedbrytningsprosessene.

*Mellomtorv* som består av en blanding av kolloide og ikke kolloide materialer. Plantestrukturen er ennå tydelig, men massen virker noe fet.

*Svartorv* der planteavleiringene er gått over i et disperst system der mesteparten av partiklene er av kolloide dimensjoner. Plantestrukturen er nesten eller totalt utvisket og massen virker nesten såpeaktig fet.

I lite omdannet torv spiller torvens botaniske opphav en rolle, og det bør skilles mellom sphagnumtorv og gramintorv. Den siste gruppen er dannet av gress og gresslignende karplanter.

Av de ovenfor nevnte grupper er det bare mellomtorv som kan komme på tale som tetningsmasse, og gramin eller graminholdige torvarter er å foretrekke fremfor ren sphagnumtorv.

Rosentorv er bare et anleggsnavn som er oppstått i forbindelse med byggingen av Kongsbergdammene. Uttrykket stammer fra det tyske Rasen.

2. Det er en karakteristisk egenskap ved torv at permeabiliteten er sterkt avhengig av porositeten. Da det på grunn av høyt vanninnhold i praksis ikke er mulig å bygge inn torv med lav porøsitet

tet, må en skaffe til veie en statisk belastning som kan øke effektivspenningene og redusere porositeten.

3. I en sentralt anbragt torvkjerne mellom sten-fyllinger — som de ved Kongsberg Sølvverk — vil tetningen realiseres bare i det ytterste sjiktet. Sjiktet fremkommer ved at utskilt luft fra vannet i overgangen har redusert porenes vannførende evne. Derved konsentreres trykkgradienten i ytter-sjiktet og effektivspenningene øker. Mikroorganismers arbeide og en vandring av kolloidpartikler i retning av luftsiden er heller ikke utelukket som medvirkende årsak til den økte tetning i overgangen til luft. Da tetningen konsentreres i et tynt sjikt på luftsiden vil en slik tetningskjerne av torv være meget sårbar. Det må derfor settes høye krav til filteret som grenser mot torvtetningen. I Kongsberg-dammene er dette forhold ivare tatt ved de tette og jevne stenflater som grenser inn mot torvkjernen.

4. Målinger av nivålinjen i jorddammene ved Essand har vist at der en tetningskjerne ikke utsettes for en belastning som kan nedsette porositeten, er den tettende virkning liten.

5. Observasjonene på Kongsberg har vist at torv er et erosjonsbestandig materiale. Torvmassene har også holdt stand mot nedbrytningsprosesser under skiftende regulering av vannstanden i over 200 år. Holdbarheten volder derfor ingen problemer. Torv må ikke utsettes for frost og heller ikke komme i berøring med jern eller jernholdige konstruksjoner. I hogge tilfelle vil torvkolloidene koaguleres, og massen mister en vesentlig del av tetningsevnen.

#### Summary.

Studies in literature, laboratory experiments, and investigations of the 200 years old dams at Kongsberg and two recent dams at Essand have led to the following conclusions about the applicability of peat as an impervious material for earth dams:

1. From a geotechnical point of view, peat may be classified in the following three categories:

*Raw peat*, containing no or only an inconsiderable amount of colloid particles. The peat-building vegetation has only to a slight degree been subjected to disintegration.

*Interjacent peat*, consisting of a mixture of colloidal and noncolloidal materials. The vegetation structure is still visible. The peat soil is somewhat soapy.

*Black peat*, where the vegetation deposits have passed into a dispersed system in which the majority of the particles have colloidal dimensions. The

vegetation structure is partly or totally demolished, and the peat-soil has a typical soapy appearance. The botanical origin is significant when the peat is disintegrated only to a small extent. Therefore it is distinguished between sphagnum peat and gramin peat, the latter being built up by graminial vegetation.

Only interjacent peat may be used as an impervious material for dams, and gramin peats are preferable to pure sphagnum peats.

2. The permeability of peat is highly dependent upon the porosity. The result of permeability investigations on a gramin interjacent peat by means of oedometer is shown on fig. 6. Because of the high water content in peat, it is not practicable to build in a peat with low porosity. A static weight produced in order to increase the effective stresses and reduce the porosity is therefore necessary when using peat in dams.

3. In rockfill dams, when using a central core of peat between two vertical walls of stone as shown on figs. 12—14, a thin layer of peat in the transition zone will be highly impervious, while the rest of the core will offer only an inconsiderable amount of resistance against water percolation. The impervious layer is produced by disengaged air from the water when passing the outside layer of peat downstream. Thus the permeability of the transition zone will be reduced, and the pressure gradient increases, again resulting in reduced porosity and permeability. The effect of microorganisms in the zone where the core is in contact with free air, and an accumulation of colloid particles downstream, may also decrease the permeability of the transition zone.

As the resistance against percolation is concentrated only in a thin layer of the downstream side of the core as shown on figs. 15—16, the filter bordering the transition zone of the peat core must be carefully built in by selected materials. In the Kongsberg dams shown on figs. 12—14 this fact has been taken care of by means of a smooth stone surface against the peat core.

4. Measurements of the seepage line in the earth dams at Essand have shown that the resistance against percolation is low where the core is not subjected to a weight decreasing the porosity. The results of these measurements are shown on figs. 9—11.

5. Observations of the Kongsberg dams have shown that peat is proof against erosion. It has also withstood the internal disintegration during various regulations of the water level throughout 200 years. The durability of peat is therefore no problem.

ed,  
ce,  
eat Peat must not be exposed to frost, nor get in  
ore touch with iron or constructions containing iron.  
nd In either case the peat colloids will coagulate and  
nal the peat will thereby lose an essential part of its  
resistance against percolation.

*Litteraturreferenser.*

- er-  
are [1] Allison, L. E. (1947): *Effect of microorganisms on per-*  
meability of soil under prolonged submergence. *Soil*  
*science*, b. 63, nr 6, s. 439-49.  
ent [2] Godwin, K. K. (1931): *Die Lehre vom Adsorptionsvermögen*  
*der Böden*. Kolloidchemische Beihäfte, Sonderausg. Dres-  
den og Leipzig.

- [3] *Indstilling angaaende Kongeborg Sølvværks drift m. v.*  
*(1885)*. Afgiven af den af kgl. resolution nedsatte kom-  
mission af 13/7 1885. Kr.a.  
[4] Lyon, T. L. og H. O. Buckman (1947): *The nature and*  
*properties of soils*. N. Y.  
[5] Semanoff, N. A. (1935): *Die Anwendung von Torf beim*  
*Wehrenbau*. Zentrale Forschungsinstitut für Wassertrans-  
port, nr 13. Leningrad.  
[6] Tveiten, Aa. (1950): *Eksemensarbejde NTH 1950*. Ikke  
publisert.  
[7] Tveiten, Aa. (1954): *Geotekniske undersøkelser av torv*.  
Ikke publisert.  
[8] Ziegler, P. (1911): *Der Talsperrenbau*, s. 122. Berlin.

e of  
own  
tion  
t of  
ount  
The  
air  
r of  
the  
sure  
oro-  
cro-  
stact  
par-  
nea-

cen-  
side  
filter  
must  
r the  
fact  
stone

i the  
resi-  
core  
poro-  
hown

have  
t has  
uring  
ghout  
re no