

MEDDELELSER FRA VEGDIREKTÖREN

NR. 7

En vegfundaments-plan. — Telefrie veger. — Betongdekker på elastisk undergrunn. — Fuktighetsgraden i masseinnskiftingsmaterialer. — Mindre meddelelser.

JULI 1945

EN VEGFUNDAMENTS-PLAN

Av Holger Brudal.

Hvis en forsøker å sette opp en liste over de vegarbeider som menes å burde utføres jo før jo heller, så tør det være vanskelig å avgjøre hvilke bør komme først. Eksempelvis kan nevnes:

den videre utbygging av vegnettet, legging av faste vegdekker, utvidelse av vegenes bredde, tilvegebringelse av mere oversiktlige kurver, bekjempelse av teleskader, støvplagen etc., et mest mulig effektivt vintervedlikehold, bygging av fortau og sykkelstier, osv.

I nærværende artikkel vil undertegnede tillate seg å framsette en plan som menes å burde fremmes uoppholdelig uansett rekkefølgen av de andre arbeider. I virkeligheten vil sannsynligvis de fleste av de oppregnede arbeider, heretter som hittil, fremmes side om side, men de arbeider som nevnte plan tar sikte på, menes å komme i en særstilling fordi de er en integrerende del av, ja selve fundamentet for de fleste av de ovenfor nevnte arbeider. Planen går ut på først å tilrettelegge alle nødvendige og forønskede data og så iverksette et derved muliggjort, planmessig arbeide med å gjøre vårt vegnett telefritt. Hermed menes å tilvegebringe et tilstrekkelig tykt, bæredyktig fundament på en undergrunn som er fri for *ujevn* telehiving samt for de viktigste vegers vedkommende, om nødvendig, å foreta en så omfattende masseutskiftning at frosten ikke trenger under de utskiftede, eller rettere sagt inn-skiftede masser. Rent bortsett fra at disse arbeider teknisk sett er ønskelige for de fleste veger så er der et forhold aom for hvert år som går i stadig stigende grad framtvinger tilvegebringelsen av nevnte fundament på de viktigste veger og det er, leggingen av faste vegdekker.

Da arbeidet hermed, for mange år siden, begynte, var det de sterkest trafikkerte innkjørselsveger til byer og tettbyggede strøk som først kom på tale. Disse veger hadde dengang tildels en langt større trafikk enn mange av de veger som de siste år har fått fast dekke.

Av den grunn var en forsterkning av fundamentet på forhånd blitt framtvunget for en del av vegene, men dessverre, i mange tilfelle gikk utbedringsarbeidene hånd i hånd med leggingen av de faste dekker.

Til å begynne med ble der i overveiende grad lagt dekker av de kostbarere typer med den følge at lengden av de faste vegdekker øket langsomt. I de senere år (før krigen) har en gått mere og mere over til de billigere typer og da bevilgningene samtidig er steget, har lengden av de faste vegdekker øket atskillig raskere samtidig som de fundamentdekkene er blitt lagt på har vært mer og mer mangelfulle. Det synes derfor å være på tide å søke utarbeidet en plan som retter på dette forhold, ellers vil våre faste vegdekkers tilstand meget raskt forverres enn ytterligere. De stadig mer omseg-gripende teleskader på de faste dekker er vel noe av det tristeste en vegingeniør ser, og det bedrer ikke saken å tenke på at de reparasjonsarbeider som utføres, må gjøres om igjen hvert eneste år.

Gjennom forskning, forsøk og praktisk erfaring har vi gjennom en årrekke vært på det rene med hvilke fundamenttykkelse som har vært nødvendige for den hittidige trafikk for å få en vegbane uten tele-sår. De siste års forskningsarbeider ved Norges Tekniske Høgskole, har nå gjort det mulig beregningsmessig å tilvegebringe telefrie vegbaner,

d. v. s. vegbaner uten telehiving, på en i teknisk og økonomisk hensende heldig måte.

Artikler herom er trykt i „Meddelelser fra Vegdirektøren” nr. 6 1938 og nr. 6, 7, 8 og 9 1941. Det er tatt skritt her ra til å få disse og beslektede artikler utgitt samlet i et særtrykk.

Praktisk erfaring synes å tyde på at en tykkelse på ca. 60 cm fra underkant av det ikke teleskytende lag til overkant av vegdekke har vært tilstrekkelig til å forebygge telesår på telefarlig undergrunn for den trafikk som en hittil har hatt. Da den maksimale frostmengde har medført større teledybder enn 60 cm praktisk talt over hele landet, har en måttet regne med nevnte tykkelse i hvilketsohmest strøk av landet.

Når det gjelder om å forebygge tele-hiving, blir derimot løsningen ikke så ensartet. Tykkelsen av masseinnskiftingslagene vil jo være avhengig av den opptredende frostmengde og den er som bekjent meget variabel.

Trafikantenes krav om å kunne utnytte bilens transportkapasitet, savel med henblikk på større bæreevne som større gjennomsnittshastighet til alle årets tider, synes å være så berettiget, også nasjonaløkonomisk sett, at en nå nødvendigvis i stor utstrekning må utbedre de viktigere av våre nåværende veger, samtidig som de nye, viktigere veger bygges således at de ikke alene blir uten tele-sår men også uten tele-hiving.

Sådanne foranstaltninger vil nødvendigvis kreve betydelige beløp, men på grunnlag av høstede erfaringer mener en dog at utgiftene er berettiget idet de temmelig hurtig spares inn ved minskede vedlikeholdsutgifter.

Av det som ovenfor er uttalt framgår det at det haster med å sette de her omhandlende arbeider i sving. Da det imidlertid vil bli et langt lerret å bleke, ansees det nødvendig snarest å tilvegebringe en plan for hvordan disse arbeider bør fremmes. En sådan plan ansees nødvendig av flere grunner. For det første trenger den for å kunne sette opp et omkostningsoverslag, for det annet for å få en oversikt over den rekkefølge som de forskjellige veger bør behandles etter, for det tredje for i god tid å skaffe tilvege ennå manglende materiale til bedømmelse av de frostmengder som masseutskiftningsarbeidet bør være basert på.

Hertil kommer at det ansees nødvendig å tilrettelegge en del detaljer for fortsatte undersøkelser og forsøk.

Av den ovenfor nevnte litteratur har vi fått kunnskaper om hvilke tykkelse som kreves av enkelte masseinnskiftingsmaterialer for å tilvegebringe en telefrie vegbane. Enn videre er gitt anvisning på hvilke kombinasjoner av forskjellige materialer som bør benyttes for mest mulig å redusere utskiftnings omfang. Det har vist seg hensiktsmessig øverst å anvende tørre materialer med liten varmeledningsevne og under dette et vått materiale med høy kuldemagasinierende evne.

På grunnlag av disse verdifulle kunnskaper som forskningsarbeidet ved Norges Tekniske Høgskole har skaffet oss, og som professor Kolbjørn Heje er opphavet til, ansees det ønskelig at vegvesenet i litt større målestokk utfører forsøksveger for å klarlegge enkelte åpne spørsmål. Således må en bringe på det rene den praktiske utførelse av de påtenkte materialkombinasjoner i innskiftingslagene samt prøve hvorledes de forskjellige vegdekker holder over de

påtenkte isolasjonsmaterialer. Etter foreløpige overveielser og beregninger antas isolasjon med torv-materiale å få utbredt anvendelse i vegvesenet.

Om en nå er kommet så langt at en har på det rene hvilke innskiftningsmaterialer og kombinasjoner av disse som egner seg for vegvesenet så gjenstår å bestemme for hvilken frostmengde utskiftningen skal beregnes. Dette spørsmål vil sannsynligvis bli gjort til gjenstand for mange og lange diskusjoner og det skal ikke nærmere berøres her; kun skal bemerkes at det rimeligvis vil bli avhengig av de forskjellige vegers betydning. Her skal bare behandles den fundamentale side av dette spørsmål, nemlig hvilken maksimal frostmengde en har hatt på de forskjellige steder i landet og hvor hyppig de forskjellige frostmengder har inntruffet.

Dette spørsmål er i stor utstrekning besvart i avdelingsingeniør Skaven *Haug's* artikkel om „Frostmengdekart over Norge” trykt i „Meddelelser fra Vegdirektøren” nr. 5, 1944, og disse 2 kart aktes sendt til samtlige vegkontorer i landet. På det ene av kartene er trukket opp linjer mellom steder med maksimal frostmengde på 5000 h^o C, 10 000 h^o C, 15 000 h^o C osv. og på det annet tilsvarende linjer for midlere frostmengder.

Frostmengdekurvene gir et klart bilde av at de dybder som der må masseutskiftes til, vil være meget variable i vårt land. For vegvesenet vil der imidlertid, især på steder med lav maksimal frostmengde, være behov for flere detaljer. Det ligger for øvrig i sakens natur at frostmengdekartene i noen grad må bli skjønsmessige, især på steder med relativt spredte observasjonsstasjoner.

I nr. 12, 1943, av dette tidsskrift har Professor Kolbjørn Heje i tabellarisk form gitt en oversikt over beregnede frostmengder ved norske meteorologiske stasjoner. En lignende oversikt i mest mulig komplett stand vil, ved siden av frostmengdekartet, være meget ønskelig for vegvesenet og vil bli foranlediget utarbeidet av en meteorolog. I oversikten er det meningen å ta med samtlige stasjoner for hvilke den maksimale frostmengde er beregnet eller med sannsynlighet kan beregnes. En sådan oppgave antas å være av verdi for en rekke mere begrensede strekninger av vårt vegnett.

I tillegg til de målinger som er tatt og tas ved de meteorologiske stasjoner vil det rimeligvis vise seg ønskelig å ta ytterligere målinger. I hvilken utstrekning dette bør finne sted, vil vise seg når en del nødvendige oppgaver er innhentet fra vegkontoret i hvert fylke.

I store trekk kan ovennevnte plan tenkes å bli fremmet omtrent således:

1. Vegkontoret i hvert fylke sender inn til Vegdirektoratet en oppgave over de vegstrekninger hvor en har telesår. Samtidig opplyses om de samme strekninger har hatt *ujevn* hiving og der sendes prøver av vegdekke, fundament og undergrunn. Sådanne prøver ansees nødvendige for å kunne foreskrive hvilke arbeider bør utføres samtidig som en også forebygger at der utføres større arbeider enn nødvendig.

2. Ennvidere sendes oppgave over de strekninger som har *ujevn* hiving uten at der dog opptrer sår.

Begge disse, under punkt 1 og 2 nevnte oppgaver bør være ledsaget av høydeangivelse over havet til lettelse for bestemmelsen av den frostmengde en vil basere masseutskiftningen på og de bør omfatte ihvertfall riks- og fylkesveger.

3. Vegdirektoratet sender til meteorologen en oppgave over de strekninger for hvilke en mener at frostmengdekartet sammen med den ovenfor nevnte stasjonsoversikt ikke gir så detaljerte opplysninger som ønskelig.

Meteorologen gir så anvisning på de steder hvor det er ønskelig å foreta supplerende temperaturmålinger og disse

utføres etter hans anvisning, likesom han også beregner de sannsynlige maksimale frostmengder som der bør regnes med på de forskjellige steder.

I samråd med fylkets vegkontor bestemmes derpå hvilken frostmengde masseutskiftningen skal være basert på.

Det må erindres at der ved fastsettelsen av de supplerende målinger også må has for øye de projekteerte vegger som før eller senere skal bygges. De ovenfor nevnte oppgaver bør derfor være ledsaget også av en fullstendig plan for projekteerte vegger.

4. Der bestemmes så hvilke materialer som skal benyttes for utskiftningen hvorpå et omkostningsoverslag kan oppstilles. Som ovenfor nevnt antas at det ofte vil være hensiktsmessig å anvende torvmaterialer.

Jo lengere tidsrom de utvidede temperaturmålinger foretas over, desto verdifullere blir de. Det gjelder derfor om at de blir påbegynt snarest mulig. I denne forbindelse vil jeg heller ikke unnlate å nevne at der her i landet såvidt vites også er andre institusjoner eller etater som i årevis har tatt og sannsynligvis vil fortsette å ta serier med temperaturmålinger. Det må ansees å være av den største betydning at disse målinger blir tatt på en ensartet måte, således at de meget verdifulle målinger kunne nyttiggjøres også i heromhandlede øyemed. Det synes derfor å være grunn til å søke etablert et samarbeide.

Hvor mange vegger som bør komme med i planen fra første stund bør søkes fastlagt så snart som mulig.

Dette kan eksempelvis skje på den måte at Vegdirektøren, under henvisning til de synspunkter som er gjort gjeldende i denne artikkel, i rundskr. til overingeniøren for vegvesenet i samtlige fylker ber innsendt forslag for de vegger som ønskes medtatt i planen. Sannsynligvis bør medtas samtlige riks- og fylkesveger. Ennvidere bør medtas de viktigste bygdeveger som ventes snarlig å bli oppklassifisert. Hvis noen overingeniør ønsker å ta med flere så er det desto bedre. Tanken er at planen etterhvert skal utvides til å omfatte flere og flere vegger.

Ved utbedring av teleskader på gamle vegger har en hittil i alminnelighet måttet nøye seg med å søke tilvegebrakt vegbaner uten telesår. En har som ovenfor nevnt vanligvis ansett det nødvendig å ha en tykkelse på ca. 60 cm. regnet fra vegdekks topp til underkant av ikke-telefarlig materiale. Det utelukker dog ikke at enkelte vegingeniører har foretatt masseutskiftning til større dybder, eksempelvis til ca. 1 meter dybde.

Ved nyanlegg har en søkt å forebygge ikke alene telesår men også *ujevn* telehiving. I denne hensikt er det blitt anbefalt å la planeringen ligge i grunnbrøytet stand i minst 1 vinter. Ved inn-nivellering av tele-ujevnheter og derpå følgende masseutskiftning har en kunnet eliminere de verste hivinger forinnen vegdekket er blitt anbragt. Da imidlertid telehivingen er avhengig ikke alene av frostdybden men også av det forløp frostens nedtrengning har, siger det seg selv at en bare delvis får eliminert tele-ujevnheter ved lokale masseutskiftninger på basis av målinger gjennom 1 eller et par vintrer.

De hittil foretatte foranstaltninger må ansees som helt utilstrekkelige selv om en bare tar i betraktning det omfang som trafikken på vegene hadde i årene før krigen. Det er derfor å håpe at heromhandlede plan påbegynnes snarest mulig.

Det kunne kanskje vært hensiktsmessig i nærværende artikkel å ha tatt med profiler som viser de påtenkte masseutskiftninger. Da imidlertid sådanne profiler vanskelig kan behandles uten å komme inn på en del tekniske detaljer, har jeg valgt å omhandle denne side av saken i en egen artikkel i tilknytning til denne.

Denne artikkel benevnes:

„Telefrie vegger.”

TELEFRIE VEGER

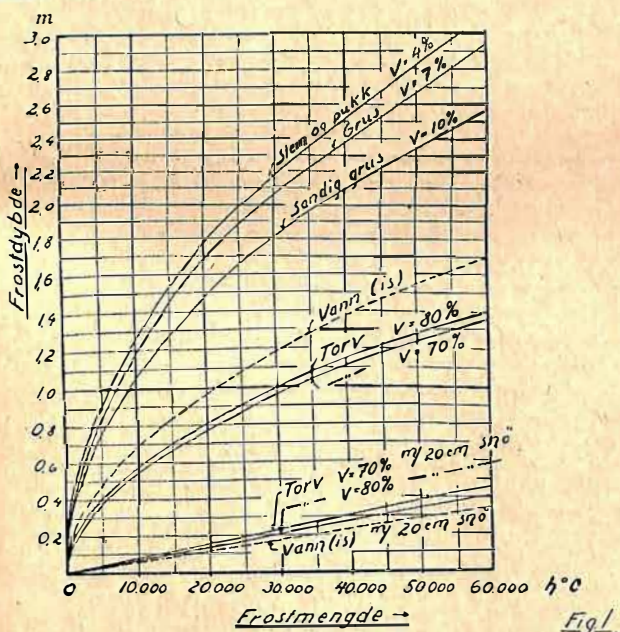
Av Holger Brudal.

Nærværende artikkel er fortsettelse av «En vegfundaments-plan». Da denne artikkel nærmest berører tekniske detaljer, ansees det mest hensiktsmessig at den skrives som en artikkel for seg.

Av forsøksresultatene ved Norges Tekniske Høgskoles varmekraftlaboratorium har vi lært at vi kan skaffe oss en heldig isolasjon mot kuldens nedtrengning i veglegemet ved å kombinere et lag tørre materialer med liten varmeledningsevne med et annet lag av våte materialer med stor kuldemagasinerende evne, idet sistnevnte lag må ligge underst. Som sådant har torvmateriale vist seg meget hensiktsmessig, da det lett vil oppta og holde på store mengder vann. Det må derfor ansees som meget sannsynlig at torvmaterialer vil få stor anvendelse ved masseutskiftning i vegvesenet.

Når det gjelder valg av det overliggende materiale, altså det som bør ha liten varmeledningsevne, er det ikke alltid opplagt at vi i vegvesenet uten videre kan velge det materiale som ifølge våre beregninger vil være den heldigste kombinasjon med torv, varme- eller kulde-teknisk sett.

Av fig. 1 framgår det at for samme frostmengde trenges der et tynnere lag av sandig grus alene enn av pukk alene.



Frostmengder i forskjellig undergrunn. I vann helt teoretisk, da varmestruømning ikke er medregnet.

Av fig. 2 og 3 ses imidlertid at i kombinasjon med torv trenges der et tynnere lag når pukk anvendes. Sammenlikningen ville blitt litt mer illustrerende hvis tykkelsen av asfaltdekket hadde vært den samme i begge tilfelle da dette dekke har et større varmeledningstall enn både pukk og sandig grus. Forskjellen i tykkelsen av de innskiftede masser er dog ikke særlig stor, så det vil rimeligvis bli materialforekomstene på hvert sted som vil bli avgjørende for valget. Grus og sand finnes på mange steder av landet i store mengder. På andre steder kan det kanskje være vanskelig å finne et materiale som egner seg, hvorfor det på sådanne steder kan bli tale om å bruke stein og pukk. For å kunne

bevare dette materiales relativt lave varmeledningstall, blir det nødvendig å gardere seg mot at hulrommene fylles av sand og grus. For å oppnå dette må vegdekket og dettes nærmeste lag oppbygges under hensyn hertil.

Når oversikter har vært satt opp over ikke-telefarlige jordarter er torv gjerne blitt nevnt først. En har da også gjennom lange tider kunnet iakttå at veger bygd over myr ikke har vært plaget av televansker såsant materialet over myra har vært riktig valgt.

Imidlertid foreligger der, så vidt undertegnede vet, ikke data som godtgjør hvilke lagtykkelser som er nødvendige over myra forat de forskjellige vegdekkstyper skal kunne holde under trafikk av gitt størrelse.

For å søke å bringe dette på det rene ved å samle mest mulig praktiske erfaringer, ble der i rundskriv fra Vegdirektøren av 21. desember 1940 henstillet til samtlige vegkontorer i landet å innsende til veglaboratoriet tverrprofiler over myr, ledsaget av prøver av alle lag fra vegdekket og nedover, og av alle ønskelige opplysninger om trafikken størrelse, vegdekkets tilstand osv. På grunnlag av disse besvarelser vilde en også kunne gjøre seg opp en mening om hvilke lagtykkelser som vilde være nødvendige over torv når dette ble anvendt som isolasjon ved masseutskiftning.

Det er vel de unormale tider som får bære skylden for at de forønskede oppgaver ikke er innkommet i særlig stort antall, men en har da kunnet trekke visse slutninger, idet der bl. a. er innkommet profiler av vegdekke av asfalt og sementbetong.

På et sted besto vegdekke og fundament av følgende lag: Øverst et 2 cm asfaltdekke som hadde ligget i ca. 10 år. Det var utført som dobbelt overflatebehandling på impregnert bane og under anvendelse av grov stein. Dekket har ikke krevd annet vedlikehold enn ubetydelig lapping og hullene oppsto ikke før ca. 8—9 år etter at dekket ble lagt. For leggingen av dekket ble benyttet en grusspredervalse som fullt lastet oppgis å veie ca. 12 tonn. Under asfaltdekket lå et ca. 20 cm tykt grusdekke, så 25 cm med en blanding av grus og stein hvorav steinen utgjorde ca. 42 % i størrelsen 2"—5", og endelig at 30 cm tykt lag bestående av: sand ca. 45 %, støvsand (0,05 mm—0,005 mm), ca. 30 % og leir mindre enn 0,005 mm ca. 25 %. Tilsammen ble dette altså ca. 77 cm over myrlaget hvorav prøve var tatt i en tykkelse av ca. 40 cm. Det opplyses at myra på flere steder er flere meter dyp.

Dette profil synes å tyde på at en kan greie seg med et ca. 75 cm tykt lag mellom torven og et asfaltdekke. Ifølge det innsendte profil var avstanden til grunnvannstand ca. 115 cm.

På samme veg ca. 10 km derfra var asfaltdekket ca. 5 cm tykt og det ble rapportert å ha holdt seg bra. Det opplyses at der først ble lagt et dekke som det ovenfor beskrevne, men da det ble hullt året etter, ble der lagt et nytt dekke oppå, så tykkelsen tilsammen er blitt ca. 5 cm. Prøven som ble tatt godtgjorde følgende lag under asfaltdekket:

20 cm grus hvorav de underste 10 cm inneholdt ca. 40 % over 1" størrelse. Deretter var der et ca. 60 cm tykt lag som nærmest blir å betegne som muldjord og som inneholdt ca. 82 % mineraljord.

Under dette lag var et ca. 35 cm tykt lag med litt formuldet eller svak dynholdig torv hvori var trengt inn ca. 54 % mineraljord. Ennvidere var tatt en ca. 40 cm tykk prøve av temmelig dynnholdig torv. Ifølge profilet var avstanden til grunnvannstand ca. 90 cm. I begge disse tilfelle inneholdt grusen direkte under asfaltdekket fra ca. 15—ca. 25 % finnstoff under sikt nr. 200 med maskevidde = 0,074 mm og leirmørtelen, dvs. den

UTSKIFTINGSDYBDER.

for komb. torv og stein under asfalddekke.

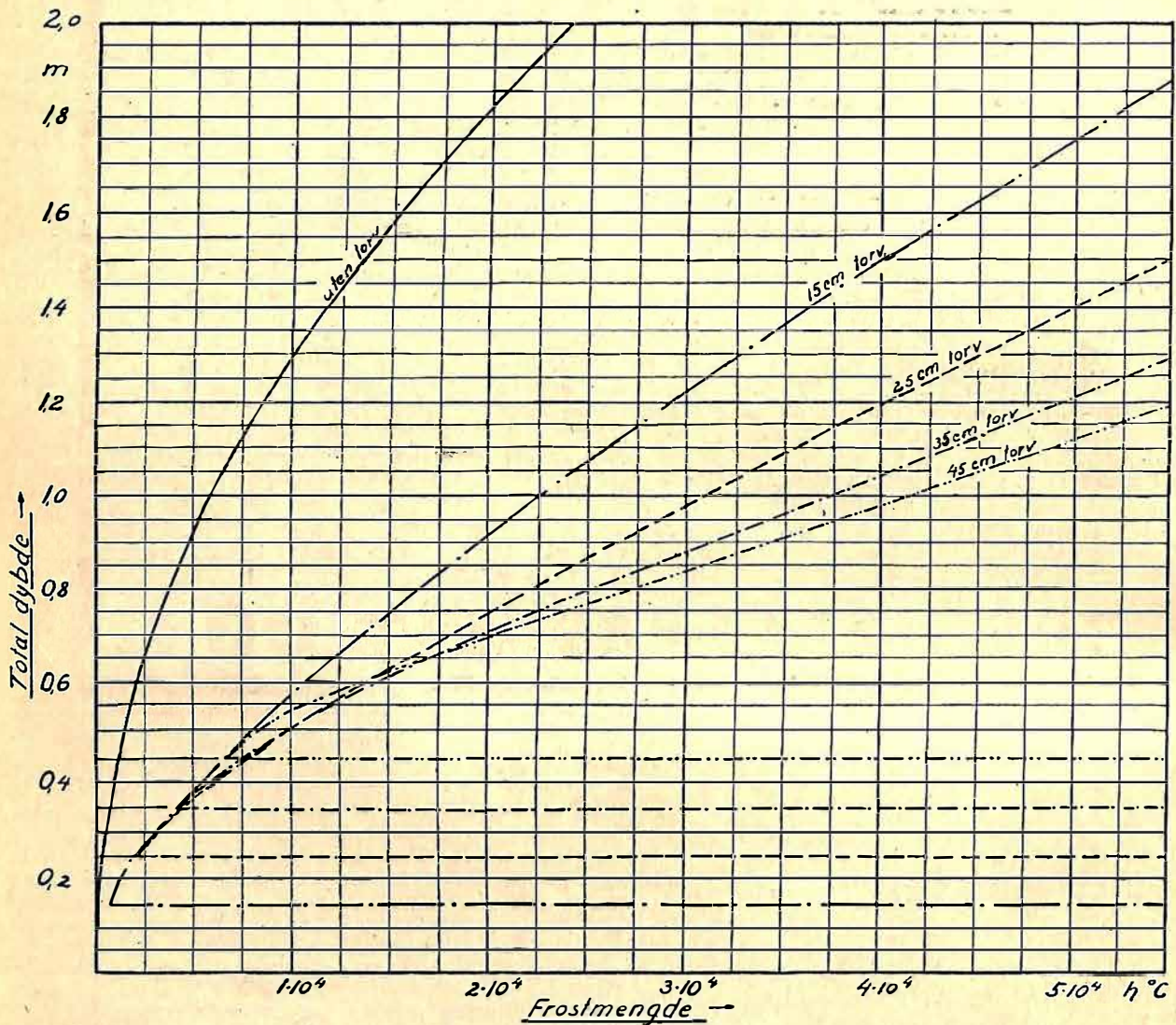
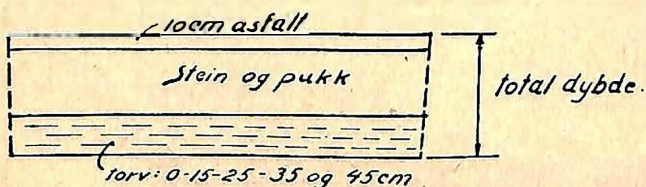


Fig. 2.

Tverrprofil



Fysikalske konstanter.

Materiale	Volumpst. $\sqrt{\text{m}^3}$	kcal/m^3	$\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}$
Torv	70	58.000	0,9
Stein og pukke	4	5.000	0,4
Asfalt	8	10.600	0,75

Veglaboratoriet, den 21-12-44

AK.

del av materialet som passerer sikt nr. 40 med maskevidde = 0,42 mm, hadde et plastisitetstall på opptil ca. 5,0. Denne kjennsgjerning må anses å være av meget stor interesse og vil sammen med andre prøver bli behandlet i en særskilt artikkel. Til sammenlikning kan opplyses at der fra et sted beliggende mellom de 2 nevnte steder ble sendt prøver på liknende måte og med

opplysning om at asfaltdekket som på dette sted var 4 cm tykt hadde holdt dårlig. Under asfaltdekket lå følgende lag:

Et 60 cm tykt grusdekke med finstoff, under sikt nr. 200 i en mengde av fra ca. 10%—ca. 16%.

Med dette finstoffinnhold blir massen telefarlig ved den høye grunnvannstand som ifølge profilet sto bare

UTSKIFTINGSDYBDER
for komb. torv og grus under asfaltdekke.

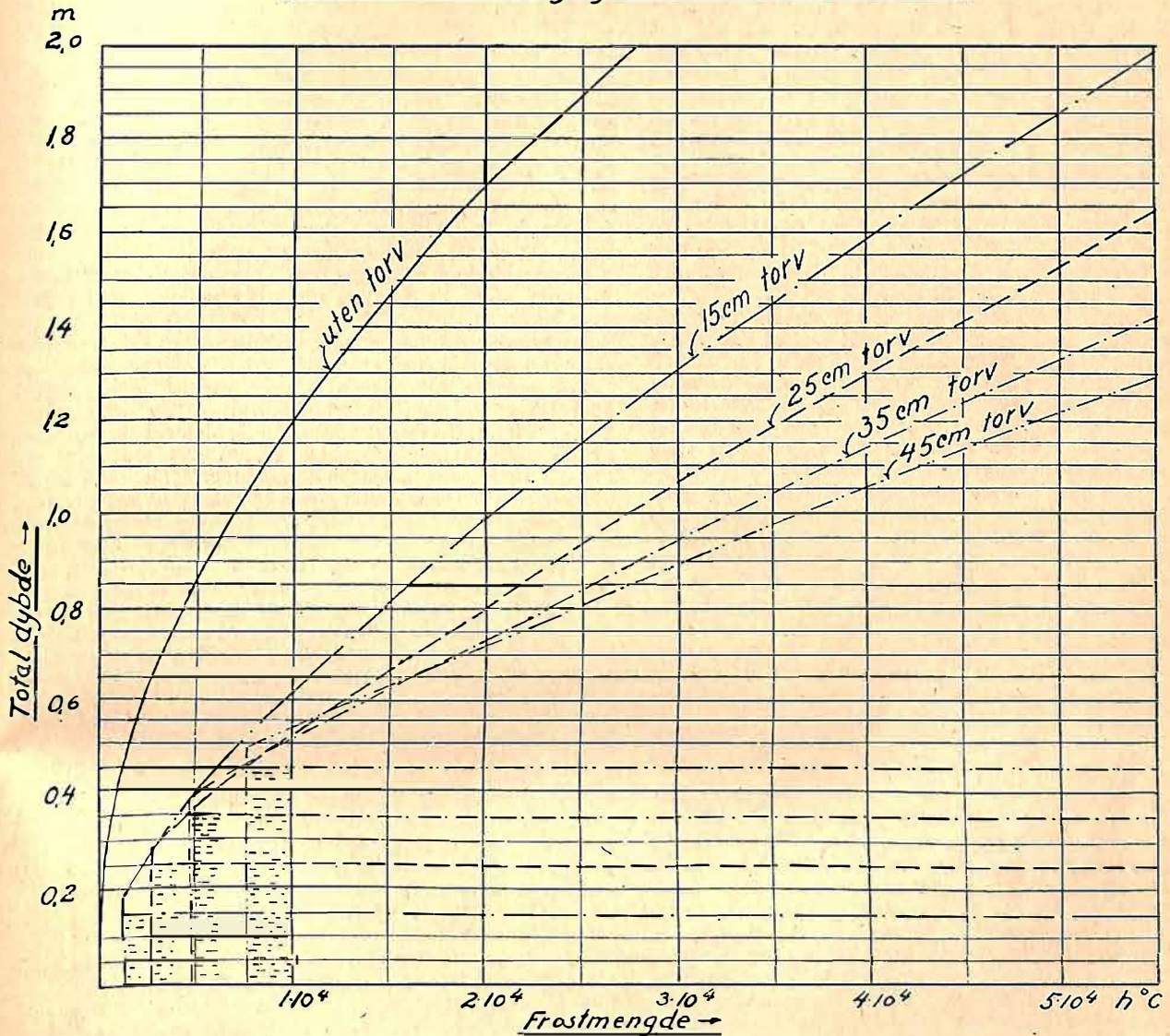
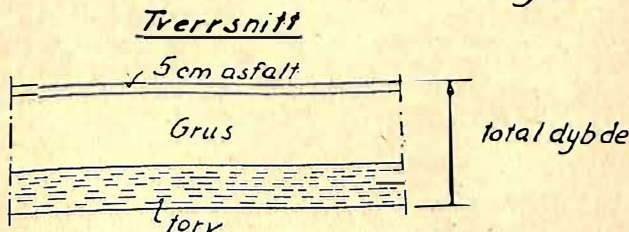


Fig. 3.



Fysikalske konstanter.

Materiale	vol. pst.	γ kcal/m ³	λ kcal/mh °C
torv	70	58.000	0,9
grus	7	7.000	0,5
asfalt	8	10.600	0,75

Veglaboratoriet i mars 1945.

AK

60 cm under vegbanen. Fra 60 cm—115 cm besto materialet av grus og sand med finstoff under sikt nr. 200, i en mengde av ca. 6 %.

Det ble opplyst at undergrunnen fra 115 cm dybde og nedover besto av kvabb. Vegen gikk delvis i myr og delvis gjennom mindre skjæringer. Det viste seg at i

skjæringene, hvor der altså ikke var myr, holdt vegen meget dårlig, mens den holdt godt overalt hvor der var myr. Det er for å vise dette at sistnevnte prøvested er omtalt. Den høyere grunnvannstatnd i skjæringene bidro også sitt.

I mangel av trafikkteiling er trafikens størrelse

skjønnsmessig anslått til ca. 300—400 biler daglig, hvorav ca. halvparten lastebiler.

Fra et annet fylke er innsendt tilsvarende prøver fra et sted hvor vegdekket består av et ca. 13 cm tykt, uarmert «Holter»-betongdekke. Da prøvene ble innsendt, hadde dekket ligget i nesten 9 år. På det ene sted lå betongdekket på et ca. 47 cm tykt grusdekke, idet avstanden fra betongdekkes overkant til overkant av myr var ca. 60 cm. Den første prøve av torven var fra et lag på ca. 80 cm tykkelse og gikk altså fra ca. 60 cm til ca. 140 cm under vegbanen. Vanninnholdet var ca. 75 gram vann pr. 100 gr våt torv. Neste torvprøve gikk fra 140 cm til 245 cm dybde og hadde et vanninnhold på ca. 83. gram vann pr. 100 gram våt torv. Det samlede torvlag hadde altså en tykkelse på ca. 185 cm. Under torvlaget hvis bunn lå i ca. 245 cms dybde var der fast leire. Avstanden til grunnvannstanden opplyses å være ca. 175 cm.

Betongdekket opplyses å ha sunket nokså jevnt, ca. 25 cm og har sprukket på sine steder. Det er enn videre blitt opplyst at sprekkeveier var tversgående, var maksimalt ca. 1 cm vide og at der ikke var flere av dem her enn på andre steder av samme veg hvor der ikke fantes myr under vegbanen. Enkelte av liknende betongdekker som er lagt seinere på andre steder i landet er uten sammenlikning blitt langt mer oppsprukket.

Dekket var den første prøve av Holterbetong som ble lagt i det fylket og så vidt vites var det det første året nevnte betongdekker ble utført i det hele tatt. Dekkets jevnhet var fra første stund langt fra den som kunde ønskes og slag, støt og rystelser fra trafikken må derfor antas å ha vært større enn for betongdekker vanlig.

På samme veg ca. 90 m lenger nord ble tatt prøver som viser et ca. 67 cm. tykt grusdekke under det samme betongdekket. Under dette var der først et ca. 80 cm tykt myrslag med lite formuldet torv og derpå et ca. 180 cm tykt lag med sterkt formuldet torv. Tilsammen blir dette et torvmyrslag på ca. 260 cm. Vanninnholdet var ca. 84—85 gram pr. 100 gram våt torv.

Grunnvannstanden opplystes å stå ca. 90 cm under vegbanen, dvs. ca. 10 cm under gruslaget.

Under torven, altså i en dybde av ca. 340 cm fantes bløt leire. Betongdekket på dette sted opplyses å være sunket ca. 10—15 cm, men det er ikke sprukket. Størrelsen av de angitte synkninger er dog ikke målt nøyaktig. De er angitt rent skjønsmessig, nå mange år etter at dekket ble lagt, og basert på vegens lengdeprofil. Dette anses dog tvilsomt for en sådan gammel veg over myr, hvor synkningen kan være av eldre dato.

Enn videre er fra et tredje fylke mottatt prøver fra en mindre trafikkert grusveg over en myr som ble betegnet som nokså bløt. Tykkelse av vegdekke og fundament over myra var ca. 45 cm, men der opplystes å ligge et lag med einer oppe på myra. Vegbanen har holdt godt om sommeren, men bryter sammen om høsten og i teleløsningen. Dette er naturlig da lagene over myra er telefarlige og grunnvannet fandtes ca. 50 cm under vegbanen.

Endelig skal nevnes noen prøver fra et fjerde fylke tatt fra et grusdekke over myr. Dette besto av et ca. 15 cm tykt grusdekke over et ca. 20 cm tykt finstilt steinlag, eller tilsammen ca. 35 cm over torvmyra som inneholdt ca. 80 gram vann pr. 100 gram våt torv. Grunnvannet ble den 7. oktober 1940, da prøvene ble tatt, funnet ca. 160 cm under vegbanen.

Der ble boret til ca. 200 cm under vegbanen og det så ut til å være ensartet masse. Der fandtes ikke fjell i nevnte dybde.

Vegen på dette sted ble betegnet som telefri, men hele vegbanen duvet når biler kjørte og der oppsto sprekker i ca. 2—5 cm dybde. Det er jo heller ikke annet å vente av et 35 cm dekke over denne dype myr.

For å kunne trekke definitive slutninger på grunnlag av prøver trenges flere serier sådanne. Jeg vil derfor

være den første til å erklære at de her mottatte prøver er altfor få til å kunne trekke nevnte slutninger, men selv om en ikke har de forønskede mengder prøver, har jeg dog funnet det ønskelig å ta med de ovenfor beskrevne da de menes å være av interesse for så vidt som de kan tjene som en pekepinn inntil prøver foreligger fra forønskede, systematisk iverksatte forsøksveger.

For å kunne planlegge forsøksveger hvor torvisolasjon skal anvendes, trenges en oversikt over materialer som det kan bli tale om å anvende og over de lagtykkelser som er nødvendige ved forskjellige frostmengder for å unngå telehiving. Når det gjelder sementbetongdekke, så er dette meget bæredyktig i seg selv. Det ligger nær å undersøke hvilke tykkelser som blir nødvendige for materiallaget mellom nevnte dekke og torvisolasjonen. På grunn av dette dekkes spesielle krav til ensartet undergrunn og fundament antas nevnte materiallag å burde bestå av relativt finkornet masse, eksempelvis grus og sand.

De bituminøse dekker som er blitt utført i den seinere tid har i overveiende grad hatt grus i underlaget.

For enkelte bituminøse dekker som f. eks. asfalt eller tjærepukk kan underlaget utgjøres av åpen pukk. Da et sådant pukklag har visse fordeler i forbindelse med underliggende torvisolasjon har det sin interesse også å undersøke disse kombinasjoner. Det kan dessuten tenkes å være steder hvor en må ta ut meget stein og hvor anskaffelse av pukk vil bli billigere enn grus. Da enn videre fuktighetsforholdene spiller en stor rolle, er det av interesse å undersøke hvordan en bør innrette seg med henblikk på grunnvannets høyde.

Da flere av disse spørsmål er av typisk geoteknisk art, er det blitt overlatt veglaboratoriets geotekniker, ingeniør Arne Kjos, å utarbeide profiler for masseinnskiftningsmaterialer basert på de fra Norges Tekniske Høgskole erholdte forsøksresultater. Hans første oppgave ble å finne ut de nærmere forhold ved betongdekke på elastisk underlag. De beregninger ingeniør Kjos har utført herom kommer som en egen artikkel av ham i forbindelse med denne artikkel. Her skal bare, for sammenhengens skyld, medtas masseinnskiftningsprofilene også for sementbetongdekket under varierende frostmengder. Beregningene synes å vise at et rimelig betongdekkes bæreevne er så stor at tykkelsen av laget mellom betongdekket og torven hva bæreevnen angår, nærmest er diktert av det som er nødvendig for den praktiske utførelse av arbeidet.

I fig. 4 er vist profiler for et 15 cm betongdekke med forskjellige tykkelser av masseinnskiftningslagene, avhengig av frostmengden. Under betongdekket forutsettes et ca. 2 cm tykt, løst sandlag og derpå ca. 10 cm stabil grus, dvs. grus som er så pass stabil at arbeidet med leggingen av dekket kan foregå og at vegbanen på fyllinger kan ligge under trafikk før dekket legges.

Profilene taler for seg selv og viser hvilke reduksjoner som kan oppnås for masseutskiftnings tykkelse ved at torv anvendes.

De fysiske konstanter som kurvene i disse og etterfølgende figurer er utregnet etter, er følgende:

Materiale	Vanninnhold i volumprosent	q Kcal/m ³	λ Kcal/m h °C
Betongdekke	11	11 200	1,1
Asfaltdekke	8	10 600	0,75
Stabil grus	15	14 300	1,0
Sandig grus	10	10 000	0,55
Grus	7	7 000	0,5
Stein og pukk	4	5 000	0,4
Torv	70	58 000	0,9
Torv	80	66 500	1,1
Grus (våt)	40	34 000	2,2
Leire	40	34 300	1,3
Vatn	100	83 000	2,0 (is)
Snø, relativt løs (fig. 1)			0,1
Snø, noe tettere (fig. 8)			0,2

UTSKIFTINGSDYBDER for komb. torv og grus under betongdekke

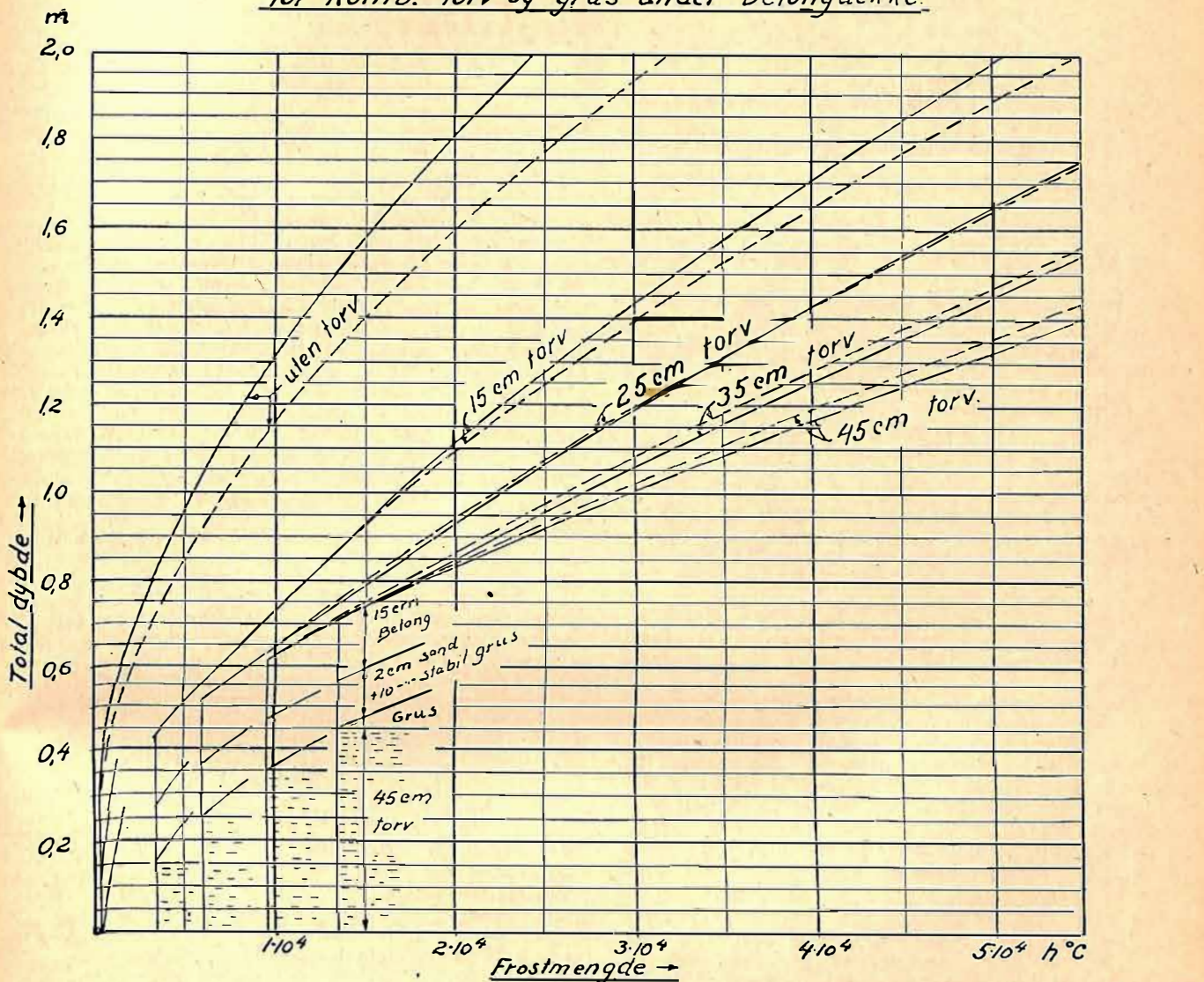
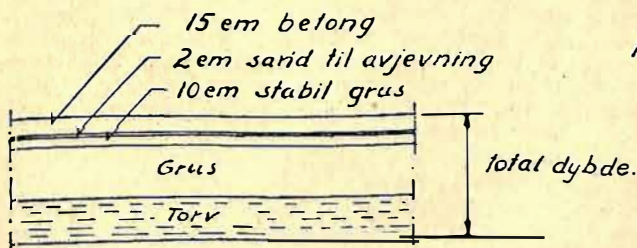


Fig. 4.



TVERRSNITT.

Fysikalske konstanter.

Materiale	vol. pst.	kcal/m ³	kcal/m-h °C
Torv	70	58.000	0,9
Grus	7	7.000	0,5
Sandig grus	10	10.000	0,55
Stabil ---	15	14.300	1,0
Betong	11	11.200	1,1

Veglaboratoriet i mars 1945

AK.

De fysikalske konstanter er hentet fra Norges Tekniske Høgskoles publikasjoner i dette blads nr. 6 for 1938 og nr. 6, 7, 8 og 9 for 1941 eller S. T. nr. 473 og 623 eller også er de utledet av disse etter skjønnsmessig vurdering. Ifølge samme litteratur er telemotstanden i et lag i en vilkårlig dybde under andre materiallag:

$$\Omega_n = q_n \frac{d_n^2}{2} \left[\frac{1}{\lambda_n} + \frac{2}{d_n} \left(\frac{1}{\alpha} + \sum \frac{d_0}{\lambda_0} \right) \right] h^{\circ}C$$

I beregningene er dog sett bort fra varmeovergangsmotstanden mellom luft og overflate, dvs. $\frac{1}{\alpha} = 0$.

Likningen får da følgende form:

$$\Omega_n = \frac{q_n}{\lambda_n} \cdot \frac{d_n^2}{2} + q_n \cdot d_n \cdot \sum \frac{d_0}{\lambda_0}$$

Her er

d_n = omhandlede lags tykkelse i m.

q_n = materialets kuldemagasinierende evne i k.cal/m³.

λ_n = materialets varmeledningstall i k.cal/m·h°C.

$\sum \frac{d_0}{\lambda_0}$ = varmegjennomgangsmotstand i de overliggende lag tilsammen i m²h°C/k.cal.

Der er ikke regnet med noe snø eller islag på vegbanen.

α = varmeovergangstall mellom overflate og luft i k.cal/m²h°C. Som nevnt er der dog sett bort herfra.

Det ligger i sakens natur at de angitte fysiske konstanter bare kan betraktes som tilnærmede og en har tilstrebet å benytte sådanne størrelser at en mener å være på den sikre side uten å overdrive.

I fig. 3 er vist tilsvarende profiler for et ca. 5 cm tykt bituminøst dekke over grus med underliggende torvlag.

Ved å sammenlikne kurvene i de forskjellige figurer kan en få et inntrykk av hvilke materialer og kombinasjoner av disse som gir de minste frostdybder. Hva fuktighetsforholdene angår, skal dog bemerkes at disse kan komme til å variere således at fuktigheten i sand og grus på mange steder kan bli en annen enn den en har regnet med.

I fig. 2 er vist liknende profiler for et 10 cm asfalt-pukkdekke hvilende på pukk og stein og med torvisolasjon.

Det skal her atter så sterkt som mulig pointeres at de opptegnede profiler skal tjene som en foreløpig rettleiding for å vise hvilke tykkelser som anses tilstrekkelige for de forskjellige innskiftingsmasser under de angitte frostmengder. Hvilke minimumstykkelser som er nødvendige for lagene over torven for i det hele tatt å få arbeidet utført og for at dekkene skal holde, må en snarest mulig søke å få bragt på det rene ved forsøk. De refererte praktiske erfaringer gir et lite holdepunkt.

Det er ovenfor nevnt at det ved masseinnskifting er heldig å anvende en kombinasjon bestående av tørre materialer med liten varmeledningsevne øverst og våte materialer med stor kuldemagasinierende evne underst. Om en har et lag med tørre materialer øverst så er det derfor heldig at den underliggende torv er våtest mulig. En vil spesielt feste oppmerksomheten ved forutsetningen om de tørre materialer øverst. Det gjelder således ikke om en har bare torv alene.

I fig. 1 er således vist at frostdybder i torv med 70 % vann er litt mindre enn i en med 80 % og at frostdybden er meget vesentlig mindre når der ligger over torven et 20 cm lag med noenlunde tørr snø.

Det ligger nær å se litt nærmere på hvordan de nettopp nevnte forhold vedrørende tørre og våte materialer virker på grunnvannstandens betydning for frostens nedtrengning og dermed på tykkelsen av de innskiftede masser.

Som kjent har forutsetningen vært at der som sådanne anvendes ikke-telefarlige materialer. Det vil innebære at vann som eventuelt fryser innen disse lag ikke medfører teleskader. Om en f. eks. har et tykt gruslag og vannet står et stykke opp i dette og fryser så skulde dette ikke medføre noen fare for gruslagets stabilitet. Ifølge foreliggende litteratur vil grov sand ned til en kornstørrelse på 0,6 mm bevare sin bæreevne selv om den står under vann. Den skade det vilde medføre ville eventuelt ligge i den løftning som ville finne sted grunnet vannets overgang til is, men denne er ifølge foreliggende

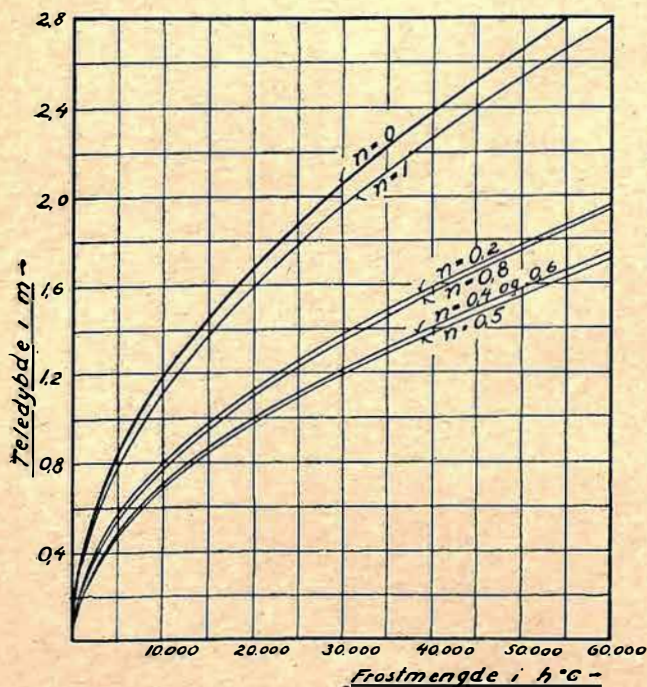
litteratur minimal. Det vil i hvert enkelt tilfelle være avhengig av hvorvidt og eventuelt i hvilken grad det frosne vegdekke og undergrunnen vil virke som et lukket system. Så vidt forstås synes den alminnelige oppfatning å være at det ikke vil virke som et lukket system, og følgen derav vil være at liten eller ingen løftning vil finne sted, i hvert fall ikke for en sand med lite under sikt nr. 40 med maskevidde = 0,42 mm. På den annen side melder spørsmålet seg om vannet kan være til noen nytte. Dette spørsmål menes å ha flere sider, så det synes som om det ikke uten videre kan oversees.

I de, i årenes løp til Vegdirektoratet innkomne vegplaner er utgiften til dypdrenering oppført med til dels betydelige beløp, så vidt erindres helt opp til ca. kr. 13,— pr. l. m veg, før krigen. Dette beløp er vei ikke alminnelig, men selv om det er atskillig lavere, så melder dog spørsmålet seg om det er vel anvendte penger. Erfaring synes å vise at selv om dypdrenering kan være meget nyttig, så er den dog i våre alminnelige forekommende jordsmonn ikke alene tilstrekkelig til å forebygge telesår, langt mindre tele-hiving. Hertil kommer at drengrofter, slik som de ofte har vært utført, langt fra kan ansees som varige foranstaltninger. Så vidt vites har eksempelvis Norges Statsbaner funnet det nødvendig å anvende rensekummer med forholdsvis liten innbyrdes avstand. Hvis drengrofter skal utføres så omhyggelig som det av utenlandsk litteratur ses foreskrevet, vil de lett bli meget kostbare.

Dypdrenering blir særlig kostbar på flat mark med dårlige avløpsmuligheter. For å få tilstrekkelig fall på drengledningen må en til dels grave meget dypt og til dels lange avløpskanaler utover fra veglegemet. Det er særlig i slike tilfelle at spørsmålet melder seg om en ikke mest hensiktsmessig kan anordne seg slik at dreneringen kan sløyfes.

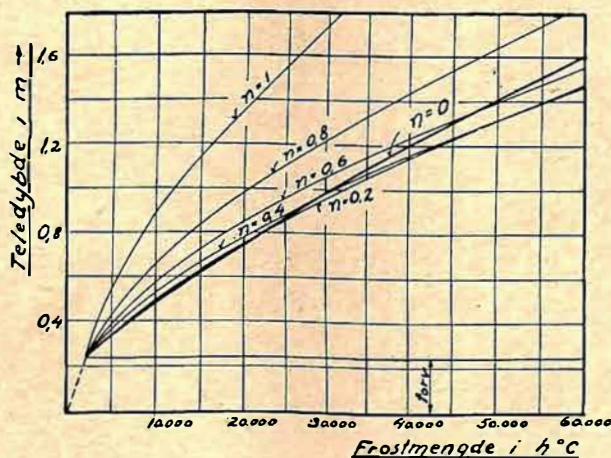
På lange, flate strekninger er planums høyde oftest uavhengig av det tilstøtende terreng. De innskiftede masser kan derfor, hva den side av saken angår, anbringes som en måtte ønske det, enten som fylling over bakken eller i utgravd traug. Avgjørelsen av dette spørsmål kan kanskje dikteres av hvilken fuktighet en ønsker i de innskiftede masser. Faren for fonndannelse er en sak for seg. For å se hvordan det arter seg med kuldens nedtrengning under forskjellig grunnvannstandshøyde innen de innskiftede masser er utarbeidet de kurver som er vist i fig. 5, 6 og 7. Ordet grunnvannstand vil i det følgende ofte bli anvendt av bekvemhetshensyn. I virkeligheten siktes der til den høyde hvor kapillariteten holder grusen vannmettet (undre kapillargrense). Noen skarp markert grense kan der ikke regnes med. For grovere grus og sand vil den kapillare stighøyde være ubetydelig. Men det kan også inntre de tilfelle hvor det dreier seg om finere sand. Der forutsettes innsendt prøver til veglaboratoriet og at der tas observasjoner med hensyn til grunnvannstandens høyde på den tid av året da det er aktuelt. Dette ansees nødvendig også av den grunn at det er nødvendig å klarlegge hvorvidt sandens bæreevne vil bli nevneverdig nedsatt. Da det ansæes ønskelig å få noen holdepunkter med h. t. fuktighetsgraden i sand og grus som kan bli anvendt for masseinnskifting er der i denne forbindelse blitt utført en del undersøkelser ved veglaboratoriet. Uten å gå i detaljer skal her bare opplyses at resultatene synes å tyde på at en er på den sikre side når en regner med den fuktighetsgrad som er benyttet ved oppteignelsen av kurvene i denne artikkel, dvs. de kurver som omhandler bruk av tørr sand og grus over et underliggende lag med stort vanninnhold. De hittil foretatte undersøkelser er for få til å kunne angi snevre tall for fuktighetsgraden så meget mer som flere forskjellige faktorer vil spille inn ute i marken, men det synes å være grunn til å publisere resultatene. Imidlertid må disse beskrives så detaljert at det anses heldigst å omhandle dem i en artikkel for seg, dog som

Grunnvannels innflydelse på teledybden.



1. For grus alene.
Kurvene angir forskjellige forhold mellom grunnvannets høyde i grusen og grushøyden. Forholdet = n .

Fig. 5.



2. For grus over 25 cm torv.

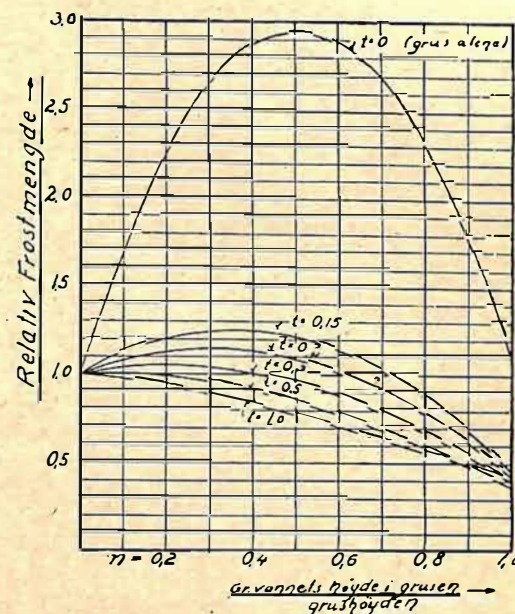
$$n = \frac{\text{grunnvannets høyde i grusen}}{\text{grushøyden}}$$

Fig. 6.

Kurvene gjelder for en grus med kapillaritet = 0

Brukte fysiske konstanter:

Materiale	ν volumpst.	λ kcal/m ²	α kcal/m ² h ² °C
Grus over grvann	7	7000	0,5
--- under ---	40	34000	2,2
Torv	80	66500	1,1



3. Frostmengder som kan oppfås ved varierende høyde av grvannet (n), for forskjellige forhold (i) mellom torv- og grustagets tykkelse.

Fig 7

Veglaboratoriet, den 19/1-45

AK.

en del av denne artikkelserie. Da det er ingeniør Kjos som har skrevet rapporten om undersøkelsene, kommer denne som en artikkel under hans navn. Det blir den fjerde artikkel i denne serie.

I fig. 5 er regnet med grus alene. Bokstavet «n» angir grunnvannets høyde i grusen. Når grunnvannet står i underkant av gruslaget, blir $n = 0$ og når det står i overkant, blir $n = 1$. Av fig. 5 framgår det at for begge disse tilfelle blir teledybden størst, og den er noe større for $n = 0$ enn for $n = 1$. Minst teledybde fåes når $n = 0,5$, dvs. når grunnvannet går opp i halve gruslagets tykkelse. Eksemplet kan også tas som en illustrasjon på den heldige kombinasjon av tørre materialer øverst og våte underst.

Der skal nevnes et eksempel på kurvens anvendelse. Fra et projektert veganlegg er hertil innsendt prøver som viser at der langs en del av linjen øverst ligger et lag av sandig grus som ikke er telefarlig. La oss si at planumslinjen går således at det blir igjen ca. 150 cm av gruslaget før en støter på det telefarlige jordsmonn som ligger under. Hvis grunnvannstanden ligger så lavt at den ikke når opp i gruslaget, vil teledybden på nevnte sted hvor der er en frostmengde på ca. 45 000 h°C, gå gjennom grusen og langt ned i de telefarlige masser og en vil kunne få ujevn hiving. Hvis derimot grunnvannet går ca. halvvegs opp i grusen, vil frosten ikke passere denne, og en vil heller ikke risikere telehiving. Det synes å være innlysende at disse forhold som en hittil vel har vært ukjent med, bør veie meget ved fastleggelsen av planumshøyden, bestemmelse angående dreneringsarbeider etc.

Der skal nevnes et annet eksempel. Vi kan tenke oss at vi er på et sted med en frostmengde på ca. 20 000 h°C. Hvis der som innskiftningsmasse skulle anvendes bare grus og grunnvannet sto under dette gruslag, ville der trenges en tykkelse på ca. 170 cm. Hvis grunnvannet derimot går ca. 40 til ca. 60 cm opp i grusen, vil et gruslag på ca. 100 cm være tilstrekkelig osv. Under disse betraktninger er det en selvfølge at en sikrer seg en helt minimal kapillar stighøyde i de øverste ca. 40 cm grus. Det her nevnte eksempel kan tenkes å bli aktuelt på flate strekninger med sådanne vannavløpsforhold at grunnvannstanden blir noenlunde nær den samme fra år til annet på den relativt begrensede tid av året da telefronten når grunnvannet samt i den umiddelbart derpå følgende tid. Særlig vil eksemplet kanskje bli av interesse i forbindelse med anvendelse av betongvegdekke over sådanne strekninger som nevnt, idet dette dekke kanskje bedre enn andre slags dekker ville motstå ulempene ved en unormal høy vannstand som måtte kunne inntreffe ved usedvanlig nedbør på andre tider av året. For øvrig skal her generelt bemerkes at når grus-sand-laget blir så meget som ca. 1 m tykt vil der vel som oftest istedet bli anvendt torv under og et redusert grus-sand-lag over. Dog kan det stille seg anderledes på steder hvor torvmaterialer blir kostbare mens sand og grus er billig. Det kan jo også være at jordsmonnet på forhånd består av ca. 1 m tykt sand-grus-lag over telefarlig grunn. Hvis tykkelsen av dette sand-grus-lag varierer fra ca. 1 m og derover, vil en kunne unngå besværlige telehivninger hvis en nyttiggjør seg vannet på den måte som er nevnt i eksemplet.

Disse eksempler er omhandlet for å vekke øket interesse for denne side av vegbyggingen, for å vise hvor mange variasjoner en kan treffe på og hvor viktig det er at grunnforholdene nøye studeres således at en kan komme til de heldigste teknisk-økonomiske løsninger.

I fig. 6 er tegnet opp liknende kurver som i fig. 5, men her er forutsatt et 25 cm tykt torvlag under grusen. Under denne antagelse ses at det gunstigste tilfelle er avhengig av den opptredende frostmengde. For en frostmengde av inntil ca. 23 000 h°C blir det omtrent det samme om vannet står akkurat opp til grusen eller ca. 20 % opp i denne. Ved større frostmengder vil den minste teledybde beholdes når vannet står 20—40 % opp

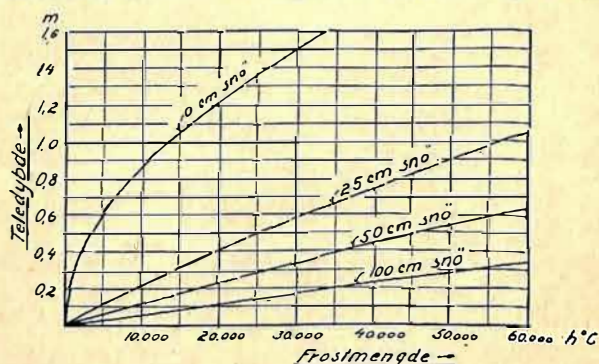
i grusen. De kurvene som er tegnet opp i fig. 5 og 6 er uttatt som eksempler fra de generelle kurver som er opptegnet i fig. 7, idet denne illustrerer de frostmengder som kan opptas ved varierende høyde av grunnvannet (n) for forskjellige forhold (t) mellom torv- og gruslagets tykkelse.

« n », dvs. forholdet mellom grunnvannets høyde i grusen og grushøyden er avsatt langs absissen og den relative frostmengde langs ordinaten. Når torv- og gruslagets tykkelse er like store, vil disse lag tilsammen oppta den største frostmengde når $n = 0$, dvs. når vannet akkurat står i overkant av torvlaget, således som framholdt under omtale av fig. 6.

Når torvlagets tykkelse er ca. 30 % av gruslagets, vil den største frostmengde opptas når vannet står ca. 20 % opp i gruslagets høyde. Når $t = 0$, dvs. at en har bare grus, vil den største frostmengde opptas når vannet når halvvegs opp i grusen således som omtalt i forbindelse med fig. 5.

Det her framholdte kan kanskje betegnes som å sette saken på spissen, idet det synes å bryte med det tilvante selv om en nå har lært at en til en viss grad bør benytte seg av våte materialer. På den annen side anses det ønskelig at disse spørsmål blir behandlet således at en hverken foretar unyttig drenering eller går til ytterligheter i motsatt retning. Det skal her straks bemerkes at en ikke kan trekke opp en linje og si at her skal grunnvannstanden stå og så beregne masseinnskiftningslagenes tykkelse på basis herav. Så enkelt er det jo ikke. Grunnvannstandens nivå vil være gjenstand for variasjoner like så vel som f. eks. frostmengden eller selve den måte hvorpå frosten går ned. En må derfor foreta sin beregning på en ugunstigere forutsetning, nemlig at grusen er tørr i en noe større dybde enn det som ifølge det ovenfor framholdte skulle være ønskelig på den tid vannet i grusen fryser.

Ved utførelse av masseutskiftningsarbeider må en sikre seg mot at eventuell løftning på sidene virker skadelig på vegbanen. Særlig store frostmengder vil vel sedvanligvis være ledsaget av snø. I fig. 8 er vist



Teledybde i leire under snø.

Fig. 8.

Fysikalske konstanter:

Leire: $v = 40\%$ $q = 34300 \text{ kcal/m}^3$ $\lambda = 1.3 \text{ kcal/m h}^\circ\text{C}$
 Fast snø: $(\rho = 300 \text{ kg/m}^3)$ $\lambda = 0.2 \text{ -- --}$

hvorledes snøen reduserer teledybden. Den øverste kurve viser teledybden for bar mark i leire. Ved 20 000 h°C reduserer allerede 25 cm snø teledybden med 80 cm fra ca. 120 cm ned til ca. 40 cm. Det er her regnet med en middels fast snø.

I fig. 1 er opptegnet en del kurver som kan være av almen interesse og viser frostdybden i forskjellige undergrunn. De øverste kurver viser frostdybden for stein og pukk, grus og sandig grus med vanninnhold på respektive 4, 7 og 10 volumprosent, når disse materialer anvendes alene. I dette tilfelle ligger sandig grus best an. Av fig. 2 og 3 har, med de nevnte reservasjoner, tidligere framgått, at når disse materialer kombineres med f. eks.

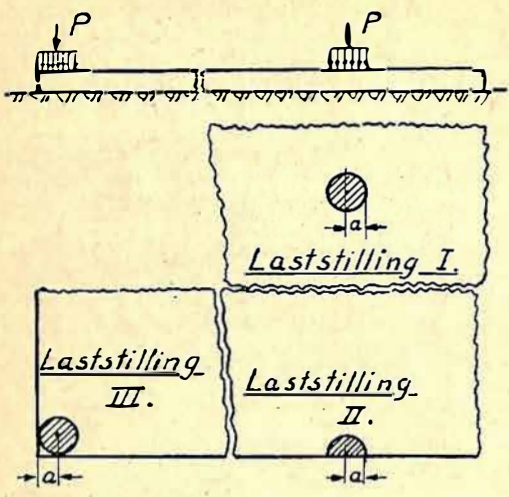


Fig. 1. Belastningstillfellene etter Westergaard.

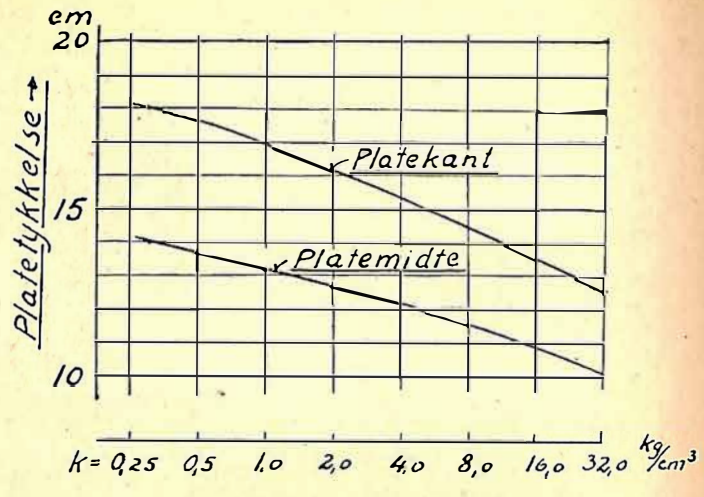


Fig. 3. Nödvendig platetykkelse ved forskjellig synkningsmodul. når δ_p fra $P=3^t$ er 25 kg/cm^2 . $E=250000 \text{ kg/cm}^2$.

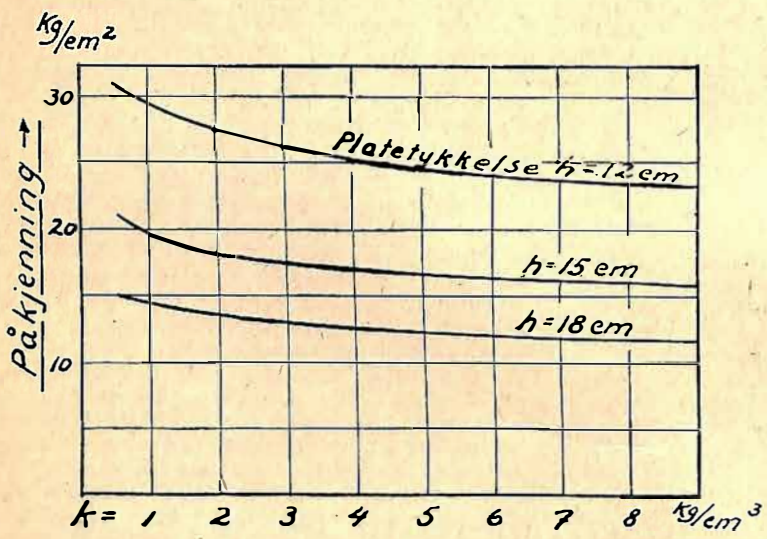


Fig. 2. Synkningsmodulens virkning på δ_p fra $P=3^t$ stående langt fra platekant, ved ulik platetykkelse. $E=250.000 \text{ kg/cm}^2$.

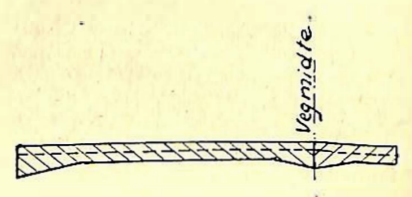


Fig. 4. Tverrsnitt av dekke.

Skisser til:

"Betongdekker på elastisk undergrunn."

Veglaboratoriet,
mars-45.
AK.

II. Ved platekant: $\sigma_p = 0,572 \frac{P}{h^2} \lg \left(\frac{0,194 E \cdot h^3}{k \cdot b^4} \right) \text{ kg/cm}^2$

og nedbøyning: $Z_p = 0,433 \frac{P}{k \cdot l^2} \text{ cm}$

Her er: $l = \sqrt[4]{\frac{E \cdot h^3}{12(1-\mu^2)k}} \text{ cm}$

- E = betongens elastisitetsmodul
- h = platetykkelse
- μ = Poissons konstant (ca. 0,15)
- P = Lastens størrelse
- $b = \sqrt{1,6 \cdot a^2 + h^2} - 0,675 h$ for $a < 1,724 h$
- $b = a$ „ $a > 1,724 h$
- a = lastradien (cm)

b er en variabel som Westergaard har ført inn, og som inneholder en korreksjon for at den vanlige plateteorien ikke gjelder under og nær ved en konsentrert last.

Tabell 1. Bøyningsspenninger og kantnedbøyninger fra 3 tonns last ved $a = 12$ em's lastradius.

	Synkn.modul k i kg/cm^2	0,5			1,0			4,0			8,0		
	Platetykkelse h i cm	12	15	18	12	15	18	12	15	18	12	15	18
Bøyningsspenning σ_p , i kg/cm^2													
I. Last langt fra platekant	$E = 150\ 000$	29,8	20,2	14,7	27,8	19,0	13,9	23,8	16,4	12,1	21,8	15,2	12,2
	$E = 250\ 000$	31,2	21,2	15,4	29,2	19,9	14,5	25,3	17,3	12,8	23,3	16,1	11,9
	$E = 400\ 000$	32,6	22,0	16,0	30,6	20,7	15,1	26,7	18,2	13,4	24,6	16,9	12,5
II. Last ved plate- kant	$E = 250\ 000$	48,0	32,9	24,1	44,4	30,7	22,5	37,2	26,0	19,3	33,6	23,7	17,7
Nedbøyning ved platekant i mm:													
II.	$E = 250\ 000$	3,02	2,16	1,65	2,14	1,53	1,17	1,07	0,77	0,58	0,76	0,54	0,41

For hjørnelast blir spenningene for vanlige verdier av a , noe mindre enn for kantlast.

I tabell I er utregnet opprettede spenninger under 3 tonns last fordelt på en sirkelflate på $450\ \text{cm}^2$, som altså svarer til et indre lufttrykk i bilringen på $6,7\ \text{kg/cm}^2$. Det sees hvor lite σ_p varierer både med synkningsmodulens og med betongens elastisitetens størrelse.

Variasjonen av σ_p med synkningsmodulen er vist grafisk fig. 2. Som det går fram øker spenningene relativt lite selv om k avtar til svært små verdier.

Et hjultrykk på 3 tonn er valgt som beregningsgrunnlag for våre vegger. Rett nok kommer hertil støtkrefter, som etter amerikanske undersøkelser går opp til 10 à 20 % av det statiske trykket, selv på jevne betongveger. Men på den andre siden gir en bevegelig last mindre påkjenninger enn en statisk, fordi platen ikke får tid å deformeres like mye, så dette kan gå opp i opp med støttillaget. (En må være merksam på at det senere kan bli aktuelt med større hjultrykk.

Til disse spenningene kommer så spenninger fra svinn og temperatur. Disse skal ikke behandles nærmere her, da de ikke vil gjøre seg gjeldene på annen måte ved torv-grus-isolasjon enn ellers.

Temperatur og svinnpåkjenningene kan bli temmelig store og for disse spiller betongens elastisitetens modul en stor rolle. Disse påkjenninger må man selvsagt ta i betraktning når en betongveg skal dimensjoneres.

Men da det er sjelden at maksimale svinn- og temperaturpåkjenninger opptrer samtidig med maksimale påkjenninger fra trafikken, kan en for summen av disse påkjenninger gå opp mot betongens bruddstyrke. For maksimale påkjenninger fra trafikken alene, som antas å kunne opptre nokså ofte, må man dimensjonere på betongens utmattingsstyrke (se ¹). Denne har vist seg ikke å være større enn ca halvparten av betongens bruddstyrke. Derfor vil som oftest påkjenningen fra trafikken alene, være avgjørende for dimensjoneringen.

Hvor stor utmattingsstyrken kan bli, kan antas slik. Oppnår en en bøyingsbruddstyrke på vel $40\ \text{kg/cm}^2$ etter 28 døgn, noe som ikke skulde være vanskelig, så øker denne etter en tid til ca. $50\ \text{kg/cm}^2$. Utmattingsfastheten vil da ligge på ca. $25\ \text{kg/cm}^2$.

I fig. 3 er opptegnet nødvendig platetykkelse avhengig av synkningsmodulen, for at spenningene fra 3 tonns last skal bli $25\ \text{kg/cm}^2$. Kurvene viser hvilken økning i tykkelsen

vi må gå til, om k reduseres sterkt. Merutlegget med denne økningen blir sannsynligvis lite i forhold til det en sparer i utskiftingsdybde ved å bruke torvlag under grusen.

Kurvene viser også hvor mye større tykkelser vi må ha ved platekant, for at et dekke skal være riktig dimensjonert. For $k = 1$, må dekket innpå platen ha tykkelsen 13 cm, mens det ved kantene må ha tykkelsen 17 cm. Et riktig dimensjonert dekke vil altså få et utseende som fig. 4 viser. Ved tverr- og midtfugene vil dyblene, henholdsvis forankringsstengene, dersom de er rett utført, overføre lasten fra den ene platen til den andre, slik at en så stor øking i platetykkelse som ved ytterkant ikke er nødvendig her. En del bør dog også tykkelsen her økes.

Som oftest har en belastningstilfelle som ligger mellom de beregnede I og II, med spenninger som ligger et sted mellom disse. En utforming av dekket som vist i fig. 4, gir et noenlunde jevnt sterkt dekke.

Dessuten vil vi ikke fa spenninger bare fra ett hjul, spenninger fra nabohjulene vil komme i tillegg, og disse vil spille en noe større rolle for fundament med liten k enn hvor k er større. Men da bilhjulene jo ikke står så svært tett, vil ikke tilleggsspenningene bli store.

Fundamentets synkningsmodul skulde således ikke spille noen vesentlig rolle for et betongdekkes bæreevne, og torv-grusisolasjon skulde for den saks skyld være fullt brukbar. Beregningene stemmer her med den praktiske erfaring vi har, og som er omtalt før. En annen ting er det at underlaget må være ensartet. Men dette skulde en anta at en kan oppnå ved de innskiftede materialer. Sannsynligvis må en bruke en ikke for grov grus over torven for å sikre dette best.

Ved disse beregninger er det gått ut fra at betongen alene skal klare påkjenningene. Selvsagt bør betongen ved elastisk undergrunn like så vel som ved fastere undergrunn armeres, for å sikre at platedelene virker sammen selv om en sprekk skulde oppstå.

Til slutt vil også jeg nevne at det ikke bare er betongdekkes bæreevne som bestemmer hvor ettergivende grunn en kan legge det på. Fundamentet må være så fast at arbeidet med leggingen av dekket kan foregå. Fundamentet må selv tåle belastning fra trafikk. Muligens blir dette avgjørende for hvor tykt torvlag en kan gå til ved en utskifting, og hvor tykt gruslag som er nødvendig over.

Disse spørsmål kan bare klarlegges gjennom prøver ved forsøksveger, likesom grunnlaget for de oppstilte spenningsberegninger bare kan kontrolleres gjennom slike forsøk.

FUKTIGHETSGRADEN I MASSEINNSKIFTINGSMATERIALER

Rapport fra laboratorieundersøkelsene av kapillære stighøyder og fordeling av vatninnhold i grus over torvisolasjon.

Av ingeniør Arne Kjos.

Formål:

Forsøket skal prøve å gi svar på hvilket vatninnhold vi må regne med i en innskiftingsmasse av grovere eller finere grus (sand), evt. kombinert med et lag torv.

Det skal forsøkes å klarlegge hvilken rolle grunnvassstanden spiller, og hvordan vatninnholdet i grusen avhenger av grusens finhet.

Materialer:

Det ble prøvd 3 forskjellige grusslag. Da vi bare hadde tynde rør til å foreta observasjonene i, ble det groveste av grusen, som ikke spiller noen rolle for oppsugingsevnen, fjernet. For å komme i overensstemmelse med siktekurvene for telefarlighetsundersøkelser, ble alt som ligger over sikt nr. 10 (maskevidde 2 mm) tatt bort. Hermed mener en at den kapillære stighøyde og vatninnholdskurvens form ikke forandres, men en får muligens et noe større vatninnhold enn om vi hadde beholdt det som ligger igjen på sikt nr. 10. Iflg. definisjon på sand og grus er altså den del av materialet som benyttes for undersøkelsen i virkeligheten bare sand.

Fig. 1 viser siktekurvene for de 3 brukte grusslag. Kurve I nærmer seg det telefarlige område. De strekede linjer er de som vanlig benyttes som skille mellom telefarlige og ikke telefarlige jordarter iflg. Dr. Gunnar Beskow. De morene jordarter hvis siktekurve ligger under den nederste av de strekede linjer ansees ikke under noen omstendighet å være telefarlige. De hvis siktekurve faller over den øverste ansees normalt å være telefarlige. II er noe grovere, men ikke/så grov som det en vanligvis vil bruke som innskiftingsmasse såfremt sådan er for hånden. Kurve III viser en grus som har lite finstoff, og som ansees egnet til innskifting. Hver grus blir prøvd for 3 forskjellige grunnvasshøyder: nivå a) oppe i grusen, b) på grensen mellom torv og grus og c) nede i torven. Den fineste grusen dessuten med grunnvassnivået d) under torvlaget (Fig. 2).

Forsøksanordning:

Grusen og torven has i tette glassrør. Rørene har en indre diameter på ca. 2,6 cm, er kuttet i lengder på 6 og 12 cm, og etterpå satt sammen med gummiringer som slutter tett om skjøtene. En får da et lett delbart system og kan lett måle vatninnholdet i forskjellige høyder.

For å oppnå tett pakking av grusen må den plasseres i rørene enten helt tørr eller helt våt. Etter noen forsøk valgte en å fylle rørene med helt våt grus, godt blandet, da dette ga den jevneste fordeling.

Rørene ble satt sammen oppover i lengder på 12 cm om gangen, og grusen tilført etter hvert, under stadig stikking med kniv. Rørene var på forhånd plassert i kar, hvor den ønskede grunnvass-stand ble innstilt (fig. 2).

Ved at massen ble tilført våt, fikk en kapillær likevekt ved at vatnet seg ned til kapillærhøyden. På denne måten innstiller likevekten seg på en brøkdel av den tid det vil ta om vatnet skal suges opp fra grunnvatnet av kapillærkraften. Resultatet skal bli det samme, forutsatt at det ikke ligger et kapillærbrytende lag i grusen. Kfr. Beskow: „Om Jordarternas Kapillaritet” s. 18(1).

Ved grusslagene II og III, hvor vatnet i grusen seg bort etterhvert som grusen fylltes i rørene, ble vatnet etterpå trukket opp igjen med vakuumpumpe, for å få luften fjernet. For den fineste grusen seg vatnet senere bort, og luftutsugingen falt bort.

En ønsket å måle vatninnholdet i volumprosent. Da det er adskillig sikrere å bestemme vektprosenten, ble hovedvekten lagt på denne. Dessuten ble volumet av glassrørene målt, og romvekten funnet. Ut fra den midlere romvekt ble så volumprosent vatn utregnet.

Torvstrøet ble løst opp, vøtet og stappet i rørene, temmelig fast pakket.

Ved alle forsøk bruktes utkøkt vatn.

Etter ifyllingen ble prøvene satt bort i 2 døgn før vatninnholdet ble målt. Værelsestemperaturen var ca. 19° C i kontortiden, og gikk ned til ca. 5° om natten. Øverst ble glassrørene forsynt med en papirkork for å hindre luft sirkulasjon og for sterk fordamping. Tørringen av grusen og torven for bestemmelse av vatninnholdet foregikk i varmeskap ved 110° C.

Kapillær stighøyde etter Beskow (se (1)) ble målt i Beskows apparat. Da det her var små stighøyder, ble kvikksølvet fjernet, og kokt vatn fyllt i stedet. Torvens kapillaritet ble målt, idet det ble brukt samme pakkingsmåte for torven her som ved vatnfordelingsobservasjonene.

Observasjoner:

Kapillær stighøyde i dr. Beskows apparat:

Grus I	$K_b = 62 \text{ cm}$
„ II	$K_b = 18 \text{ cm}$
„ III	$K_b = 14 \text{ cm}$

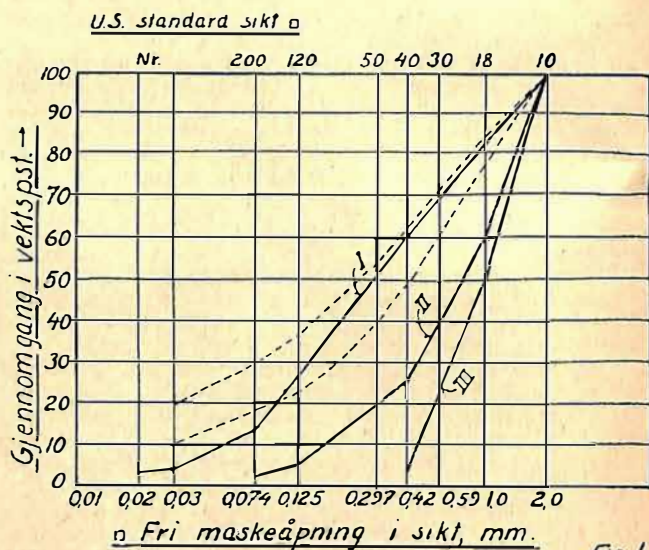


Fig. 1.

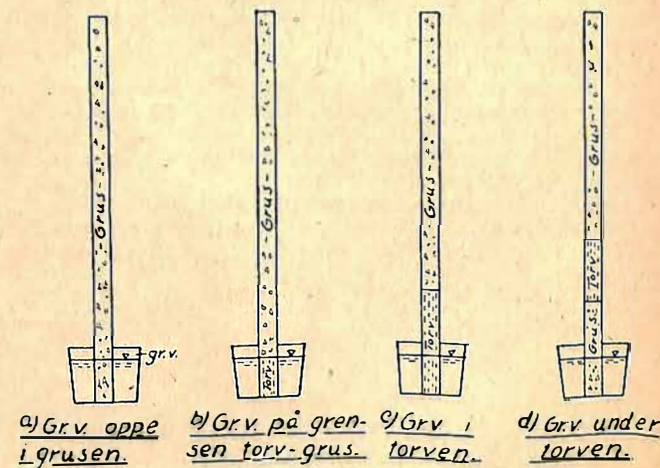


Fig. 2.

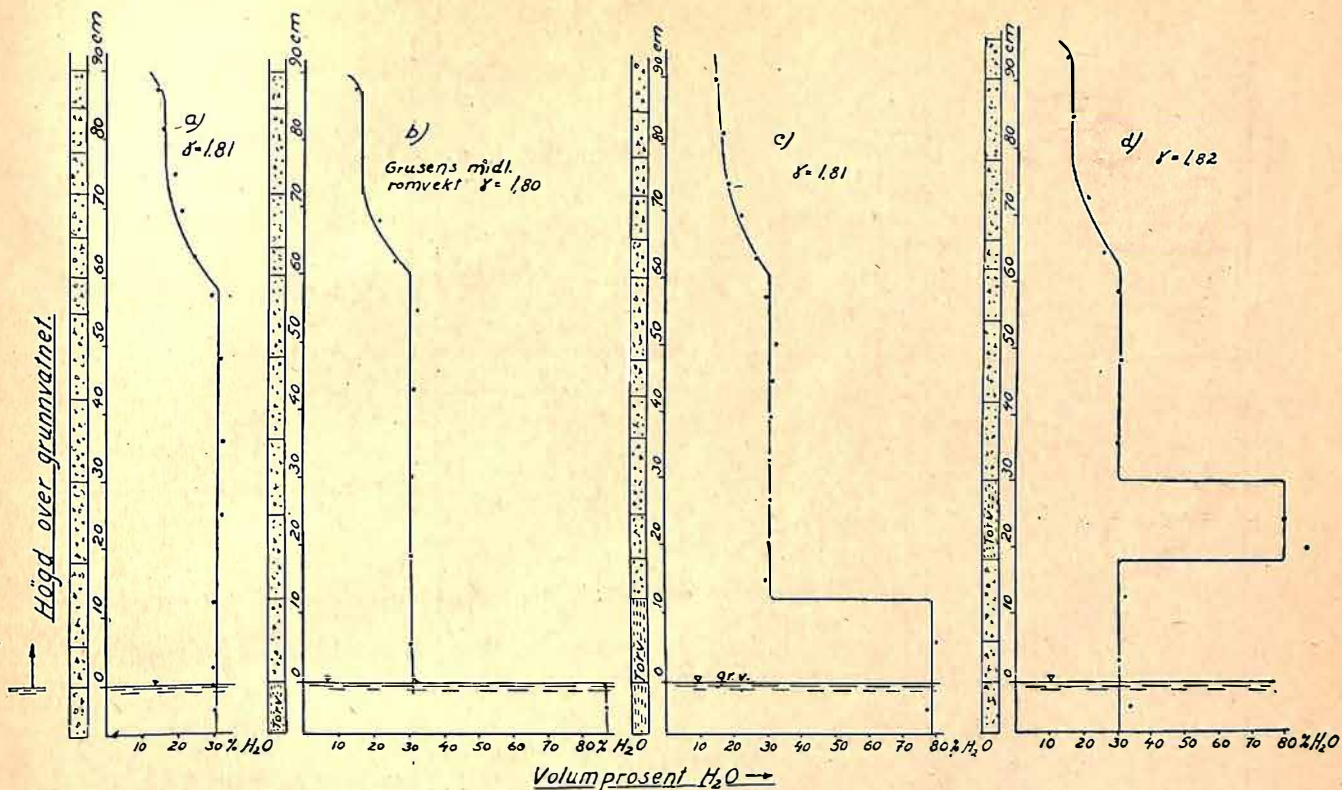


Fig. 4. Vassfordeling i grus I, Kapillaritet: $K_B = 62 \text{ cm}$
 Kapillærvann: ca. 30%

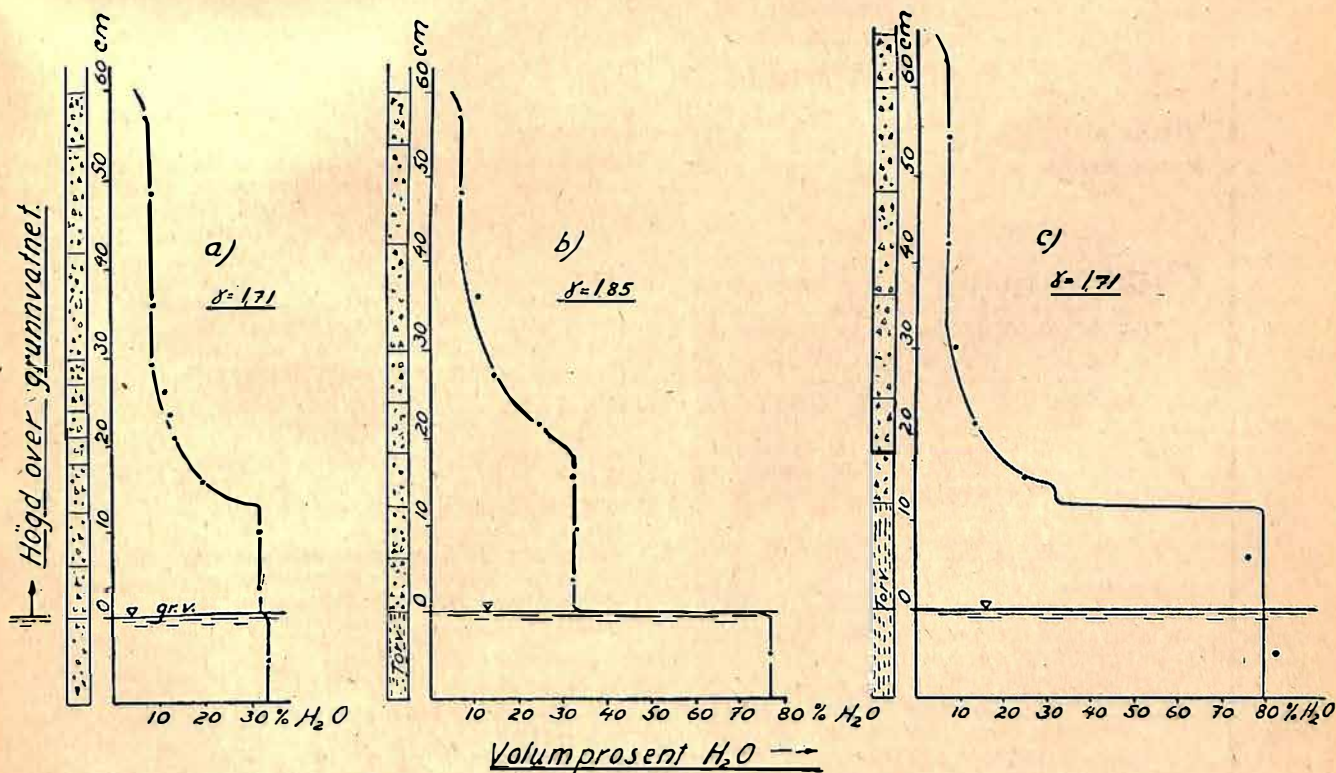


Fig. 5. Vassfordeling i grus II, med $K_B = 18 \text{ cm}$
 Kapillærvann $\approx 32\%$. Adsorbsjonsvann $\approx 7\%$.

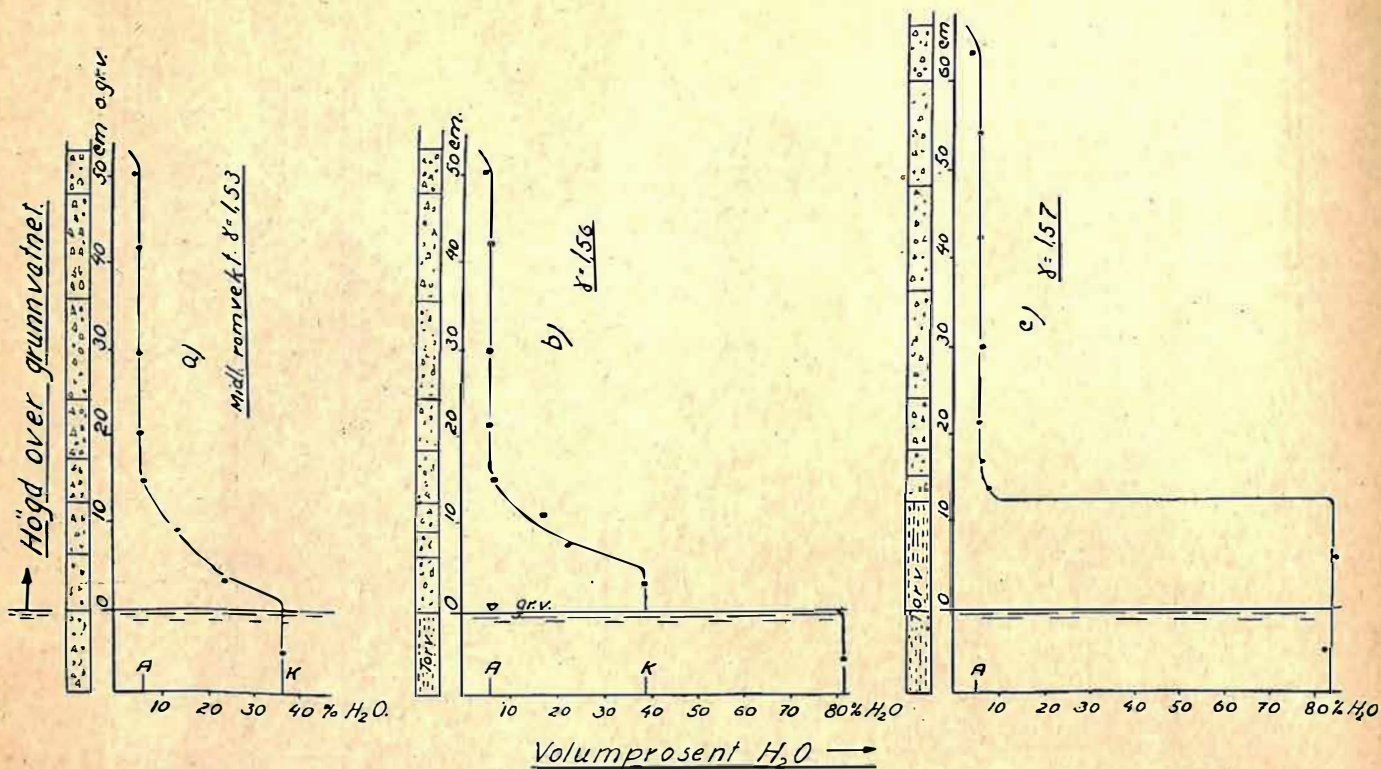


Fig. 6. Vassfordeling i grus III, med $K_a = 14$ cm.
 Kapillær vatn $\approx 38\%$. Adsorpsjonsvatn $\approx 5,5\%$

Torven fast stappet, med romvekt av tørrstoffet i den våte torven på ca. 0,15 holdt et undertrykk på 70 cm i ett døgn, men røk for en øking til 75 cm, på 5 min.

Løst pakket, med romvekt ca. 0,08 var kapillariteten mindre enn 20 cm.

Vassfordelingen: Observasjonsresultatene går fram av fig. 4, 5 og 6. Oppdelingen av glassrørene er inntegnet for å vise hva hvert punkt i kurvene betegner middelverdien for.

Diskusjon:

Grus I fig. 4: Kurvene viser at det ingen forskjell er i vatninnholdet hvor grusen står under grunnvatnet og hvor der er kapillærvatn. Vatninnholdet holder seg konstant på ca. 30 %, svarende til den tilsynelatende hulromsprosent. Hulromsprosenten er altså ikke særlig stor, da grusen er godt gradert. Romvekten er da også over 1,8.

Torvlaget ser ikke ut til å spille noen rolle for den kapillære stighøyde, da avstanden fra undre kapillære stigepunkt til grunnvatnet er omtrent den samme enten vatnet står over, i eller under torvlaget. Dette er da også rimelig, da det er overflatespenningen ved kapillærgrensen som holder vatnet oppe.

Kapillariteten målt i dr. Beskows apparat, og som svarer til undre kapillærgrense, stemmer svært bra.

Høyden av sandsøylene er dessverre for liten til at adsorpsjonsvatnet med sikkerhet kan bestemmes, da det er en mulighet for at overgangen mellom kapillærvatn og adsorpsjonsvatn ikke er ferdig før toppen av røret er nådd. Sannsynligvis er adsorpsjonsvatninnholdet ca. 15 %.

Grus II fig. 5: Heller ikke her er det noen forskjell på vatninnholdet i grusen under grunnvatnet og mellom grunnvatnet og undre kapillærgrense. Vatninnholdet er her ca. 32 %.

Undre kapillærgrense ligger for a på 12 cm, for b på 16 cm og for c greier grusen så vidt å holde vatnet over det 12 cm's torvlaget.

Kapillariteten etter Beskow på 18 cm er altså en del for stor.

Fra undre kapillærgrense til konstant adsorpsjonsvatninnhold på ca. 7 %, er det en jevn overgang på ca. 16 cm's lengde.

Torvlaget ser heller ikke her ut til å spille noen rolle for vassfordelingen i grusen.

Grus III fig. 6: Heller ikke her er det noen forskjell i vatninnholdet over og under grunnvatnet. Undre kapillærgrense ligger mellom 1 og 6 cm. Kapillaritetsmålingen etter Beskow som ga 14 cm stemmer som ventende ikke her, da kapillærkraften er så liten at tregheten i selve Beskows apparat vil gjøre seg gjeldende.

Kapillærvatnet er her på 38 %. Romvekten av grusen er under 1,6. Adsorpsjonsvatnet er ca. 5,5 %, og overgangen fra kapillærvatnet har ca. 12 cm's lengde.

Torvlaget spiller ingen rolle for vatnfordelingen.

Torven:

For torven varierte romvekten av tørrstoffet (våtstappet) fra 0,12 til 0,16, og vatninnholdet fra 72 % til 88 %. Torven var da fast sammenpresset og ble holdt sammen av friksjonen mot glassrøret.

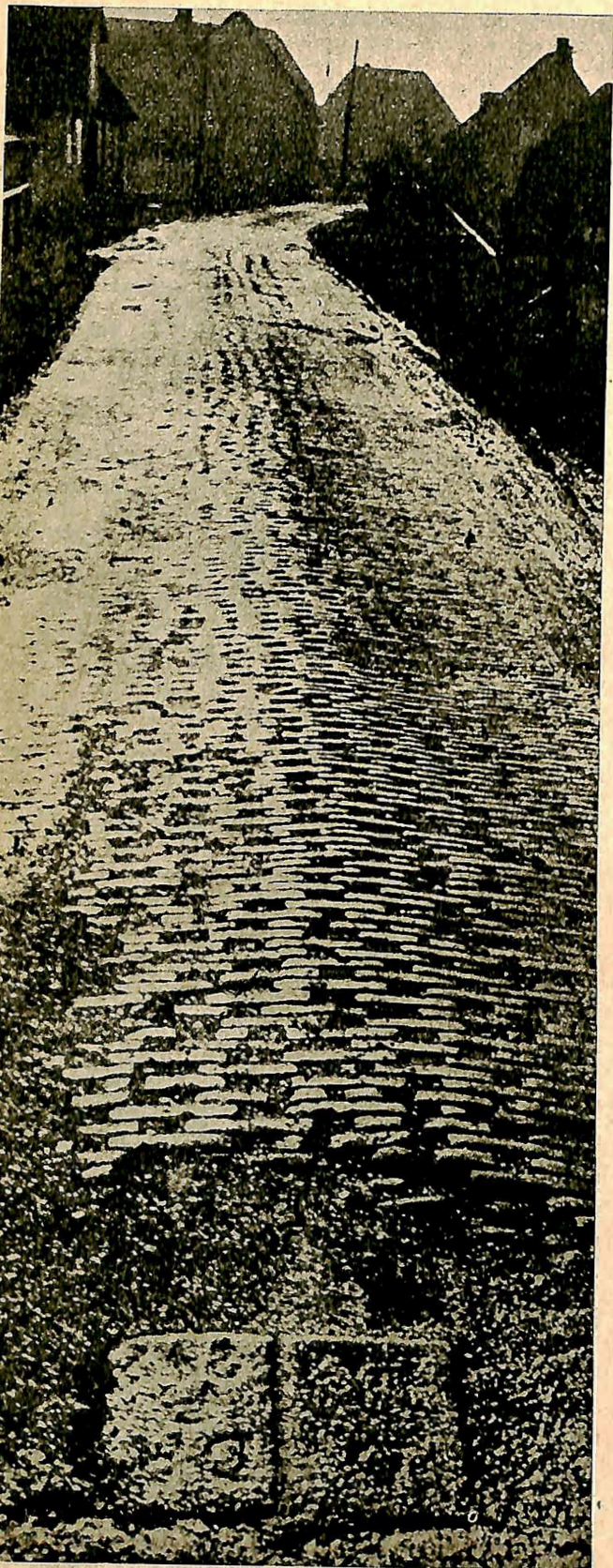
Ved denne pakkingsgrad hadde torven en kapillaritet på ca. 70 cm. Stighøyden er her selvsagt helt avhengig av pakkingsgraden. Forsøk med omtrent halve tettheten av tørrstoffet gav en kapillaritet på under 20 cm.

Resultat:

Torvlaget spiller ingen rolle for vassfordelingen i grusen. Denne er avhengig av grunnvatnets nivå og grusens sammensetning.

Grusen er vassmettet opp til undre kapillærgrense. Denne ligger for I ca. 60 cm over grunnvatnet med vatninnhold ca. 30 %, for II er stighøyden ca. 13 cm. med 32 % vatn og for III ca. 3 cm's stighøyde med 38 % vatn.

GRENSEN I RUDBØL



Grensen går midt gjennom hovedgaten i den lille by. Gaten er steinlagt med hollandsk klinkerstein. Her kan man stå med et ben i Danmark og et i Tyskland.

OPPHEVES BENSINRASJONERINGEN I ENGLAND
HØSTEN 1945?

I News Chronicle for 18. juni 1945 står antydning, at en sannsynligvis vil kunne rekne med at rasjoneringen av bensin vil bli opphevet fra det tidspunkt gyldigheten av de nuværende rasjoneringskort opphører, dvs. ved utløpet av august d. å. :

Det framholdes at gjenopptagelsen av biltrafikken på basis av den bensinmengde som har vært stillet til disposisjon i siste periode har vært adskillig mindre enn en hadde regnet med da rasjoneringsperioden begynte. Det administrative apparat som er nødvendig for rasjoneringen av bensin er både kostbar og besværlig og i betraktning herav skulle det være unødvendig å restriksjonere en vare som det her finnes tilstrekkelig av.

Mange motorvogniere har ikke tatt vognen i bruk med bensin fordi de mener at det begrensede bensinkvantum som tildelingen omfatter og den bruk de i så fall vil kunne gjøre av vognen ikke står i noe rimelig forhold til de ikke ubetydelige utgifter som påløper ved registrering og assurering av vognen.

Frigjøringen av bensin ventes å gå parallellt med en opphevelse av kjøpeforbudet for motorvogner.

Allerede nå produserer fabrikkene vogner hurtigere enn den kvote som Ministry of War Transport slipper fri for salg og de eksportlettelsene som gis er heller ikke tilstrekkelige for å absorbere de tilstedeværende lagerbeholdninger til en hver tid.

Av de foran nevnte grunner kan en derfor gå ut fra at alle de restriksjoner som gjenstår fra krigstiden for motorvognkjøring vil bli opphevet fra 1. september 1945.

RØDFARGET SEMENT,

som gir betong en frisk rød farge får man ved å blande 4 kg jernoksyd til hver sekk sement. Blandingen siktes og tilsettes omtrent like meget sand. Satsen blandes lett og blir deretter atter siktet. Når betongunderlaget, f. eks. i et golv, er lagt og utjevnet, strør man denne tørre blandingen av sement, jernoksyd og sand med en sikt-ramme ut på den friske betongflaten og sliper den inn i betongen med et brett. Derved får man en tett, hard og glatt flate med jernfarge.

Iflg. «Eng. News Rec.» har man i Kentucky (U. S. A.) brukt en liknende fargesats, men med bare 1,8 kg jernoksyd til hver sekk sement, til framstilling av trafikkstripe midt på betongveger. Fargelaget blir her gjort 5 cm tykt og forsiktig innlagt i den ufargete betongvegbanen. Resultatet var etter et års prøve så godt, at metoden er blitt brukt i stor utstrekning i U. S. A. (Beton u. Stahlbetonbau 1943, nr. 3/4.)

TRAFIKKEN PÅ DE RUSSISKE LANDVEGER

avvikles etter mange overensstemmende beretninger for det meste på begge sider av den egentlige veg i det frie terreng, da dette skal være bedre å kjøre på enn selve vegen. Men i motsetning til på slettelandet er det i Kaukasus mer enn 5000 km godt trasserte og vel bygde hovedveger, som er anlagt på riktig måte til tross for betydelige vansker. Allerede under zarherredømmet i Russland ble fjellvegene i Kaukasus bygget av strategiske hensyn. Til bygging og vedlikehold av disse vegene ble særlig tidligere utskrevet bønder i omegnen til tvangsarbeid. Ved de bratte avgrunner er det langs vegene oppført 1,5 m høye, solide steinmurer og bygd mange til dels dristige steinbruer over de dype kløftene. Til alt murverk i bruer o. l. ble det bare brukt det beste materiale av hensyn til holdbarheten i det harde klima.

(Schw. Bzt. 1943 (121) nr. 9.)

UTGITT AV TEKNISK UKEBLAD, OSLO

Abonnementspris: kr. 10,00 pr. år. — Annonsepris: $\frac{1}{4}$ side kr. 100,—, $\frac{1}{2}$ side kr. 50,—, $\frac{1}{4}$ side kr. 25,—.

Ekspedisjon: Ingeniørenes Hus. Telefoner: 20093, 23465.