

# Grunne ledninger — Erfaringer fra Bergen

Av Alvald Ness

Alvald Ness er sjefingeniør ansatt i Asplan A/S i Bergen.

*Innlegg på møte i Norsk Vannforening  
23.3.81.*

Det er egentlig noe misvisende å presentere våre erfaringer fra et konkret prøveprosjekt i Bergen under betegnelsen GRUNNE LEDNINGER. Som vi skal se av resultatene, er grunne ledninger bare en del av årsaken til kostnadsreduksjonene. Den vesentligste årsak er sterk reduksjon i samlet grøftelengde. Dessuten er en forenklet overvannsbehandling sterkt medvirkende.

## Overvannsbehandling

I store deler av Bergen-området er avløpsnettet utført etter prinsippet fellessystem — eller modifisert fellessystem — idet større og mindre bekker blir forsøkt holdt utenom ledningsnettets. Etter en gradvis overgang — eller rettere sagt strøkvis overgang i 50—60 åra — til duplikatsystem, er prinsippet om fullstendig separering gjennomført de siste 15—20 år. Etter hvert fikk vi også sterkt skjerpet krav til utførelsen av ledningsnettets — tetthet, fundamentering, omfylling etc. Alt dette førte til vesentlige kostnadsøkninger.

En overgang til konsentrert småhusbebyggelse fundamentert på sprengsteinsfyllinger ledet naturlig til spørsmålet om disse sprengsteinsfyllingene kunne brukes

til en mer systematisk forenkling av overvannsbehandlingen.

SFTs retningslinjer for håndtering av overvann (TA 531) som kom i 1978, ga grunnlag for en offisiell godkjenning av prinsippet. Riktignok er SFTs primære hensikt å føre overvannet tilbake til grunnen av hensyn til grunnvannstand, vegetasjon o.l. I liten grad er retningslinjene rettet mot de mer typiske grunnforhold vi har m.a. i Bergens-området, hvor vi i stor utstrekning har fjell i dagen eller fjell med et relativt tynt vegetasjonslag. Innimellom finnes en del myrer, som må skiftes ut for å gi tilfredsstillende fundamenteringsforhold.

Når vi så etterhvert fikk NBIs forskjellige forskningsrapporter, hadde vi et sikrere grunnlag for nyvurderinger. Av flere forhold kan spesielt pekes på bruk av finpukk som pakkingsmasser i grøftene. Derved var det ikke lenger fare for utvasking av grøftemassene ved vannføring langs ledningene — i alle fall så lenge det er tale om grøfter i fjell. Forholdet er noe anderledes der en har grøfter i morene- og leirmasser.

## Hus på sprengsteinsfyllinger

Det er etterhvert blitt vanlig å fundamenter småhus på sprengsteinsfyllinger. Det forlanges sprengt min. 1 meter under ferdig gulv. Dette innebærer at det under

hvert hus finnes sprengsteinsfyllinger på 100—200 m<sup>3</sup> eller mer (avhengig av husets grunnflate, terrengforhold o.l.).

Porevolumet vil avhenge m.a. av fjellkvalitet, sprengningsmetode, behandling av utsprengte materialer o.l., men det antas at porevolumet kan variere fra 20 til 40%. Regnes 25% som en gjennomsnitt, vil det under hvert hus være til disposisjon et teoretisk magasin varierende fra 25 m<sup>3</sup> og oppover.

Behandlingen av de utsprengte materialer vil medføre en større eller mindre grad av separasjon i fyllingen — med mest finknuste materialer nederst og grovere oppover i fyllingen. Topplaget vil igjen gjerne ha finere materialer avhengig av planering av og transport på fyllingen.

Et viktig grunnlag for beregning/vurdering av magasineringssevnen er fyllingens permeabilitet. Jeg har i litteraturen ikke funnet relevante permeabilitetsverdier for denne sort materialer. For fingrus og grov sand er det i litteraturen oppgitt henholdsvis 10<sup>-1</sup> — 10<sup>-3</sup> og 10<sup>-2</sup> — 10<sup>-4</sup> m/s. Av disse verdiene er det nærliggende å anta 0,1 m/s og oppover for sprengsteinsfyllinger — avhengig av steingraderingen.

Det viser seg vanskelig å finne skikkelig grunnlag for teoretiske beregninger av magasineringssevne og vannføringshastighet i sprengsteinsfyllinger og grøfter med puk. Vi har imidlertid fått anledning til å gjøre praktiske erfaringer i to byggefelt i Bergen. Det ene, Kleivhaugen i Fana, skal jeg gi en nærmere redegjørelse for i det etterfølgende.

Det andre feltet, Kirkebirklund — også i Fana, ble planlagt konvensjonelt med duplikatsystem. Men under utførelsen fikk vi anledning til å revurdere overvannsbehandlingen for deler av feltet med den følge at en del drens- og overvannsledninger ble sløyfet.

De store sprengsteinsfyllingene under og omkring bebyggelsene inkl. vegger og grøfter ble tatt i bruk for bortledning av overvann.

Feltet er ferdig innflyttet i disse dager. Av det vi har kunnet registrere i dag, er det ikke oppstått problemer med overvann ledet ut i sprengsteinsfyllingene.

### Kleivhaugen borettslag

Feltet ble i 1979 planlagt for 2 borettslag for henholdsvis 49 og 33 leiligheter — tilsammen 82 leiligheter. Anbudsprisen i september 1979 gav kostnader som lå over den ramme husbanken kunne akseptere. Dette sammen med høye tomte-kostnader gjorde at en måtte vurdere alle muligheter for kostnadsreduksjoner.

De to borettslag ble slått sammen til ett, og utnyttelsen av feltet ble øket fra 82 til 97 leiligheter. Etter søknad fikk vi anledning til som prøveprosjekt å omprojektere ledningsanlegg etter de nye prinsipper for grunne grøfter. Entreprenør og rørleggermester var valgt på grunnlag av de opprinnelige anbud, og begge ble aktivt trukket med i omprojekteringen — sammen med representanter for Bergen kommune, Anleggsseksjonen.

Feltet ligger på en avgrenset ås — stort sett nord og nordvestvendt — med en praktfull utsikt over Nordåsvatnet og mot Bergen. Grunnforholdene er overalt fjell med et relativt tynt vegetasjonsskikt — bare på et par mindre områder er det noe myr.

Bergen Tomteselskap As som har lagt tilrette byggefeltet, har bygget hovedvegen med vann-, kloakk- og overvannsledninger fram til snuplass i sydgrensa for feltet. Det finnes praktisk talt ikke noe ovenforliggende nedslagsfelt. Største delen av byggefeltet har avrenning til et

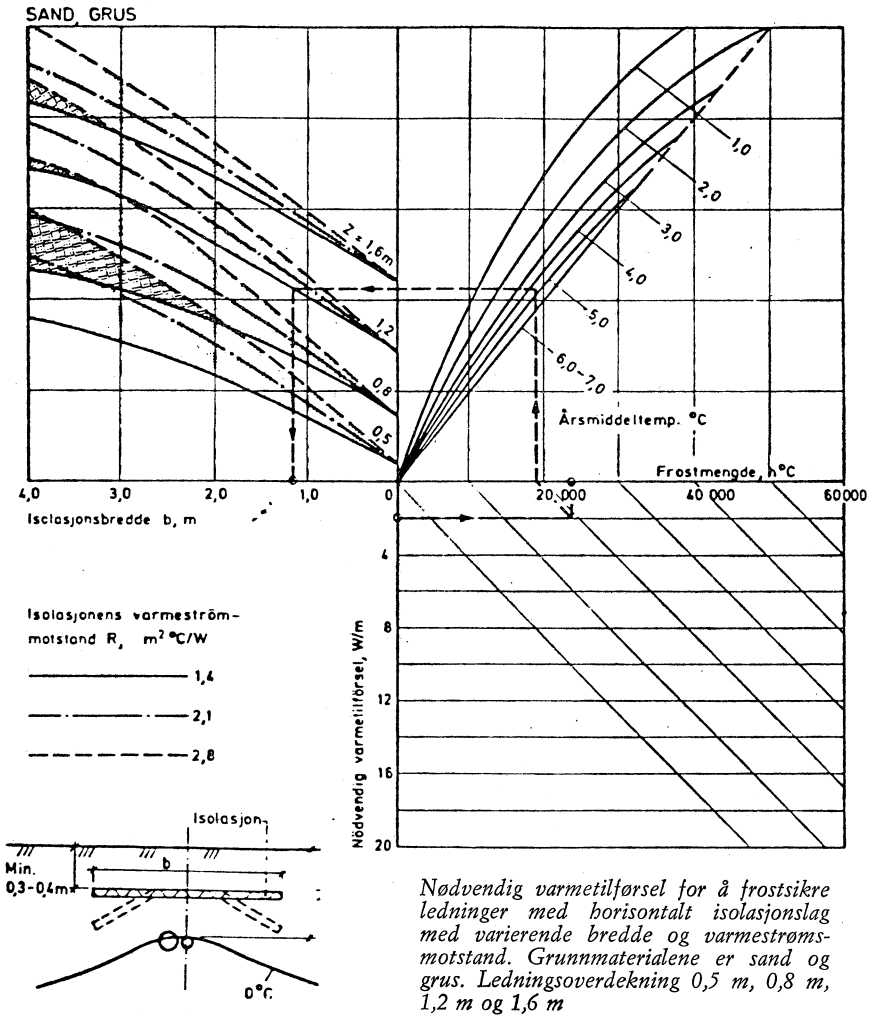
bekkesig diagonalt mot nord-vest. Den nordøstlige del av feltet vil ha avrenning mot eksisterende overvannsledning i hovedvegen som omslutter byggefeltet.

Hus A-1 bygges i 2 etasjer og ligger i skråning med oppfylling mot bakveggen i underste etasje, mens de øvrige hus ligger fritt på ringmur.

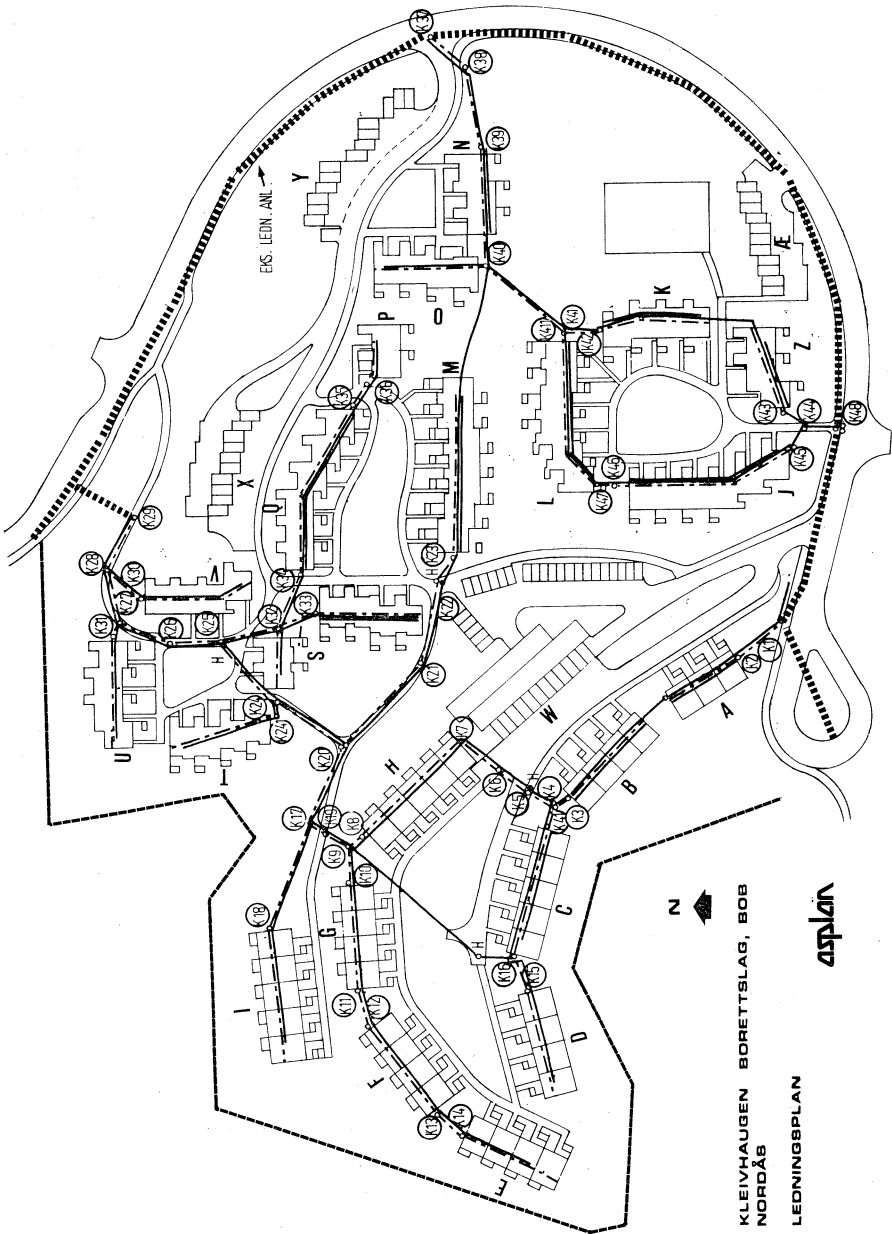
### Grunne ledninger — frostmengder — isolasjon

Jeg skal ikke her gå inn på grunnlaget for frostsikring av vann- og avløpsledninger, idet dette forutsettes kjent, men nøye meg med å vise til NBI sine gode rapporter — først og fremst nr. 22, 24 og 25.

Nomogram fra G 451.021, NBI:



Nødvendig varmetilførsel for å frostsikre ledninger med horisontalt isolasjonslag med varierende bredde og varmestrommotstand. Grunnmaterialene er sand og grus. Ledningsoverdekning 0,5 m, 0,8 m, 1,2 m og 1,6 m



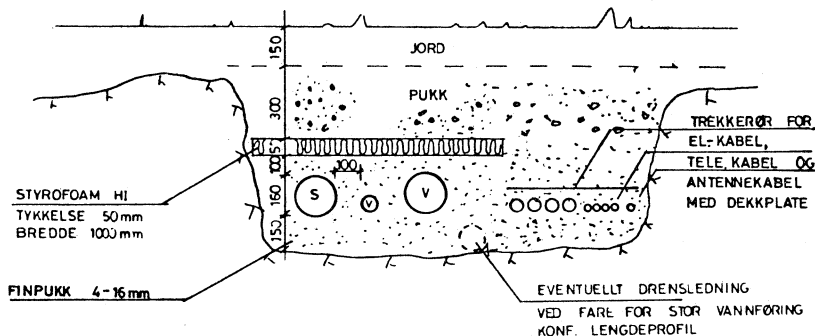
KLEIVHAUGEN BORETTSLAG, BOB  
 NORDÅS  
 LEDNINGSPLAN

asplan

I byggdetaljblad G 451.021 er oppgitt frostmengder for landet. For Bergens-området er frostmengdene som kan inntreffe én gang i en 100-års periode fra 5000 til 8000 h°C med årsmiddeltemperatur på rundt +7°C. Går vi så inn på dimensjoneringsnomogrammet for beregning av isolasjon og nødvendig varmetilførsel, ser

vi at det i Bergens-området skal svært lite til for et tilfredsstillende resultat.

Etter samråd med siviling. Per Gundersen, NBI, ble vi stående ved å velge en isolasjon på 5 cm ekstrudert polystyren med bredde 1 m og minimum overdekning på 0,6 m. Et generelt grøftprofil er vist på nedenstående figur.



Nå skulle det vise seg at enkelte ledningsstrekninger får tilstrekkelig overdekning p.g.a. terrengforholdene. Derved kunne isolasjon sløyfes på noen strekninger.

Den reviderte ledningsplanen følger i hovedprinsipp NBIs retningslinjer. Men fordi vi har mindre frostfare, har vi i noen utstrekning gått fra ringledningssystemet. F.eks. ender vannledningene under hus D, E og I blindt.

### Brannslukking

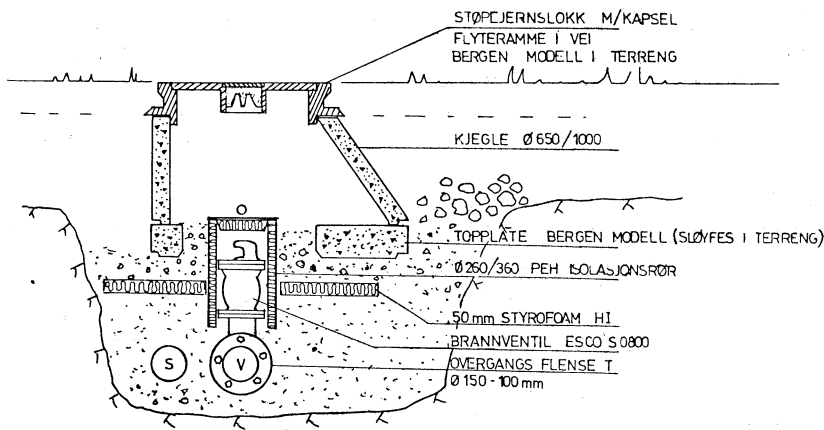
Bergen brannvesen har et generelt krav om maks. 75 m fra hydrant til hovedinngangsdør og kapasitet på hydranten på 20 l/sek. med min. 15 meters trykk. For å kunne imøtekomme disse kravene måtte vi legge en 160 mm (diameter) hovedledning gjennom området og i alt 4 hyd-

ranter. Bergen bruker vanligvis hydranter over bakken. Men når det nå skulle legges grunne ledninger, ble det problemer med isolering og varmetilførsel til stikkledningene til hydrantene. I stedet har vi i dette tilfellet fått godkjent å bruke hydranter i kum — se figur. Brannventilen er bygget på grenrør direkte på hovedledning og isolert med prefabrikerte sylindere med lokk. Dette er en vesentlig kostnadsbesparelse.

### Hovedvannledningsnettet

Det er gjennom området ført en 160 mm (diameter) hovedvannledning (PVC) og mindre PELL-ledninger som ringledninger i grunnen under husrekke. I noen tilfeller har vi funnet det unødvendig å gjennomføre ringledningssystemet fullt ut.

Et spesielt problem representerte hovedledningen under husrekke ABC. Her



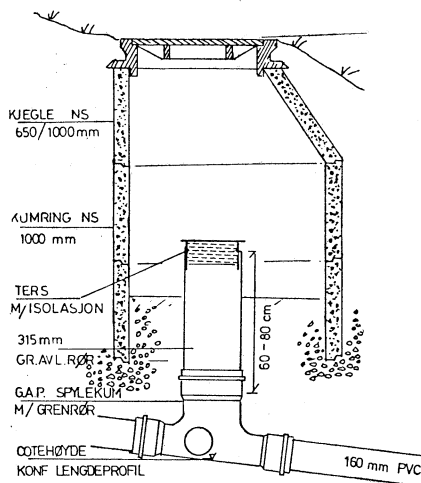
ble kravet 160 mm (diameter) PEH-ledning i varerør av betong. Men hva med ekspansjon/kontraksjon p.g.a. temperaturforskjeller i vannet fra sommer til vinter? Vi har valgt fast forankring i knutepunktet med strekkfaste koplinger mellom husrekke B og C og montering av en løpemuffe mellom husrekke A og B. Vi har hittil ingen erfaringer med hvorledes dette vil virke.

Det ble ikke tillatt å kople de enkelte hus til PEL- og PEH-ledningene under husrekkene. Dette er løst ved å kople Cu-ledninger til hovedledningene med stoppventil like utenfor hver husrekke, og la Cu-ledningene være forsyningsledninger til de enkelte hus.

### Kloakkledningsnett

Kloakkledningene er ført parallelt med vannledningene mest mulig i grunnen under husrekkene. Det har vært en diskusjon om en kunne føre en enkelt ledning fra én husrekke under den neste husrekke og foreta direkte tilkoplinger fra den siste husrekke til denne ene ledningen. Det er for det øvre felt valgt å

legge bare én ledning, men det kan bli aktuelt å bygge inn «varslingskummer» i tilfelle oppstoppinger. I det nederste feltet ligger flere hus i samme husrekke på avtrappete nivåer. Her er én husrekke utført med én avløpsledning, mens det for de øvrige blir forlangt én ledning fra hvert nivå. Dette innebærer at det i noen husrekker blir lagt 3 parallelle ledninger.



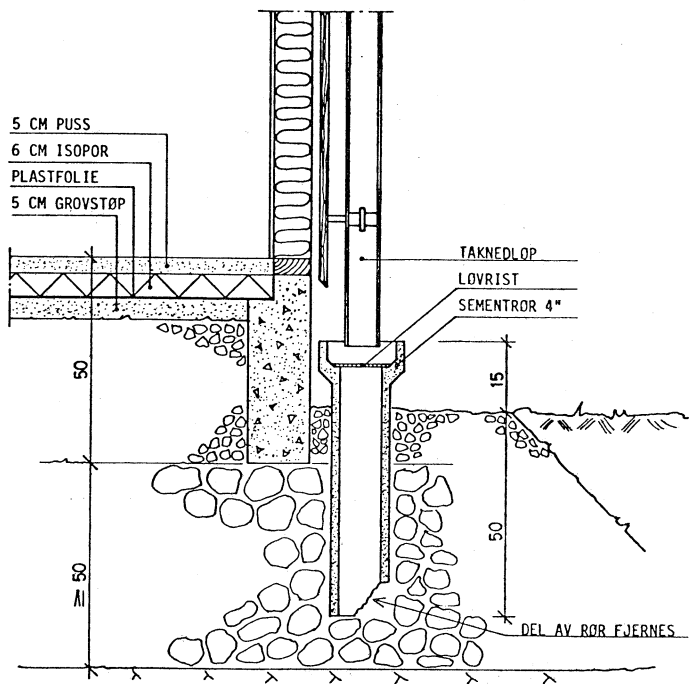
Kummer blir utført som 315 mm stakummer i PVC — vist på prinsipptegningen. I de tilfeller hvor ledningen ikke blir liggende grunt, blir det satt på en forlengelse av stakerøret.

### Overvannsbehandling

Vi tar sikte på at alt overvann skal infiltreres i grunnen. Prinsippløsning for infiltrering av takvann er vist på etterfølg-

ende tegning. Husrekkene A — I ligger i skrånende terreng med oppfylling mot bakvegg i underetasje. Her ble det lagt drensledning langs bakvegg, og takvannet ført i rør ned til denne drensledningen. Underveis ble det vurdert slik at drensledningene langs bakvegg kunne sløyfes. Det ble resultatet i de siste husrekkene i det øverste feltet.

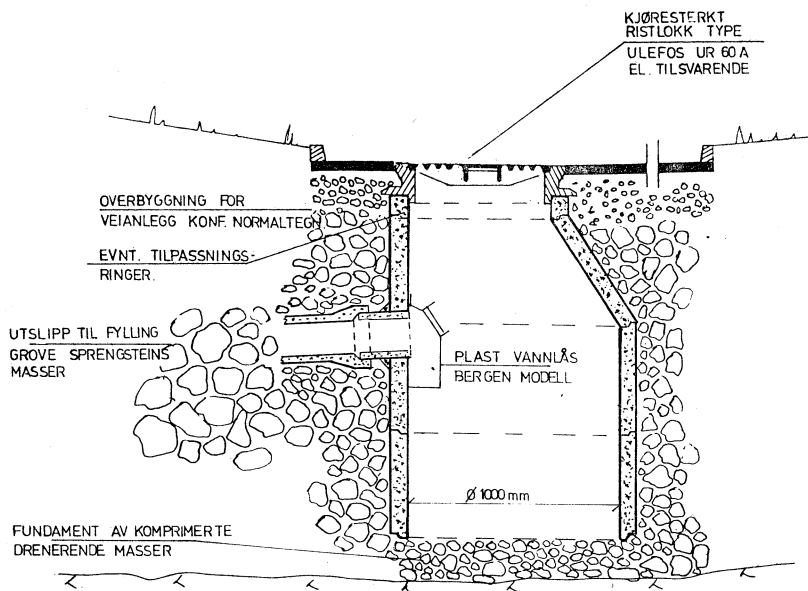
Det vil ikke bli lagt overvannsledninger



PRINSIPPLØSNING FOR INFILTRASJON AV TAKVANN

i feltet. Overvann fra veger forutsettes løst som vist på etterfølgende prinsipp-tegning. Utbyggingen er ikke kommet så langt at det er bygget noen slike sluk.

Vi har derfor ingen erfaringer å bygge på. Det er svært vanskelig — i noen tilfeller umulig — å forutsi hvor vannet tar vegen.

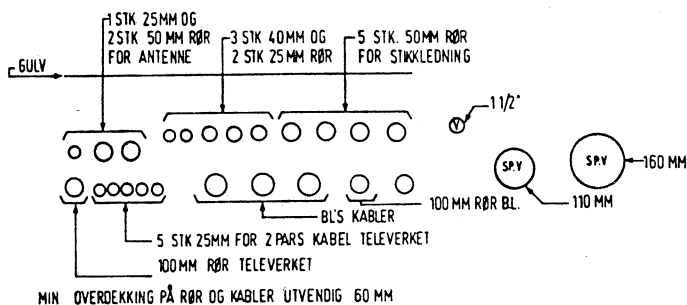


Vi er forberedt på — spesielt langs hovedvegen — å sette ned en del overvanns- og drenskummer med tilknytning til overvannsledningen i hovedvegen. Det kan også bli aktuelt å treffe andre tiltak. I kostnadsoverslaget er det derfor tatt med en spesiell post til diverse uforutsett overvannsbehandling. Erfaringene hittil

tyder på at vi vil få liten bruk for denne diverseposten.

### El- og telekabler

Av flere grunner kom planleggingen av el- og telekabler ikke med i planleggingen av vann- og kloakknettet. Imidlertid ble det senere bestemt å legge kablene paral-



### KABLER OG VANNLEDNINGER UNDER HUSREKKE H



lelt med ledningsnett. Til dels ble det relativt mange kabler som skulle føres fram, noe som førte til at kablernes andel av grøftbredden ble større enn vann- og avløpsnett. Et tverrsnitt under husrekke H er vist på tegning på s. 166.

Det er fra el-verkshold stilt spørsmål om isolasjon av grøftene og bruk av finpukk ville medføre dårligere kjøling av kablene. Bergen Lysverker monterer en rekke temperaturmålere på kablene i feltet. Så dette spørsmålet vil en kunne få sikkert svar på om en tid.

### Kostnader

En oppstilling over kostnader for ledningsanlegg for grøfter og kummer er vist på de neste sidene for henholdsvis Kleivane og Kleivhaugen borettslag. Oppstillingen viser opprinnelig anbudssum for disse arbeidene, og kostnadene er fordelt på antall leiligheter i feltet.

Ny anbudssum viser kostnadene på det omarbeidete ledningsanlegget, og denne prisen er også fordelt pr. leilighet. Her skal en være oppmerksom på at antall leiligheter er øket fra 49 til 59 og fra 33 til 38 for de to feltene.

Besparelse eller økning i kostnad pr. leilighet i forhold til opprinnelig anbud er vist i høyre kolonne, og samlet besparelse ved den nye løsning fremkommer som en sum av høyre kolonne.

Vi har i oppstillingen valgt å gruppere kostnader for grøfter, spillvannsledning, vannledning og tilhørende kummer. Vi kan på denne måten anskueliggjøre de konkrete besparelser som framkommer ved endrete tekniske løsninger som utforming av grøft, rimeligere hydrantløsning og reduserte grøftelengder.

Kostnadene ved overvannsbehandling er

vist for seg. Prinsippet er her som tidligere beskrevet så langt mulig å sløyfe overvannsledning og kummer. De kostnader som er tatt med, er derfor i stor utstrekning reserver som skal nyttes dersom en på stedet finner at spesielle tiltak er nødvendige. Når det i tabell 1 og 2 viser seg å bli et tillegg sammenlignet med opprinnelig pris, er det fordi det er tatt med ekstra sikkerhet. Ekstra sikkerhet er også innebygget i posten «påslag, diverse».

I tillegg til de kostnadsbesparelser som framgår av foranstående tabeller, vil det være to forhold som vil gi ytterligere besparelser, men som pr. dato ikke er kvantifisert

- el- og televerkets besparelser i og med kombinerte grøfter (dette er anslått å kunne utgjøre kr. 1.500 — 2.000 pr. leilighet).
- besparelser i den del av rørleggerarbeidene som er prosjektert av VVS-konsulenten — først og fremst forenklet tak- og dreisvannbehandling (dette er anslått å utgjøre størrelsesorden kr. 2.500,— pr. leilighet).

Når vi så summerer disse besparelsene, kommer vi til en samlet sum på *kr. 1.415.000,—* eller i gjennomsnitt ca. *kr. 14.600,—* pr. leilighet.

Besparelsene skyldes i hovedsak 2 forhold

- samlede grøftelengder er vesentlig redusert.
- vesentlig forenklet overvannsbehandling.

K L E I V A N E

	Anbudssum inkl. MVA	Pris pr. leil. inkl. MVA(49 leil)	Ny anbudssum inkl. MVA	Pris pr. leil. inkl. MVA (59)	Økn./reduksjon pr. leilighet
Grøfter med utvidelse for kummer, inkl. gjenfylling	379.537	7.745	157.046	2.662	- 5.083
Ledn.fundament, omfylling, prøving isolasjon	92.461	1.886	104.992	1.779	- 107
Vannledning m/kummer, hydranter etc.	132.878	2.711	92.548	1.568	- 1.142
Spillvannsledning	31.702	646	43.346	730	+ 84
Spillvannskummer	121.608	2.481	100.677	1.706	- 775
		15.469		8.445	- 7.023
Overvannsledning	33.711	688	14.328 *	242	- 446
Overvannskummer	122.688	2.503	24.000 *	406	- 2.097
Veisluk, rist, sandf.	33.990	693	52.680 *	890	+ 196
		3.884		1.538	- 2.347
Påslag, div.	9.432	192	32.648	550	+ 358
		19.545		10.533	- 9.012

\* Antall lm ledning + antall sluk er anslått, likeledes spesielle tiltak som grunnvannskummer. Veisluk er komplett inkl. grav./spr.

K L E I V H A U G E N

12.

	Anbudssum inkl. MVA	Pris pr. leil.inkl. MVA(33)	Ny anbudssum inkl. MVA	Pris pr. leil.inkl. MVA(38)	Økn./reduksjon pr. leilighet
Grøfter med utvidelse for kummer inkl. gjenfylling	333.319	10.100	119.746	3.151	- 6.949
Ledn.fundament, omfylling, prøving, isolasjon	84.598	2.563	50.499	1.328	- 1.235
Vannledning m/ kummer, hydranter etc.	118.586	3.593	103.520	2.724	- 869
Spillvannsledning	22.995	696	19.326	508	- 188
Spillvannskummer	89.853	2.722	78.436	2.064	- 658
		19.674		9.775	- 9.899
Overvannsledning	26.418	800	8.760 *	230	- 570
Overvannskummer	82.057	2.486	9.600 *	253	- 2.233
Veisluk, rist, sandf.	41.522	1.258	52.680 *	1.386	+ 128
		4.544		1.869	- 2.675
Påslag, div.	8.014	242	25.976	683	+ 441
	807.362	24.460	468.543	12.327	- 12.133

\* Antall lm ledning + antall sluk er anslått, likeledes spesielle tiltak som grunnvannskummer. Veisluk er komplett inkl. grav./spr.

## **Erfaringene hittil**

- Byggherren er tilfreds med at det er oppnådd vesentlige besparelser.
- Entreprenøren er fornøyd — først og fremst fordi det er blitt en mer rasjonell framdrift i og med at tilkomstvegene ikke blir sperret av grøfter. (Dessuten er det stor tilfredshet med bruk av finpukk som grøftemasse om vinteren fordi finpukken ikke fryser).
- Rørleggeren er tilfreds med å kunne få arbeide i vesentlig grunnere grøfter.
- El-verket har fått en mer rasjonell tilkomst for sine kabler, og strøm er kommet tidligere fram til det enkelte hus.

Alt det som er nevnt, er positive erfaringer, og vi har ikke fått høre en eneste negativ erfaring — hittil.

De innvendinger som er kommet, går på spørsmål om hva som kan skje

- med hovedledninger og hovedkabler under hus.
- med avledning av overvann og drenevann.
- med tiltetting i vegsluk.
- med tilstopping i avløpsledninger når beboerne er bortreist.

Alt dette kan vi ikke med sikkerhet gi svar på, men vi kan si at vi har fått et mer kontrollert og påpasselig utført anlegg.

## **Kan det gjøres ytterligere besparelser?**

Vi har gjennom dette prosjektet fått anledning til å stille spørsmål ved en del konvensjonelle løsninger. Det er nok flere

vi gjerne skulle diskutere. Her kan jeg nevne noen i tilfeldig rekkefølge:

1. Det finnes for usikkert grunnlag for beregning av overvannsbehandling. Vi har gode hjelpemidler til å foreta beregninger med mange desimaler. Men inngangsdataene er for usikre og mangelfulle. Her hilses velkommen det initiativ Vassdragsdirektoratet i samarbeid med NTH har tatt opptakten til ved urbanhydrologiske undersøkelser.
2. — Kan avstanden mellom kummer økes — spesielt på overvannsledningene?
  - Kan ledningene i langt større grad legges i kurve?
  - Er det nødvendig å ha kum i hvert bend (knekkpunkt)?
3. Ved dimensjoneringen av kloakkledninger stilles det krav om min. 200 mm (diameter) for overtaking til kommunalt vedlikehold. Bør det ikke være tilstrekkelig å legge den hydrauliske belastning til grunn for beregningene?
4. Kan kravene til brannsløkkingsvann reduseres?
  - (Med de krav som til dels stilles i dag, skal det ikke så store felt til før hovedledningen må være min. 200 mm). (diameter).
5. Når vet vi nok om PVC, PEH og PEL til at disse materialer fullt ut kan erstatte dukstilt støpejern og Cu?

Dette er bare en del av de spørsmål som kan stilles om våre tilvandre utførelser.