

0 Generelt

01 Innhold

Dette bladet angir nødvendige forutsetninger og grunnlagsdata for frostsikring av VA-ledninger.

02 Grunnlagsdata

Frosttekniske grunnlagsdata omfatter:

- klimaforhold
- stedlige masser
- vanntemperaturer
- vannføring

Tilgjengelig jordvarme og utnyttelse av denne bestemmes av klimaforhold og stedlige masser, mens vanntemperaturer og vannføring utgjør VA-ledningenes egenvarme. Jordvarme og egenvarme fra ledningene er de primære varmekildene som kan utnyttes når ledningene skal frostsikres. Viktig for frostsikringen er trasévalg og driftsforhold, som også er med på å bestemme valg av systemløsninger.

03 Henvisninger

Byggdetaljer:

- G 451.021 Data for frostsikring. Tabeller
- A 515.004 Lett kommunalteknikk. Hovedprinsipper
- A 515.021 Hovedledninger for vann og avløp. Kostnadsbesparende framføring, forenklet frostdimensjonering
- A 515.034 Rasjonell utførelse av sekundær-/stikkledninger for vann og avløp. Forenklet frostdimensjonering
- A 515.071 Rør, ventiler og kummer for grunne vann- og avløpsledninger i fellesgrøfter

1 Frosttekniske klimadata

11 Klimaforhold

Klimaets varmeomsetning på bakken styrer temperaturutviklingen i grunnen som igjen er bestemmende for frostsikringen. Viktige frosttekniske klimadata er stedets frostmengde, årsmiddeltemperaturen og dimensjonerende lufttemperatur. Også nedbør i form av snø har betydning for temperaturforholdene i grunnen.

12 Frostmengde og årsmiddeltemperatur

Frostmengden F , se fig. 12, er et mål på hvor streng vinteren er og har benevnelsen timegrader ($h^{\circ}C$). Frostmengden framkommer ved å multiplisere lufttemperaturen når den er under frysepunktet, med antall timer man har denne temperaturen og summere dette gjennom vinteren. Frostmengden er en

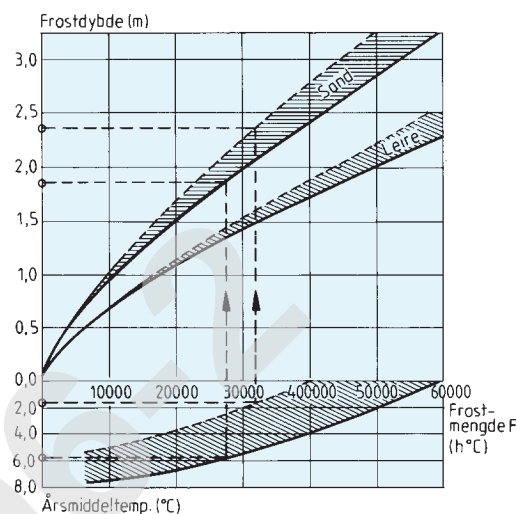


Fig. 12
 Definisjon av frostmengde og sammenheng mellom frostmengde og aktuelle årsmiddeltemperaturer i Norge, og frostnedtrengning i sand og leire

relativt representativ klimaparameter ved beregning av frostnedtrengningen i fuktige masser. Når det derimot gjelder å bestemme dimensjonerende jordtemperaturer, som kan være dimensjonerende for ledninger i frostsonen, må frostmengden kobles sammen med årsmiddeltemperaturen på stedet. Det er avgjørende om stedet har kyst- eller innlandsklima. Man kan f.eks. ha samme frostmengde nær kysten i Nord-Norge som på Østlandet. Men det stedet som har den høyeste normale årsmiddeltemperaturen, har størst kuldeintensitet og dermed de laveste temperaturene i de øvre jordlagene. Figur 12 viser spredningen man har i årsmiddeltemperaturer i Norge for samme frostmengde.

Siden det ikke er like kaldt hver vinter, oppgis frostmengden både som middelferd, F_2 , og maksimalverdi, F_{100} . Den frostmengden som rent statistisk gjennomsnittlig inntreffer én gang i en femårsperiode, F_5 , er også beregnet, og tilsvarende i en tiårsperiode, F_{10} .

Også luftens årsmiddeltemperatur varierer fra år til år. Disse variasjonene er mer beskjedne og kan maksimalt komme opp i $\pm 2,0^{\circ}C$.

Beregning av frostmengden er normalt basert på månedsmiddeltemperaturer. Det betyr at bare måneder med overveiende kuldegrader telles med ved beregning av frostmengde. Måneder om våren og høsten med korte kuldeperioder gir av den grunn ikke frostmengde. Virkelig frostmengde er derfor noe større enn det som avleses av frostmengdetabeller.

Det er luftens frostmengde som beregnes, mens det er frostmengden i jordoverflaten som er av interesse ved frostsikring av ledningskonstruksjoner i grunnen.

13 Jordtemperaturer

Temperaturmålinger i snøryddede flater, f.eks. veger, viser betydelig lavere temperaturer i overflaten enn i luften, se fig. 13 a. Dette skyldes utstråling fra jordoverflaten. Tilsvarende vil man på grunn av solinnstråling om sommeren få langt høyere månedsmiddeltemperaturer i vegoverflaten enn i luften. Også i frimark vil temperaturen i jordoverflaten om sommeren være høyere enn lufttemperaturen. Om vinteren vil overflatetemperaturen i snødekket mark være vesentlig høyere enn lufttemperaturen. Disse forholdene fører normalt til at årsmiddeltemperaturen i grunnen er to til tre grader høyere enn tilsvarende lufttemperatur på stedet.

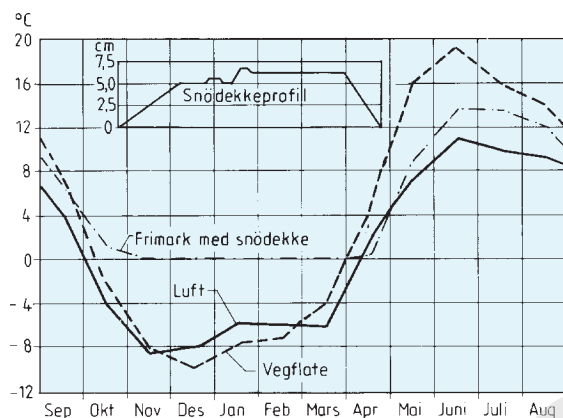


Fig. 13 a
Jordtemperaturer i snødekket frimark og snøfri veg

Jordtemperaturer i de øvre jordlagene (< 0,5 m) påvirkes av relativt hurtige svingninger i lufttemperaturen. Temperatursvingningene i de dypere jordlagene (> 0,5 m) er betydelig dempet og faseforskjøvet i forhold til svingningene i overflatetemperaturen, se fig. 13 b. Svingningene i jordtemperaturen over året er et overflatefenomen, og allerede i en dybde på 15 – 20 m er temperaturen nær konstant og lik årsmiddeltemperaturen. Temperaturøkningen i dybden på grunn av høye temperaturer i jordkjernen (geotermisk varme), er under norske forhold uten betydning i denne sammenheng.

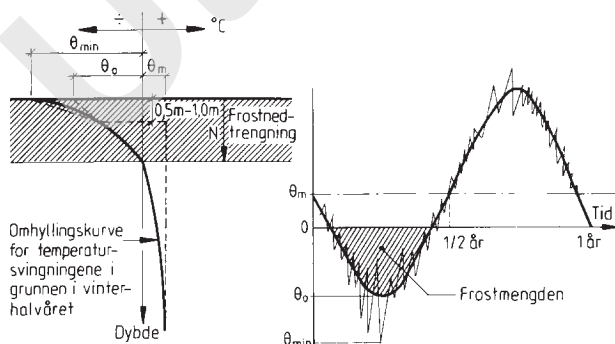


Fig. 13 b
Ekstreme temperaturer i grunnen i vinterhalvåret. På grunn av faseforskyvning vil de ekstreme temperaturer ved overflaten og i dybden ikke opptre samtidig.

$\theta_{\min}$ = den laveste gjennomsnittlige lufttemperaturen i en tredagersperiode (dimensjonerende lufttemperatur)

θ_m = normal årsmiddeltemperatur i grunnen, som tilnærmet kan settes lik luftens årsmiddeltemperatur på stedet

θ_0 = den laveste temperaturen som framkommer når luftens årlige temperaturvariasjon regnes å følge en harmonisk svingning (sinuskurve)

For å bestemme jordtemperaturer i de øvre jordlagene (< 0,5 m) kan en legge til grunn den laveste lufttemperaturen i en tredøgnsperiode, såkalt dimensjonerende lufttemperatur, mens i større dybder kan en forutsette at lufttemperaturen følger en harmonisk svingning (sinuskurve). Samhørigheten mellom et steds maksimale frostmengde, årsmiddeltemperatur og overflatetemperatur når luftens årlige temperaturvariasjoner antas å følge en harmonisk svingning, er vist i fig. 13 c.

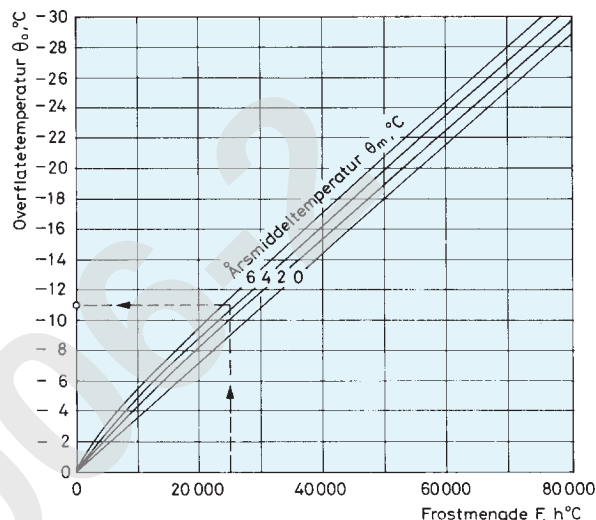


Fig. 13 c
Sammenheng mellom frostmengde, årsmiddeltemperatur og overflatetemperatur når luftens årlige temperaturvariasjon regnes å følge en harmonisk svingning (sinuskurve)

Som det framgår over, er det en rekke forhold som påvirker jordtemperaturer, og som man må ta hensyn til når ledningene skal frostsikres. Spesielt har et snødekke stor betydning for frostsikringen, og da særlig i områder med kaldt klima.

14 Snø som varmeisolasjon

Hvis marken er snødekket om vinteren eller i deler av vinteren, vil overflatetemperaturen i grunnen bli høyere, og dermed vil dimensjonerende frostmengde bli vesentlig redusert, se fig. 13 a. Snødekket virker som varmeisolasjon. Varmeledningsevnen for snø med forskjellig densitet er angitt i tabell 14.

Tabell 14
Varmeledningsevnen for snø med forskjellig densitet. Lednings-
evnen varierer også med snøkvaliteten ved samme densitet.

Snø	Densitet kg/m ³	Varmelednings- evne W/mK
Nysnø	≈ 100	0,05 – 0,22
Snø i kaldt klima	≈ 200	0,10 – 0,20
Vekslende tining og frysing	200 – 300	0,20 – 0,30

Det framgår av tabellen at snøens isolasjonsevne er avhengig av pakningsgraden. Snø isolerer best ved lave temperaturer når den er lett, men vil da også lettere blåse bort fra åpne, høytliggende flater. Snøens isolasjonsevne reduseres når kald luft trenger ned i snølaget. Man kan til en viss grad bestemme hvor snøen skal bli liggende ved å bygge leskjermer osv.

Figur 14 viser erfaringsverdier for hvordan snø påvirker frostmengden når overflaten er snødekket. Når gjennomsnittlig snødybde gjennom vinteren er 0,2 m, halveres frostmengden. Istedenfor dimensjonerende frostmengde på 25 000 h°C er den redusert til 12 500 h°C.

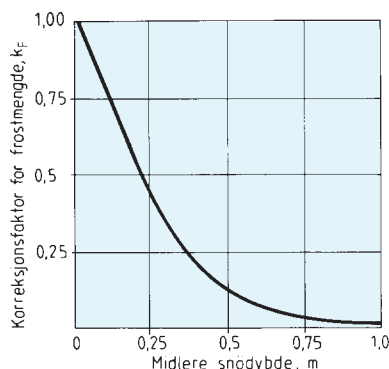


Fig. 14
Korreksjonsfaktor k_F for frostmengden F i snødekket mark
 $F_{\text{overflate}} = k_F \cdot F_{\text{luft}}$

En effektiv metode for å forhindre at frosten trenger ned i grunnen i anleggsperioden, er å måke snø over grøftetraseen.

15 Dimensjonerende frostmengde

For ikke å gjøre dimensjoneringen unødig komplisert har man ved utarbeidelse av forskjellige dimensjoneringsverktøy for frostsikring av VA-ledninger, lagt til grunn stedets maksimale frostmengde, F_{100} , som kan leses ut av tabeller i Byggetal G 451.021. Det er også valgt en sammenheng mellom frostmengde og årsmiddeltemperatur som er relativt dekkende for områder i Norge med store befolkningsskentrasjoner. Dette kan i enkelte tilfeller føre til noen grad av overdimensjonering, men denne er ikke vesentlig.

Det kan også forekomme tilfeller hvor frostsikringen blir underdimensjonert. Det gjelder spesielt i kaldt klima og der hvor vannledningen over en lengre strekning blir liggende i snøryddet område. Her kan man få en økning på opptil 25 % i frostmengden. Man bør derfor tilstrebe å legge ledningene mest mulig i snødekket eller delvis snødekket mark, vegskulder, gangveg e.l.

For ledninger som ligger grunt i snøryddede veger, plasser o.l., skal frostmengden F_{100} brukes ved frostdimensjoneringen. Denne frostmengden skal også brukes for ledninger i fri mark med minste overdekning 0,4 – 0,5 m. Det er særlig tilfelle ved høye frostmengder der en periode med barfrost kan være dimensjonerende. For ledninger med relativt kontinuerlig vannføring og overdekning større enn 0,8 m, bør man ta hensyn til et ev. snødekke. Erfaringsverdier for tykkelsen på snødekket på stedet bør da legges til grunn, og man kan istedenfor å bruke maksimal frostmengde F_{100} , bruke F_{10} eller F_5 som dimensjonerende frostmengde. Kjennskap til snøforholdene, vannføring og krav til sikkerhet bestemmer da de klimaforutsetningene som skal legges til grunn for frostdimensjoneringen.

Å bruke for ekstreme forutsetninger for frostdimensjoneringen, kan gi store isolasjonsmengder og føre

til at utførelser som betinger bruk av varmeisolering, utelukkes selv om utførelsen kan gi åpenbare tekniske og miljømessige fordeler. Man bør f.eks. ikke bestemme isolasjonsmengden ut fra en kort anleggsperiode, men legge normale driftsforhold til grunn for dimensjoneringen. Det er alltid mulig å frostsikre vannledningen over en kortere periode ved en beskjeden frosttapping.

2 Masser i grunnen

21 Telefarlige og ikke telefarlige masser

Porevannet i jordartene får en volumøkning på 9 % når det fryser. Grovkornige jordarter fryser homogent uten at vann suges opp i telefronten. Vannet fryser i porene, hivningen er ubetydelig, og jordarten betegnes som ikke telefarlig. Når vann fryser i finkornig jord, oppstår det et undertrykk i isfronten som suger opp vann nedenfra. Størst telehiv får man i mellomfine jordarter som silt og siltig leire ved god tilgang på grunnvann. Man har da en «gunstig» kombinasjon av sug (kapillaritet) og vanngjennomtrengelighet (permeabilitet), se fig. 21 a.

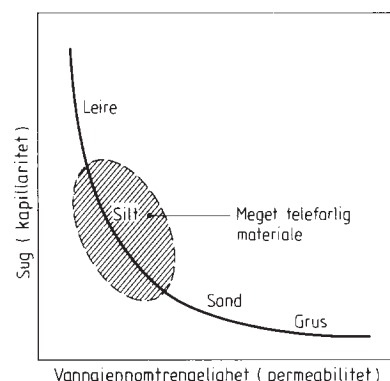


Fig. 21 a
Forholdet mellom kapillaritet og permeabilitet for ulike jordarter

Jordarter klassifiseres som ikke telefarlige, litt, middels og meget telefarlige, avhengig av massens kornfordeling og innhold av finstoffer, se tabell 21. Klassifiseringen på dette grunnlaget er ikke entydig fordi fuktforhold og pakningsgrad også spiller en vesentlig rolle for hvor telefarlig jordarten er.

For VA-ledninger som legges i middels og meget telefarlige masser, tillates det ikke at frosten trenger

Tabell 21
Teleteknisk inndeling av jordarter

Jordart Vektprosent finstoff med korndiameter mindre enn 0,02 mm	Telefarlighetsgrad
Jordarter med mindre enn 3 %	Ikke telefarlig masse
Sand og grus med 3 – 12 %	Lite telefarlig masse
Sand og grus med mer enn 12 %, dvs. moreneleire, tørr- skorpeleire, fet leire	Middels telefarlig masse
Sandig masse med mer enn 12 %, dvs. siltig morene, silt, leirig silt, mager leire, lagdelt leire, organisk silt og leire	Meget telefarlig masse

under ledningene. I tillegg til å sikre ledningene mot frost må de også sikres mot skadelig telehiv, dvs. grunnen må frostisolerers. Det er ikke uvanlig at kummer i tradisjonell utførelse utsettes for sidekrefter på grunn av danning av islinser som løfter kumringene, se fig. 21 b. Dette kan skje selv om frosten ikke har trengt ned i nivå med ledningene, og føre til rørbrudd. Disse problemene kan forhindres ved å bruke ikke telefarlige omfyllingsmasser.

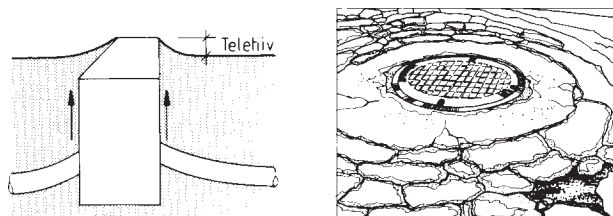


Fig. 21 b
Telehiv av kumpunkt

22 Frostnedtrengning, frostdybde

Figur 22 viser fryse- og tineforløpet i grunnen gjennom vinteren. Ledninger som ligger i såkalt frostfri dybde, er mest utsatt for frost på senvinteren når varmen som er tilført grunnen i sommerhalvåret, er brukt opp. På dette tidspunktet er også vanntemperaturen i vannledningene lavest. Grunne, frostisolerte vannledninger er derimot mest frostsatt ved store frostintensiteter når jordtemperaturen på ledningenes nivå er lavest. Dette inntreffer vanligvis tidligere på vinteren, i januar/februar måned. Det kan også være kuldebroer i et dyptliggende ledningsnett på grunn av uheldig utførte kumpunkter o.l. Dette kan få en dyp vannledning til å fryse i en spesielt kald periode, også tidligere på vinteren.

Frosten kan fortsette å trenge ned i grunnen selv etter at lufttemperaturen er kommet over frysepunktet. Det skjer gjerne etter en lengre frostperiode hvor jordmassene er kjølt betydelig ned under frysepunktet. Disse jordmassene varmes opp ved at varme tilføres fra overflaten, men også fra jordmassene under frostlaget, og frostdybden øker.

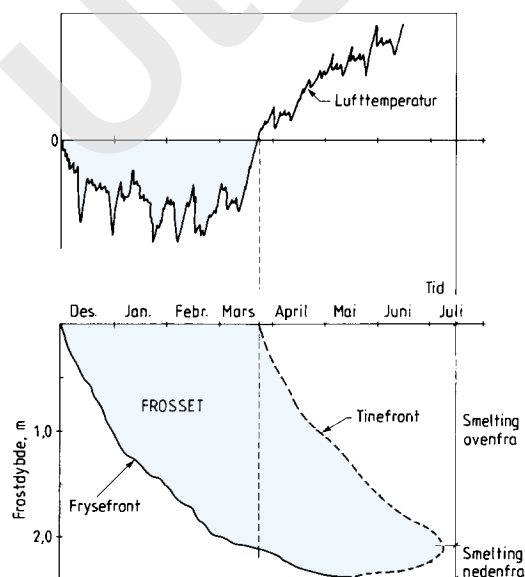


Fig. 22
Fryse- og tineforløpet i grunnen

I kaldt klima har man ofte islag nede i grunnen langt utover sommeren selv om jordmassene i det øvre jordlaget er tint opp. På Svalbard med årsmiddeltemperatur på ca. - 5,0 °C, er frostdybden begrenset av geotermisk varme. Frostdybden går her ned i flere hundre meters dybde, mens det tines opp en sone på vel en meter om sommeren. Området har permafrost.

- 221 **Bestemmelse av frostdybde.** I tillegg til klimaforholdene er frostdybden bestemt av massene i grunnen. Avgjørende for frostdybden er massenes vanninnhold (på grunn av vannets store frysevarme) og varmeledningsevne, og da spesielt i frosset tilstand. Dette skyldes at varmen som avgis fra frostsonen, skal ledes opp gjennom det overliggende frosne laget. Varmeledningsevnen for de fleste masser med høyt vanninnhold er ofte betydelig høyere i frosset enn i ufrosset tilstand, se fig. 221 a. For de fleste masser stiger varmeledningsevnen med økende vanninnhold og densitet. Et høyt vanninnhold virker reduserende på frostnedtrengningen, mens økende varmeledningsevne virker i motsatt retning. Disse faktorene vil derfor delvis kunne oppheve hverandre når det gjelder innvirkning på frostnedtrengningen.

I meget telefarlige masser er frostdybden avhengig av vinterens forløp og tilgangen på vann, se fig. 221 b.

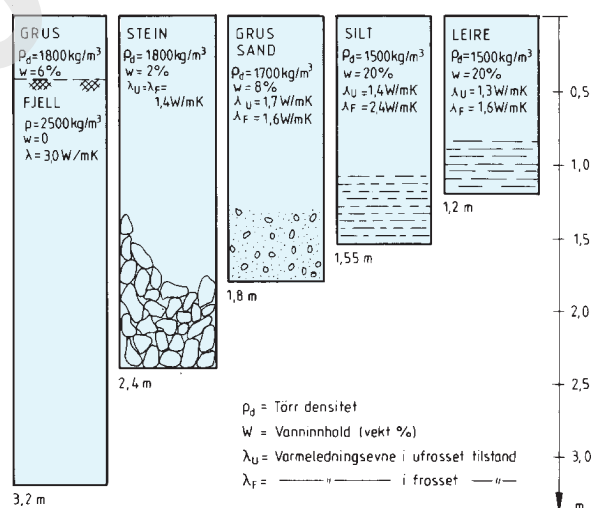


Fig. 221 a
Frostdybde i forskjellige masser med angivelse av varmeledningsevnen i frosset og ufrosset tilstand. Frostmengden er 25 000 h°C.

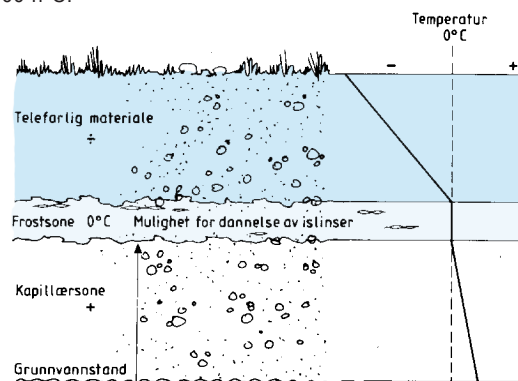


Fig. 221 b
Temperaturforholdene i grunnen over og under frostsonen i telefarlige masser. Størst telehiv får man ved en langsom frostnedtrengning og når frostsonen står stille over lengre tid. En kald forvinter gir et dyptliggende islag og redusert telehiv.

Sand og grus er brukt som referansemasse når det gjelder dimensjonerende frostnedtrengning. Frostnedtrengningen i sand og grus når frostmengde og årsmiddeltemperatur er kjent, kan bestemmes av fig. 221 c.

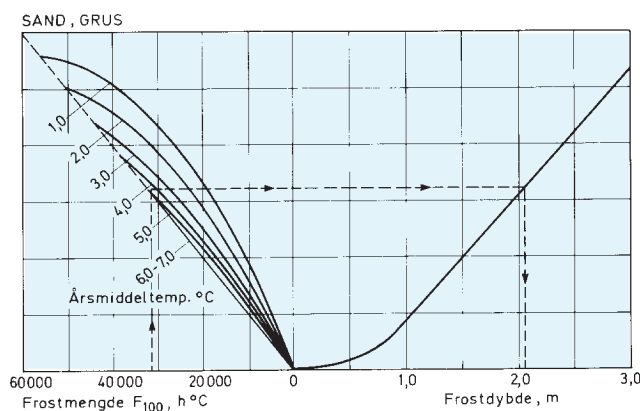


Fig. 221 c
Frostdybde i sand og grus

For andre masser enn sand og grus er det i tabell 221 angitt en korreksjonsfaktor for å bestemme frostdybde i disse massene.

Tabell 221
Korreksjonsfaktor for bestemmelse av frostdybde i forskjellige masser

Materialbetegnelse	Korreksjonsfaktor, k
Stein (grov pukk, sprengstein)	1,4
Sand og grus	1,0
Silt	0,85
Leire og blandingsjord	0,7
Torv	0,3

Hvis frostdybden i sand og grus for et bestemt klima er 2,0 m, er tilsvarende frostdybde i leire $2,0 \text{ m} \cdot 0,7 = 1,4 \text{ m}$. I meget telefarlige masser, f.eks. silt, vil frostdybden kunne reduseres betydelig i forhold til verdiene i tabellen. Dette vil avhenge av vinterens forløp og tilgangen på vann.

Massene i grunnen og fuktforholdene innen et gitt område kan ofte variere sterkt, med tilsvarende variasjoner i frostnedtrengningen. En nøyaktig kartlegging av frostdybden i området krever derfor omfattende grunnundersøkelser.

3 Varmekilder

31 Jordvarme

Når VA-ledningene skal legges over frostdybden på stedet, er det nødvendig med tilførsel av varme for å sikre ledningene mot frost. Primære varmekilder er jordvarme og egenvarme fra ledningene i drift. Jordvarme defineres her som summen av de varmemengdene som er til rådighet i jorda, og som blir tilført jorda i sommerhalvåret og avgitt i vinterhalvåret, se fig. 31.

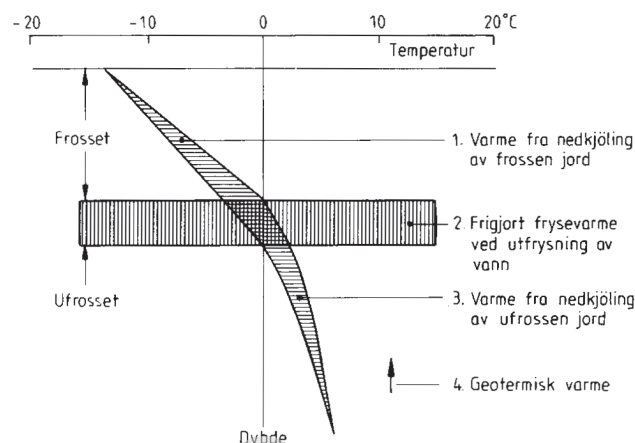


Fig. 31
Tilgjengelig jordvarme

Jordvarmen utnyttes mest effektivt ved en frostisole-ring hvor det legges en horisontal isolasjonsplate over ledningene. Som det framgår av fig. 31, er jordvarmen i fuktige masser særlig bundet som latent varme og avgis i form av frigjort frysevarme. Når jordvarmen skal besørge frostsikringen, vil massene under ledningene alltid være ufrosset. Den mest effektive måten å utnytte jordvarmen på er å legge ledningene i snødekket mark.

32 Egenvarme fra VA-ledningene

Egenvarmen i rørene, representert ved vannstrømningen i vann- og avløpsledningen, vil alltid være den varmen som mest direkte kan utnyttes til å frostsikre ledningene. Fordelen med denne varmekilden er at den er konsentrert og tilføres internt i de ledningene som skal frostsikres. Plastrørs isolerende egenskaper kan derfor utnyttes fullt ut. Tradisjonelt har det vært vanlig å sikre vannledningen mot frost ved såkalt frosttapping. Samme effekt kan oppnås ved å utføre vannledningsnettet som et ringnett.

Selv mindre spillvannsledninger tilføres normalt så meget varme at de er frostsikre selv om de ligger i frostsonen. Et varmeoverskudd i spillvannsledningen kan magasineres i grunnen. Ved å legge vann- og avløpsledningen i umiddelbar nærhet av hverandre i fellesgrøfter, har man også en mulighet for varmeutveksling mellom ledningene. Forutsetningen er at ledningene legges i varmeledende masser, f.eks. finpukk. Varmeavgivelsen fra spillvannsledningen vil i tillegg til vannføring og temperatur, også være avhengig av fallforholdene. Hvis ledningen legges med stort fall, er det mindre varme som overføres til omgivelsene.

For å hindre kald trekk i spillvannsledningene skal det benyttes tette kummer og stakepunkter. Dette hindrer også at fremmedvann trenger inn i spillvannsledningen. Fordi spillvannsledningene er luftet over tak, vil varme damper fra hoved- eller sekundærnettet kunne tilføres og kondensere i stikkledningene. Disse ledningene kan derfor få tilført noe varme selv om de ikke har vannføring, se fig. 32 a. Denne varmetilførselen er relativt beskjeden og usikker, men kan være med på å forhindre at vannledningen fryser. Figur 32 a viser også hvilken varmeavgivelse man

kan ha til rådighet fra mindre spillvannsledninger (minst fire boligenheter tilknyttet). Siden vannføringen i disse ledningene er sterkt variabel, er det forutsatt at ledningene har omfyllingsmasser som kan magasinere varme, f.eks. finpukk.

I fig. 32 b er det vist hvilke varmemengder som man har til rådighet, og som kan avgis fra vann- og avløpsledninger i drift. Det er forutsatt at varmetapet fra ledningene er jevnt fordelt over hele rørstrekket.

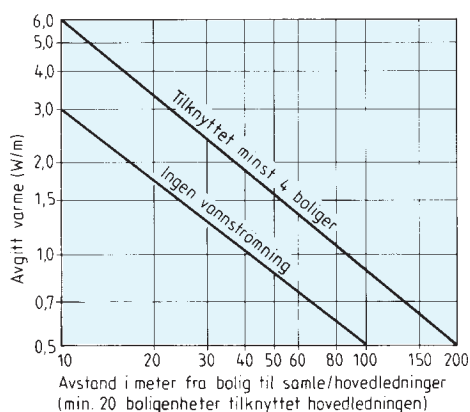


Fig. 32 a

Varmeavgivelse fra mindre spillvannsledninger. Det forutsettes tette kummer og stakepunkter på sekundærnett og lufting over tak.

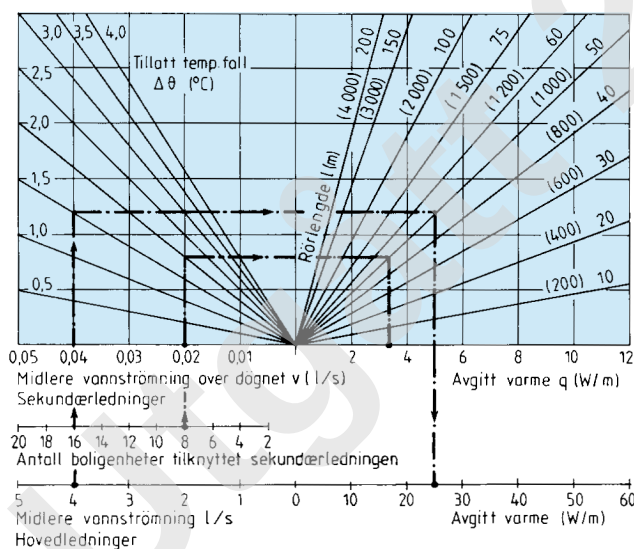


Fig. 32 b

Vann- eller avløpsledningers egenvarme er avhengig av rørlengde, vannføring og vanntemperatur. Tallene i parentes gjelder for hovedledningene.

Eksempel, sekundærledning:

En vannledning som er tilknyttet åtte boligenheter, har en minste midlere vannføring over døgnet på ca. 0,02 l/s. Det tilsvarer et vannforbruk på 215 l/bolig pr. døgnet. Det regnes da med at to boliger ikke har noe vannforbruk. Vannføringen vil ikke være jevnt fordelt over døgnet, men fordi vannrøret ligger i pukkmasse, vil varmekapasiteten være så stor at man tilnærmet kan regne med en utjevning av temperaturforholdene over døgnet. Laveste vanntemperatur i området er 3,0 °C, og det tillates et temperaturfall i vannledningen på 2,0 °C. Rørlengden i kald sone fram til bebyggelsen er 50 m. Av diagrammet ser vi da at vannledningen kan tåle et varmetap på 3,2 W/m over rørstrekket i kald sone.

Hvis det ligger en spillvannsledning i grøfta, kan man regne med en tilsvarende varmemengde fra denne ledningen.

Eksempel, hovedledning:

Det er oppgitt at en vannledning med diameter 150 mm har en gjennomsnittlig vannføring på 4,0 l/s. Hovedledningen skal frostsikres over en strekning på 1 000 m, og det tillates å senke vanntemperaturen 1,5 °C. Av fig. 32 a framgår det at med denne vannføringen tåler vannledningen et gjennomsnittlig varmetap på 25,0 W/m. Hvis man dimensjonerer isolasjonen under forutsetning av at vannledningen bare skal avgi 5,0 W/m, vil temperaturfallet over rørstrekket være ca. 0,3 °C. Hvis vannledningen har ujevn vannføring, er det en fordel å isolere ledningen så varmetapet blir lavt. Vannledningen vil da tåle lengre perioder med driftstans.

Vanntemperaturen i hovednettet om vinteren er avhengig av vannkilden, vannføringen i rørrettet og jordtemperaturene. Laveste inngangstemperatur på vann fra dype dammer er vanligvis 4,0 °C, mens grunnvann kan ha høyere temperatur. Overflatevann fra bekker kan være underkjølt eller ha temperaturer nær frysepunktet. Vanntemperaturen om vinteren i større avløpsledninger er mellom 10 og 15 °C, mens mindre avløpsledninger i kortere perioder kan ha betydelig høyere temperaturer nær utslippsstedet.

321 **Ringledninger.** Den enkleste måten å påvirke ledningsnettets frostsikkerhet på, er å velge en varmeteknisk gunstig rørtrasé og utføre vannledningen som ringnett. En bør tilstrebe å legge ledningene i snødekket terreng og mest mulig unngå snøbrøytede vegger og plasser. Det er også viktig å velge traseer som gir kortest mulige grøftelengder. Spesielt sekundær- og stikkledninger bør om mulig legges under oppvarmede bygninger. Ved å velge en frostteknisk gunstig trasé for VA-ledningene vil det bare være mindre deler av rørrettet som er spesielt frostutsatt, f.eks. ved vegpasseringer.

Figur 321 a viser en måte å etablere ringnett på når bare fire hus er tilknyttet vannledningen. Det oppnås en relativt kontinuerlig vannbevegelse i rørene og mulighet for å utnytte varmen i vannstrømmen. Andre fordeler med et ringledningsnett er en sikrere vannforsyning, man kan bruke mindre rørdimensjoner og oppnår en hurtigere vannutskifting i rørene. Et hovedledningsnett bør alltid utføres som ringnett for å sikre tosidig vanntilførsel til brannuttak.

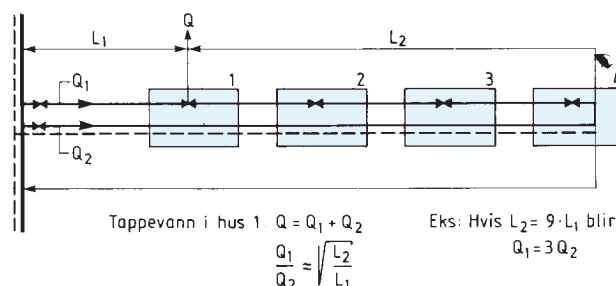


Fig. 321 a

Vannledning lagt som en dobbeltledning med ringledningseffekt

Når vannledningen er utført som ringledning, og det brukes fellesgrøfter for vann- og spillvannsledningen, er det den samlede varmemengden for ledningssystemet som avgjør vannledningens frostsikkerhet, se fig. 321 b. Med i samlet varmemengde for ledningssystemet inngår både egenvarmen i vann- og spillvannsledningen og ledningenes varmetap til omgivelsene, som varierer over ledningsstrekket.

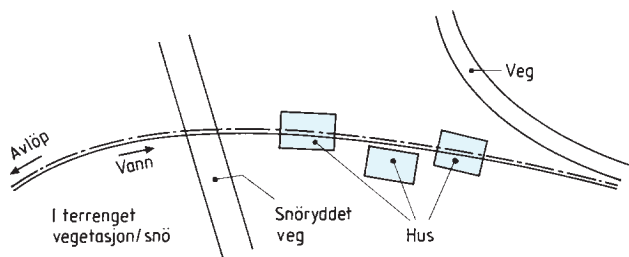


Fig. 321 b

Samlet varmebalanse for ledningssystemet danner grunnlaget for frostdimensjoneringen

33 Varmer fra oppvarmede hus

Vannledninger som passerer under oppvarmede bygninger, får tilført varme. Figur 33 viser eksempel på temperaturforholdene vinterstid under en bolig som er fundamentert med plate på mark. I husets randsoner er temperaturen betydelig lavere enn midt under huset. Ledningene bør derfor frostsikres minst 0,5 m inn fra fundamentets ytterkanter.

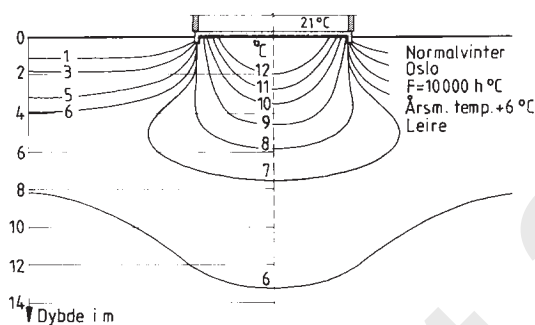


Fig. 33

Eksempel på temperaturer vinterstid under oppvarmede hus som er fundamentert med plate på mark.

Varmetilførselen til vannledningen under boligen avhenger av temperaturforholdene, men man kan i middel i vinterhalvåret regne med et varmetilskudd på ca. 4,0 W/m. I husets randsoner, ca. en meter inn fra fundamentet, er varmetilførselen noe mindre. Ved normal frostdimensjonering og bruk av ringledningsnett for vannledningen kan man grovt regne med at ledningslengden under hus kompenseres varmeteknisk med tilsvarende lengder i terrenget. Vannets varmeinnhold er konstant over dette rørstrekke. Vannledningen tjener som en effektiv varmeveksler som opptar varme under hus og avgir denne varmen på frostsatte steder.

Ved å bruke ledningsføring under husrekker kan selv mindre vannledninger frostsikres effektivt med minimal bruk av varmeisolasjon. Det er særlig om natten eller i andre perioder med liten vannføring at varmevekslingen er mest effektiv. Om dagen vil vannutskiftningen foregå så hurtig at vanntemperaturen i vannrøret er nær konstant. Dette er også tilfellet under sommerforhold. Man unngår dermed uheldig oppvarming av vannet.

Hvis boligene er fundamentert på åpen sprengteinsfylling, kan kald trekk kjøle ned grunnen under boligene. I slike tilfeller må fyllingen tettes f.eks. med et vegetasjonsdekke, eller ledningen isoleres også under boligene.

34 Varmer fra elektriske forsyningskabler

Andre varmekilder som kan utnyttes som et supplement til vann- og avløpsnettets egenvarme, er varme avgitt fra elektriske forsyningskabler. Dette forutsetter bruk av fellesgrøfter. Fordelen ved å utnytte varme som avgis fra elektriske forsyningskabler, er at denne varmen direkte følger belastningen på elnettet, se fig. 34 a og b. Ved elektrisk boligoppvarming vil maksimal belastning falle sammen med ekstreme kuldeperioder når behovet for varmetilførsel til frostsikring er størst.

Det må skilles mellom hovedkabler (høy- og lavspenn) og stikkabler til enkeltboliger. Større forsyningskabler som normalt avgir betydelig varme, krever kjøling. Disse kablene legges derfor utenfor isolasjonssystemet, men i fellesgrøfter med VA-ledningene. Også i dette tilfellet vil varmen som avgis fra elkablene kunne bidra til å redusere frostbelastningen på grøfta og dermed øke frostsikkerheten for VA-ledningene. Hvis hovedkablene legges i finpukk, vil varmeavgivelsen fra kablene kunne forhindre frost i pukklaget rundt kablene. Fordi fellesgrøftene brukes som vannveg for dreisvann, kan et ufrosset pukklag også vinterstid føre noe vann. Man forhindrer dermed at vann som tilføres grøfta, tvinges opp til overflaten der det fryser og kan skape problemer. Vannføring i grøfta vil samtidig kunne sørge for at kablene får en mer effektiv kjøling.

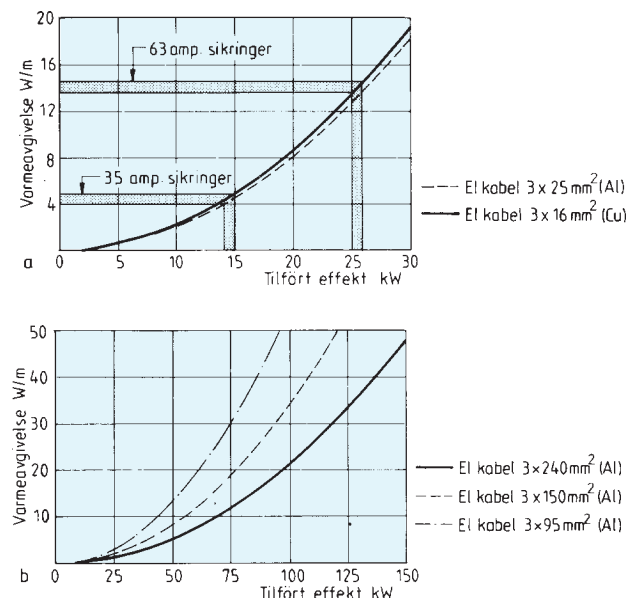


Fig. 34 a og b

Varmeravgivelse fra elektriske forsyningskabler

a. Stikkabel til enkeltbus

b. Fordelingskabler til flere bus (lavspenn)

Varmeravgivelsen fra VA-ledninger til enkeltbus når det ikke er brukt ringledninger, kan være høyst variabel. Her kan frostsikkerheten økes betydelig ved å legge elektriske forsyningskabler sammen med vannledningen inne i isolasjonssystemet, som kan være en isolasjonskasse eller en horisontal isolasjonsplate. Figur 34 a viser at en stikkabel inn til et enkeltbus avgir ca. 2,0 W/m ved en belastning på 10 kW. Samtidig er kablene sikret med sikringer slik at maksimal varmeavgivelse vil være 5 – 15 W/m, avhengig av sikringsstørrelsen.

35 Varmer fra fjernvarmerør

Varmer avgitt fra isolerte fjernvarmerør kan også bidra til å frostsikre VA-ledninger. Varmetapet fra fjernvarmerør er avhengig av flere faktorer som temperaturnivå, isolasjonsutførelse, dimensjoner osv. Fordeleingsledningene for fjernvarmer med beskjedne dimensjoner inne i et boligområde har et samlet varmetap fra tur- og returledningen fra 20 W/m og oppover. Større fjernvarmeledninger har samlet varmetap på 50 – 100 W/m, avhengig av temperaturnivået. Noe av denne varmen kan utnyttes til å frostsikre VA-ledningene.

En måte å isolere fjernvarmeledningene på, som er spesielt velegnet når det brukes fellesgrøfter, er å legge fjernvarmerørene inne i en isolasjonskulvert. Kulverten inngår derved som en del av VA-ledningenes frostisolering i tillegg til at noe av varmetapet fra fjernvarmerørene kan utnyttes. Det er da bare tilstrekkelig med en mindre horisontal isolasjonsplate over VA-ledningene. Dette vil også kunne gi VA-ledningene en viss frostsikring hvis fjernvarmenettet kobles ut i perioder i vinterhalvåret, se fig. 35 a.

Hvis man legger preisolerte fjernvarmerør i fellesgrøfter med VA-ledninger, kan det brukes en horisontal isolasjonsplate over fjernvarmerør og VA-ledninger som vist i fig. 35 b.

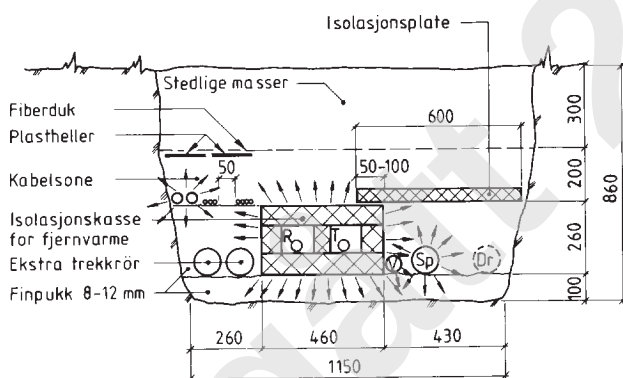


Fig. 35 a

I fellesgrøfter avgir både elkabler, fjernvarmerør og VA-ledninger varme til grunnen.

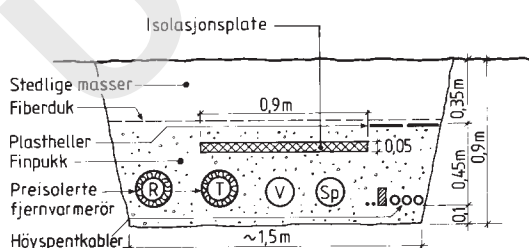


Fig. 35 b

Preisolerte fjernvarmerør i fellesgrøfter med VA-ledninger

36 Elektriske varmekabler

Hvis vannføringen er utilstrekkelig til å frostsikre VA-ledningene, kan varme tilføres eksternt ved hjelp av elektriske varmekabler. Elektriske varmekabler kan også brukes til å tine opp frosne vannrør. Ved bruk av plastrør er det mest effektivt å plassere varmekabelen inne i vannrøret, se fig. 36 a. Denne plasseringen utnytter plastrørens varmeisolerende egenskaper fullt ut. Kabelen kan også trekkes inne i allerede nedlagte rør. Man kan tilføre betydelige effekter for å oppnå en hurtig tining uten at det er fare for overoppheting.

belen inne i vannrøret, se fig. 36 a. Denne plasseringen utnytter plastrørens varmeisolerende egenskaper fullt ut. Kabelen kan også trekkes inne i allerede nedlagte rør. Man kan tilføre betydelige effekter for å oppnå en hurtig tining uten at det er fare for overoppheting.

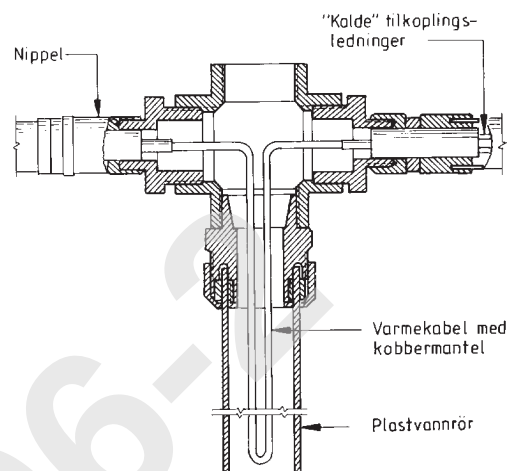


Fig. 36 a

Eksempel på varmekabel inne i vannrør. Varmekabelen kan ha en mantel av kobber, rustfritt stål eller plast.

Varmekabelen kan også plasseres utenpå røret enten dette ligger i en isolasjonskasse eller under en horisontal isolasjonsplate. Det leveres også rør med utvendig påmontert varmekabel, se fig. 36 b. Virkningsgraden for denne varmekabelen, dvs. den delen av den avgitte varmen som tilføres røret, er avhengig av utførelsen. For godt isolerte rør vil en vesentlig del av varmen tilføres røret, men på grunn av dårlig varmeoverføring må effekten begrenses fordi det ellers kan være fare for overoppheting. Hvis det brukes dobbeltrør, vil 40 – 50 % av varmen tilføres grunnen og ikke røret. For å oppnå en hurtig tining av røret må dette kompenseres ved en tilsvarende økning i effekten. Skal en frosset vannledning tines innen rimelig tid, krever det store effekter; spesielt hvis vannledningen har noe størrelse.

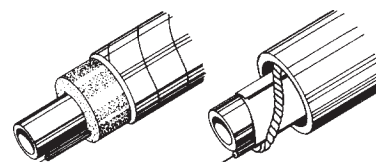


Fig. 36 b

Vannrør med påmontert varmekabel

4 Referanser

41 Forfatter og redaksjon

Bladet er skrevet av Per Gundersen. Saksbehandler har vært Jan Chr. Krohn. Bladet erstatter delvis Byggetaljer A 515.004 utgitt høsten 1982. Redaksjonen ble avsluttet i mai 1992.