

Vinterbilveger og isveger

– en veileder



SKOGKURS

Forfatter:
Truls-Erik Johnsrud

Lay-out:
Eva Stensby

Foto:
Glommens fotoarkiv/
Merete Haagenrud (MH)
Runa E. Skyrud (RS)
Kjell Vikan (KV)
Forsidefoto: (MH)

© Skogbrukets Kursinstitutt 2007
Honne
2836 Biri

ISBN 978-82-7333-158-8

Forord

I nasjonale strategier for økt avvirking blir det vist til store tømmerressurser i marginale skogområder og områder med restriksjoner mot tekniske inngrep.

Bruken av snø og is som transportbane er gammel, men kunnskapene er i ferd med å bli glemt.

Vinterbilveger og isveger er en faglig veileder for dem som ønsker å ta metodene i bruk. Ved riktig bruk av snø, is og tele kan en oppnå kostnadseffektive og gode transportbaner uten større inngrep i terrenget.

Drift til vinterbilveger krever god planlegging og at alle ledd i transportrekkefølgen fungerer i den korte tiden en har til disposisjon. Gode kunnskaper gjør at en kan utnytte mulighetene og redusere risikoen som alltid er til stede når en vil spille på lag med kong Vinter.

Veilederen er finansiert av Landbruks- og matdepartementet.

Biri, 1.september 2007
Skogbrukets Kursinstitutt

Innhold

	Side
Innledning	3
Vegklasse 6 – Vinterbilveg	4
Snø	6
Anlegg av vinterbilveg	9
Is	12
Anlegg av isveger	16
Referanser	21
Borrehullsprotokoll, skjema	22

Innledning

Snø og is har lange tradisjoner som transportbane. Vegbanen i snø er lett å forme og sammen med tele kan en jevne ut terrenget og øke bæreevnen. Veger på islagte vann og vassdrag har fra tidligere tider gitt adkomst til store skogområder.

Maskinutviklingen i skogbruket har vært mer maskinkraft og større lass. Kravet til vegbanen har vært neglisjert og terrengskader oppstår. Det er begrenset hvor langt en kan kjøre i terrenget med lassbærer.

Vinterbilveger er et aktuelt alternativ i marginale skogområder og i sonene med restriksjoner rundt de inngrepsfrie skogarealene. Normaler for landbruksveger med byggebeskrivelse setter krav til transportstandard for Vegklasse 6 – vinterbilveger, men anlegg og preparering er ikke beskrevet.

Vinterbilveger har tradisjonelt vært knyttet til innlandet med stabilt vinterklima og med preparering av kjørebane på myr hvor bæreevne og vegbane blir bygget opp med tele og snø. I Trøndelag med vekslende vinterklima brukes en annen teknikk og flere steder blir en enkel grovplanert veg på fastmark avrettet med snø og is til en jevn bærekraftig kjørebane.

Det foregår en diskusjon om mindre kostnadskrevenveger for tømmerbil i marginale skogområder. Disse vegene bør i forvaltningen legges til et utvidet begrep av vegklasse 6 – Vinterbilveger eller vegklasse 7 – Tung traktorveg.

Vinterbilveger inn i et område må være basert på Hovedplan for skogsveger i kommunen eller lokale områdeplaner.

Kjøring på islagt vann med tungt skogsutstyr er ansett for risikabelt. Nasjonale retningslinjer tilpasset skogbrukets transporter mangler. Forsvaret og Norges vassdrag og energidirektorat (NVE) har interne retningslinjer. NVE's retningslinjer med sikkerhetsfaktor $n = 1,9$ stemmer godt overens med Arbeidsmiljøverket, Umeå og finske vegmyndigheters anbefalinger. God kunnskap og erfaring med is, kreftenes påvirkning og prosessene i isen er nødvendig for å kunne bedømme risikoen ved kjøring på isveger.

Anlegg og preparering av vinterbilveger varierer med lokalklimaet. Kunnskapen ligger hos noen få aktive brukere og er lite tilgjengelig. Riktig kunnskap vil gi flere muligheter til å ta metoden i bruk og kalkulere risiko ved vinterbilveger både i et kostnads- og miljøperspektiv.



Vinterbilveg, grovplanert parsell på fastmark

KV



Kjølskog med vinterbilveg, Stormora i Trysl

MH

Vegklasse 6 – Vinterbilveg

Vegklasse 6 er bilveger for tømmertransport på vinterføre der vegens bæreevne baseres på tele og snø. Vegklassen er egnet i strøk med stabile vinterforhold og lange transportavstander og der tømmerdriftene kan konsentreres på enkelte år med flere års mellomrom. Vegklassen bør bare brukes der det ikke er økonomisk grunnlag for å bygge helårsveg, og der den videre skogbehandling ikke krever bedre vegstandard.

Ved anlegg av vinterbilveger er det vanligvis ikke nødvendig med omfattende terrenginngrep. Når bearbeiding av terrenget i vegtraséen er nødvendig (planering, fylling, sprengning, grøfting etc.), skal byggebeskrivelsen for de øvrige vegklassene følges så langt den passer.

Dimensjonerende aksellast: 13 t på bruer og 10 tonn på veg (vinterakseltrykk).

Normaler for landbruksveger med byggebeskrivelse. Landbruksdepartementet, 1997.

Vegbredde: Vegbredden skal være minimum 4,5 m. Med vegbredde menes kjørebane pluss skulder på hver side (med samme bæreevne som vegen).

Skogrydding: Trær og kratt i veglinjen og kantsonen fjernes i nødvendig bredde.

Stikkrenner: Der det er nødvendig å legge stikkrenner i permanente fyllinger, skal de dimensjoneres etter nedbørs- og avrenningsforholdene. Minste tillatte diameter er 300 mm. Stikkrenner med kun drenefunksjon tillates med diameter ned til 150 mm. Ellers følges de øvrige krav til stikkrenner.

- Planeringsbredde:** Vegtraseen ryddes og planeres i en bredde på minimum 6 m. I tillegg kommer en kantsone på 3 m på hver side av vegen for å oppnå tilstrekkelig stabilitet på det snøpakkede dekket.
- Veggrøfter:** Grøfter skal bare anlegges der det er nødvendig for å beskytte vegen mot vannskader. Dette skal framgå av prosjekteringsplanen.
- Breddeutvidelser:** I fyllinger høyere enn 2 m skal vegbredden økes med 0,5 m.
- I kurver med radius under 60 m økes vegbredden fra 5,0 m til 7,0 m avhengig av kurveradius og kurvelengde. Tabell og kurvedigram i vegnormalene
- Kurvatur:** Minste tillatte radius for horisontalkurver er 20 m målt i senterlinjen.
Minste tillatte radius i vertikalkurver er 200 m.
- Stigning:** Maksimal stigning i lassretningen skal normalt ikke overstige 8 %. Over korte rettstrekninger inntil 60 m lengde, kan stigningen økes til 12 %. Maksimal stigning i returretningen skal ikke overskride 12 %.
I horisontalkurver med radius mindre enn 60 m skal stigningen reduseres, se vegnormalene.
- Vegdekket:** Vegdekket skal holdes jevnt slik at det kan brøytes med bil.
- Møte- og snuplasser:** Anlegges som angitt i prosjekteringsplanen og krav til geometrisk utforming angitt i vegnormalene.



Rundkjøring på myr

KV

Snø

Dannelse i atmosfæren og snødekkets utforming

Når snøkrystaller dannes i atmosfæren, skjer dette ved kondensasjon av vanndamp på en fast mikroskopisk kjerne. De ørsmå krystallene vokser videre ved at det stadig kondenseres vanndamp på overflaten. Krystallfasongen varierer etter temperaturen i luftlaget. Det vanligste er gjerne heksagonale stjerner, men nåle-, prisme- og plateformede krystaller forekommer.

I stille vær faller snøkrystallene rolig, enkeltvis eller som bunter av krystaller. Snøen er til å begynne med løs og lett, og bare hjørnene av krystallene kommer i kontakt med hverandre. Jo flere greiner krystallene har, dess mer luft vil snøen inneholde, og dess lettere og mer porøs blir den.



Figur 1. Nysnøkrystaller

Nysnø-krystallen, figur 1, består av en mengde forgreininger, kanter og hjørner. Den har en lite stabil form og i snødekket starter en omvandling eller metamorfose fra det øyeblikket krystallen kommer til ro på snøoverflaten.

Den første del av metamorfosen består i at krystallenes relieff nedbrytes ved fordampning og kondensasjon. Krystallene forvandles til rundaktige korn. Denne nedbrytende metamorfosen er sterkt temperaturavhengig og går raskest nær 0 °C.

Samtidig som kornene rundes av synker snøen sammen og tettheten øker. Mellom hvert korn oppstår det små isforbindelser eller bruer. Da isen smelter ved store trykk kan to iskrystaller smelte sammen ved at de presses mot hverandre. Er berøringsflatene små kan det spesifikke trykket bli så stort at isen smelter til vann. Vannet presses til siden, trykket avtar og vannet fryser til is som binder sammen de to iskrystallene. Denne prosessen (sintringen) øker kohesjonen i snødekket og gjør snøen i stand til å tåle strekkspenninger.

I vann, H₂O er det en sammenheng mellom tilstanden is, vann og vanndamp varierende med trykk og temperatur. Alle tilstandene opptrer samtidig i snødekket.

Kjennskap til dette er nødvendig for å forstå hvordan vi bruker trykk og temperatur til å forme vegbanen av snøen.

Snøen, en dårlig varmeleder

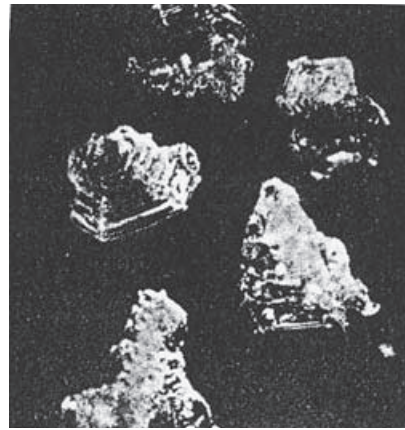
Snøens dårlige varmeledningsevne fører vanligvis til at temperaturen nær bakken holder seg i nærheten av 0 °C, mens toppen av snødekket innstiller seg etter lufttemperaturen, noen steder ned mot - 20 til - 30 °C.

Ved lave lufttemperaturer oppstår det en temperaturgradient i snøen, fra det varme området ved bakken til den kalde snøoverflaten, og vanddampens metningstrykk blir vesentlig høyere nede i snøen enn ved overflaten. Det foregår derfor en vanddamptransport oppover i snødekket ved fordampning i lavere nivå, og en kondensasjon lenger oppe.

Kondensasjonen medfører igjen en formforandring i krystallene, nå en oppbyggende metamorfose. Krystallene utvikler plane flater, de blir til å begynne med terning- eller prismeformet (kornet snø), og hvis prosessen pågår lenge nok, utvikles sekskantede hule krystaller, begerkrystaller. Figur 2.

Samtidig med at den oppbyggende metamorfosen pågår, avtar kontaktflatene mellom krystallene i antall og areal. Snøen får liten kohesjon og dynamisk friksjon, slik at krystallene "renner" utover ved berøring (rennsnø).

Det er vanlig at rennsnøskiktet dannes i snø-



Figur 2. Omdannede krystaller

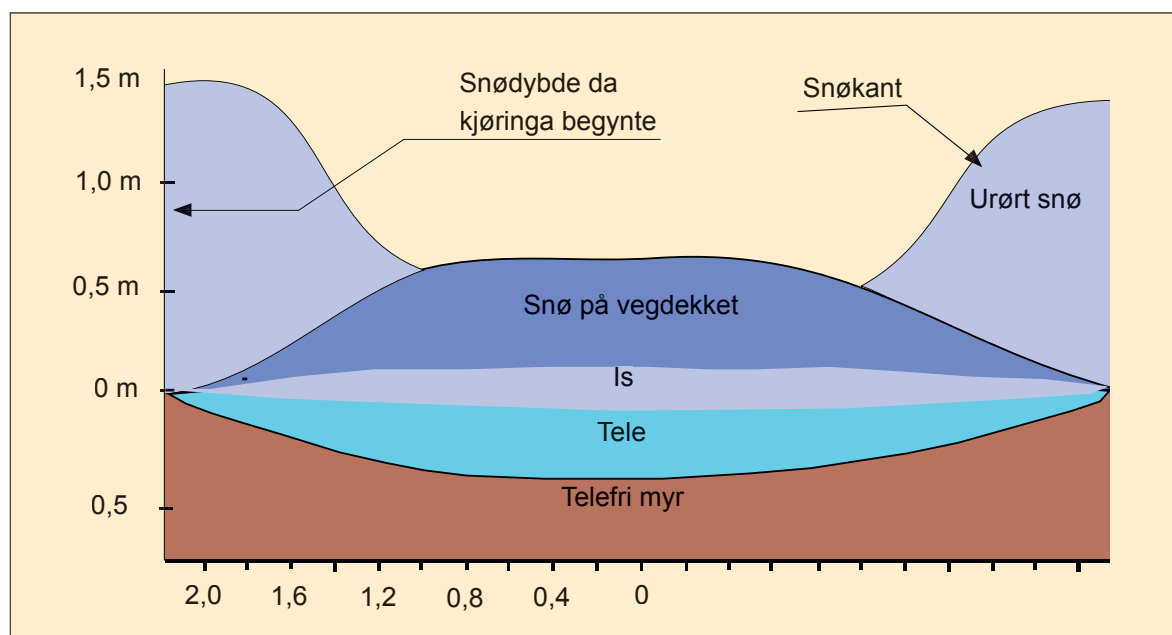
dekket i løpet av vinteren, og det er helst nær bakken at lagene opptrer først.

Lag med rennsnø tåler ofte jevne belastninger av overliggende snølag ol. , men kan ved selv små sjokkbelastninger bryte fullstendig sammen. Det er dette som skjer når vi trår igjennom snødekket eller utløser snøskred.

Snøpakkede veger

I driftsveger er det enklere å pakke snøen sammen enn å brøyte den bort. Riktig utført snøpakking gir under normale vinterforhold en god og bærekraftig veg.

Veglinjen bør være ryddet på barmark og større ujevnheter, sideskråninger ol. bearbejdet. Kravene varierer med vegens transport-



Figur 3. Bunnpakket veg

funksjon, vinterbilveg, traktorveg, skiløype osv.

På spesielt bæresvake partier kan kavling og kvistlegging fungere som armering i det senere frose bærelaget.

På veger med stort transportvolum i løpet av hele vinteren bør en begynne pakkingen av vegen tidlig etter de første snøfallene, slik at snøens isolerende evne svekkes og en får bygget opp en telesåle nedover i bakken. En telesåle med god rotarmering kan oppnå en betydelig bæreevne. Pakkingen bør gjøres så bred som mulig, helst to kjøretøybredder der det er behov for å øke bæreevnen vesentlig, myrer ol. Dette for å bygge opp en telefront som kan holde mot jordvarmen utover vinteren. Vi får en bunnpakket veg. Figur 3.

Snøpakkingen bør skje i perioder med få kuldegrader, og helst like før en venter kaldt vær. Snøen inneholder da mye vanndamp som ved omrøring og sammenpressing fryser til en fast såle med isdannelse.

Temperaturskiftninger er av stor betydning for å oppnå god pakking og sammenfrysing av snøen. Slodding er en fin måte å få blandet snøen på samtidig som vegbanen jevnes ut. Etter hvert som snøkanten bygger seg opp på sidene vil kuldefronten svekkes og vi får

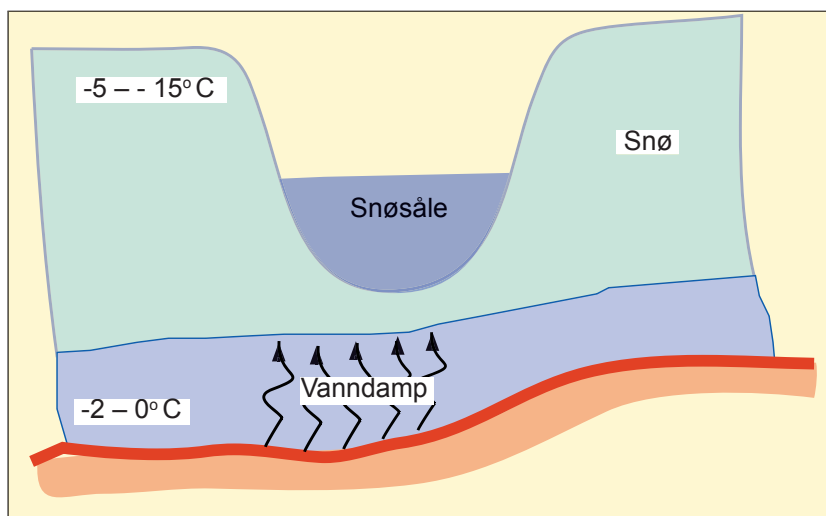
dannet rennsnø innover fra siden. Ut på vinteren kan vegdekket bryte sammen dersom en kommer ut på siden av kjørebanelen. Det er derfor viktig å vedlikeholde pakkingen godt ut til siden av kjørebanelen gjennom hele perioden.

Bunnpakkede veger vil tåle lengre perioder med mildvær og holde lengre utover etter vinteren.

Enklere driftsveger kjøres opp når drifta starter. Er snøen dyp får vi ikke pakket den helt ned til bakken. Snølaget isolerer så telen ikke går ned i underlaget. Vi får en sålepakket veg, figur 4.

Også her er det viktig å få blandet snøen fra de forskjellige lagene godt (krystalltype og vanndamptrykk) for å bygge opp bærelaget. Snøpakkingen bør gjøres godt ut til siden av kjørebanelen for å få ned mest mulig kulde i snøsålen. Der telen ikke går ned i bakken vil snøkrystallene utover vinteren omdannes til rennsnø og kjørebanelen vil før eller siden bryte sammen.

Tyngre skogsmaskiner går til bunns uansett. Ved å kjøre breiere spor (2-3dekkbredder) før markbrudd, kan snøpakking og frost bedre bæreevnen.



Figur 4. Sålepakket snøveg. Omdanning i snølagene

Anlegg av vinterbilveg

Vinterbilveger blir tradisjonelt sett på som aktuelt i områder med stabilt kaldt klima og typiske myrkjølområder. Kunnskap om snø og telens egenskaper viser at vinterbilveger er egnet også i mer variabelt vinterklima. Inn i marginale skogområder blir snø og tele brukt som bære-/slitelag på grovplanerte veger på fastmark og traktorveger, vegklasse 7 med moderate stigningskrav og økt vegbredde.

Vi vil beskrive to metoder, tradisjonell vinterbilveg i kaldt klima og vinterbilveg i variabelt klima.

Planlegging

Større vinterbilvegprosjekt krever planlegging i god tid og er ofte et samarbeid mellom flere skogeiere.

Tilknytting til eksisterende private veger krever at vegrett/bruksrett er avtalt.

Alternative vegkorridorer må klargjøres for å dekke driftsområdene og det enkelte bestand. En gjør unna hogstaktivitet for lengre tidsperspektiv 20 – 30 år når en først går inn med en vinterbilveg. Kart og skogbruksplaner er nødvendige hjelpemidler.

På høsten:

Veglinja gåes opp i terrenget og midtlinja merkes. En må søke egnede steder for kryssing av bekker og vurdere plassering med hensyn til snødrev. Områder med vannsig, oppkommer og der rennende grunnvann kommer opp i dagen bør unngås. Ofte er området litt ut fra myrkanten å foretrekke. Kontrollér myras torvdannelse og dybde med et jordbor.

Vegbredden vil i våtmarksområder være dobbel kjørebredde ca 6 m og med en bearbeidet sone på 3 m på hver side for å få ned telen. På bløt myr bør bredden være noe større opp mot 20 m. På fastmark bør vegbredden bearbeides 4-5 m bred.



Vegbredden varierer med undergrunnen

RS

Anlegg

Trær i veglinja hogges. Stubbene må skjæres i bakkenivået. Terrenget planeres med grave-maskin. Avretting av sideskrånninger med grøfter og drenering på fastmark. På myra avrettes større tuer og ujevnheter. Markvegetasjonen og rotarmeringen bør være mest mulig intakt og virker som armering i islaget som dannes.

Det lages klopper eller legges rør i grøfter og vannsig. Klopper lages av tømmer/stokker som legges i grøfta slik at vannsiget ikke stopper opp. Bar og jord legges på toppen for å isolere og jevne ut kjørebanelen.

Bruer.

Permanente bruer er kostbare i anlegg, midlertidige bruer av tverrspente trebjelkeplater kan være en løsning. Disse legges oppå tresviller som brukar og taes opp igjen etter bruk.



Tverrspent platebru fundamentert på sviller i fyllingen. Grusbros i tre fra Svenska Träbroar.

Preparering av vegbanen

Ved frost og det første snøfallet ofte i november/desember er det viktig å begynne ”tråkkingen av myra”. Snø, vegetasjon og torv isolerer og det er viktig å få trykket dette sammen. En får presset vannet fra undergrunnen opp i snølaget som danner et islag. De første turene kjøres med snøscooter eller en mindre beltetraktor. Tråkking med gravemaskin på belter kan kombineres med at en utfører de forberedende arbeidene. Vegen merkes med brøytestikk/staur på begge sider, bruer og klopper merkes spesielt. Snøen pakkes etter hvert snøfall. Når bæreevnen øker kjøres det med tyngre redskap. Slodd og planskrape er godt egnet til å få blandet snølagene og jevne ut kjørebane. Ved mye snø bør vegen brøytes. Med snøfreser får en kastet snøen ut og en unngår høge snøkanter. Lave snøkanter reduserer problem med drevsnø.

Når tilstrekkelig bæreevne er oppnådd hølves vegbanen med veggøvel. En oppnår en god bearbeiding med blanding av snø- og islagene med forskjellig struktur, og avretting av kjørebane. Vegbredden hølves i god bredde,

på myr ca 7-8 meter for å opprettholde en god teleplate gjennom vinteren.

Telen bør være 50 cm dyp på fast myr og 100 cm dyp på bløt myr for å tåle fullastet tømmer-vogntog. Dersom vegdekket ikke er fast før tømmertransporten begynner kan vanning være aktuelt. En får da dannet et islag med god bæreevne.

Det bør kjøres med redusert last de første turene vegen tæs i bruk.

Vedlikeholdet er snøbrøyting og hølving med veggøvel for avretting av spor og omrøring av snø- og iskrystallene for å opprettholde et hardt snø- og isdekke. Det må hølves i god bredde for å opprettholde telefronten og å unngå rennsnødannelse fra sidene. Det bør være minst mulig snø i vegen.

En godt opparbeidet snøpakket veg med dyp telesåle vil tåle mildværsperioder og være kjørbare til langt ut på ettervinteren.



Pakking av basveg på myr □

KV

Miljøhensyn

Vinterbilveger har sine klare miljømessige fordeler med bare begrensede synlige spor i terrenget. På myrene blir mosen trykket sammen og grasarter vil lettere etablere seg i vegtraseen. På fastmark vil vegetasjonen etter hvert ta tilbake arealet.

Anlegg i vekslende klima

Anleggsmetoden er basert på at gravemaskinen settes inn på værmessig riktig tid (under mildvær før en forventet kuldeperiode) litt før driftsstart. Det er en fordel om snøen er mest mulig fuktig. Prinsippet er her at ved mildvær i nærheten av 0 °C vil de enkelte snøkornene presses sammen med så stort trykk at berøringspunktene smelter for deretter å fryse til is. Ved pakking av snølagene vil en her kunne oppnå en isplate og teledannelse ned i bakken. Vegetasjonen, røttene i myra vil virke som armering i isen.

Det brukes en middels tung gravemaskin på belter.

Fastmarka planeres lett og vegbanen bygges opp av snø og jordmasser.

Over myr komprimeres først snøen med gravemaskin, deretter taes snø fra sidene, helt ned til torva og legges inn, pakkes og avrettes på den komprimerte vegbanen. Over bekker legges stikkrenner tilpasset bekkens størrelse (min 300 mm).

Det er svært viktig at en unngår sidehelling på vegen og ujevnheter i lengderetningen.

Etter at vegen er tilfrosset, kjøres det over med traktor og slodd. Vegen freses ved snøfall.



MH

Is

Veger på is er et foretak på værets og naturens premisser. Når kong "Vinter" slår til, kan isveger være et alternativ også i dagens skogbruk, selv om kjøretøyvekter og leveringsvilkår er radikalt forandret fra den gang kjøring på isveger var mer vanlig.

Med kunnskap om vassdraget, værets betydning, isens egenskaper og ferdighetene med å anlegge isveger har vi mulighet til å ta teknikken i bruk ved behov.

Kjøring på is vil alltid være forbundet med en viss risiko.

Isdannelse

I sjøer og stille vann vil vannmassene avkjøles fra overflaten. Vannets egenvekt er størst ved +4 °C og det oppstår vertikale strømmer i vannmassene ved at det avkjølte vannet synker til bunns. Dette er medvirkende til sein islegging på dype vann. Vannmassene avkjøles ved utstråling og varmeovergang til luften.

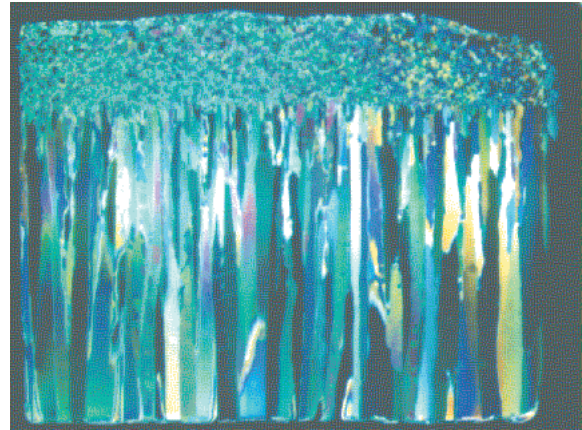
Understrømmer fra bekker og elver, trange sund og bølgebevegelse pga. vind vil skape bevegelser i vannmassene og hindre/reducere isdannelse. Ved anlegg av isveger må en gjøre seg kjent med understrømmer som kan svekke isen

Stålis (kjerneis)

I stille vann skjer isdannelsen på overflaten i flere etapper. Først dannes et nettverk av horisontale aksler med isstaver ut fra kanten med underkjølt vann mellom stavene. Dette fryser til tynne, klare isplater. Isplatene består av krystaller med varierende krystallretning, de vokser med varierende hastighet og krystaller med et gunstig utgangspunkt fyller ut det tilgjengelige volumet. Krystallene er 10-100 mm ved overflaten og strekker seg gjennom hele istykkelsen. Isen som fryser ovenifra og nedover på denne måten danner en blank gjennomsiktig isflate, stålis.

Om det blåser og snør ved den første isdan-

nelsen får det tynne islaget et annet utseende. I stedet for klare isplater dannes den av isnåler, knuste isplater og snøblandet is. Dette påvirker den underliggende stålisen. Krystallene blir som smale pinner (1-10 mm) noe som gjør isen seigere og mindre påvirket av temperatursvingninger. Snøinnblanding i de øverste lagene medfører noe langsommere istilvekst.



Iskrystaller

(Kilde: Ishandboken)

Sørpeis

Ved snøfall vil det flytende isdekket presses ned. Vann kommer opp gjennom sprekker i isen og spres lett over store områder. Vannet suges opp i snøen som fryser ovenifra og ned mot den underliggende isen. Isen blir grå til melkefarget og er ugjennomsiktig, sørpeis. Egenskapene varierer med graden av vann, snø og luft i massene som fryser. Krystallene er mange og små (ca 1 mm) noe som gjør isen seig og forholdsvis sterk. Når sørpeisen er frosset fast til den underliggende isen bidrar den med økt bæreevne.

Fast grå (mørk) sørpeis regnes for å ha god bæreevne, mens porøs hvit (lys) sørpeis har redusert bæreevne.

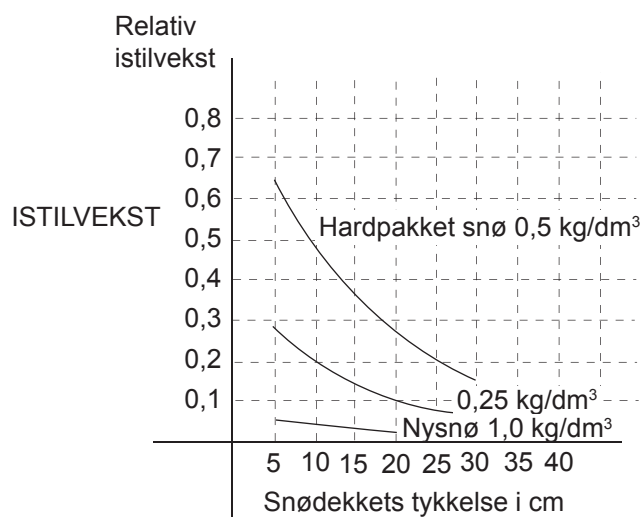
Sarr

I elver avkjøles vannmassene ved utstråling og varmeovergang til luften. I lengre kuldeperioder vil hele vannmassen avkjøles ned mot 0 °C. Varmetapet foregår fra vannets overflatehinne som i frostperioder lett blir underkjølt. Det avkjølte vannet virvles rundt og avkjøler omgivelsene. Iskrystaller dannes omkring kondensasjonsskjerner, sand-, slam-

partikler ol. i vannmassene. Iskrystallene danner ispartikler som vokser og kan opptre i store mengder til en issørpe, sarr. Denne kan fryse fast til elvebunnen, steiner og annen is og når den opptre i store mengder kan den tette igjen vannløpet.

Istilvekst

Istilveksten henger sammen med varmeledningen gjennom det dannede islaget for avkjøling av vannet under isen til den kaldere lufta over isen. Temperaturen i overgangen mellom vann og is er 0 °C og varmeoverføringen fra vannoverflaten til den kaldere lufta er 334 kJ/kg ved isdannelse.



Figur 5. Relativ istilvekst ved snødybde og snøens konsistens (Persson, B.O.E. 1948)

Ved hjelp av varmeledningsekvivalenten er det vist at istykkelsen er proporsjonal med summen av døgnmiddeltemperaturen under 0 °C.

Istykkelsen h i cm gis av: $h = R\sqrt{S}$ hvor S er summen av negative grader og døgn etter isleggingsdato, R er en konstant ($R = 2,2$ for stålis). (Fransson, L. 1994)

Et eksempel:

I stille klart vær med -8 , -10 , -6 , -4 og -4 °C i de siste 5 dagene blir $S = 32$ får vi en istilvekst på blank stålis, ($2,2\sqrt{32} = 12,4$ cm)

Snø er en dårlig varmeleder og særlig lett nysnø isolerer godt og hindrer isdannelse. Figur 5 viser reduksjon av istilveksten ved snødybde og konsistens. Dette viser betydningen av å få brøytet bort eller pakket snøen så fort det er mulig å komme utpå med redskap, f.eks. snøscooter.

Isens mekaniske egenskaper

Is er et krystallinsk materiale i nærheten av smeltepunktet 0 °C. De mekaniske egenskapene er relativt svake ved vannbindingen, men varierer med den geometriske karakteren hos de krystallinske kjernene og temperaturen. Når is utsettes for spenninger kan den som ethvert krystallinsk materiale oppføre seg elastisk, plastisk eller sprøtt.

Ved små spenninger og lav temperatur, elastiske og sprø egenskaper (isflate).

Ved langsomme spenninger over tid og høy temperatur, plastiske egenskaper (isbre).

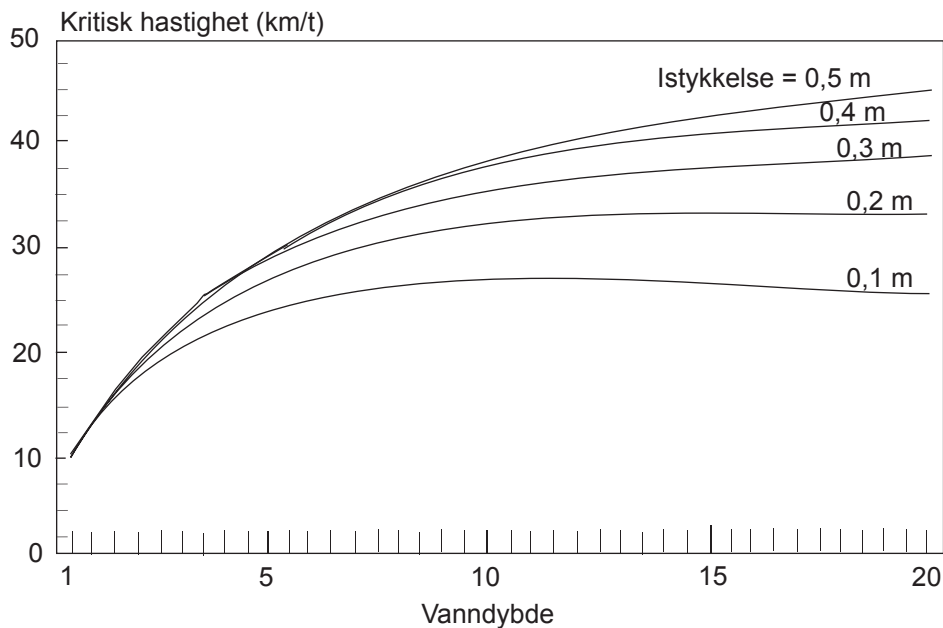
Korttidslaster

For korttidslaster kan isdekke regnes som en lineær elastisk plate på et elastisk underlag. Dette oppstår når et kjøretøy beveger seg sakte over isflate.

Bevegelige laster

Når et kjøretøy beveger seg over isflaten vil nedbøyingen forårsake en vannbølge under isen. Bølgen likner skrogbølgen fra en båt, påvirker isdekket og medfører bøyekrefter som belaster isen.

Om kjøretøyets hastighet nærmer seg bølgens hastighet oppstår resonans. Bølgen når et høydepunkt ved en viss **kritisk hastighet** der risikoen for isbrudd er stor. Isens fysiske beskaffenhet, dybdeforhold, utstikkende odder m.m. spiller også inn på bølgebevegelsene og en bør være oppmerksom på forhold der vibrasjonsbølgene kan oppnå interferens, dvs. den ene bølgen tar igjen, eller møter en annen. Dette er årsaken til at hastigheten må være lav, 5 - 15 km/time og avstanden mellom kjøretøy 50 til 100 meter.



Figur 6. Kritisk hastighet som funksjon av istykkelse og vanndybde. (Fransson, L. 1994)

Langtidslast

Ved langtidslast må en ta hensyn til at isens deformasjoner ved plastisk flytning øker over tid selv om lasten ikke økes. Tiden før plastisk flytning inntreffer, kan variere fra noen timer til bare minutter. Den tidsberende deformasjonen øker når lasten nærmer seg isens bæreevne og temperaturen stiger. Stålis som nærmer seg smeltepunktet deformeres ved at krystallene glir innbyrdes. Dette er årsaken til at en ikke skal parkere et kjøretøy på isen.

Sprekker

Kald is er et sprøtt materiale og strekkfastheten påvirkes i stor grad av uregelmessigheter i krystallene og hyppigheten av småsprekker.

Isdekket på et vann inneholder som regel et tusentall synlige sprekker på en overflate på 10x10 meter. Selv på nylagt is kan det oppstå sprekker pga. bølgebevegelser i vannet. Tykkere is – ca 20 cm – kreves for at temperaturforskjellen mellom isoverflaten og is/vannet under skal bli så stor at spenninger med sprekker oppstår i et tidligere helt isdekke. Disse temperatursprekkene oppstår først på overflaten fordi is i likhet med metaller krymper når temperaturen synker.

I stille kaldt vær høres sprekkdannelsen lang veg som ”drønn” i isen. Sprekkene vil etter hvert fryse til, men vil under resten av vinteren utgjøre et system av glideflater i isen.

Mellom disse store sprekkene finnes mange tørre sprekker med sprekkbredde fra hårfine til noen cm. Disse sprekkene reduserer mer eller mindre isens strekkfasthet varierende med belastningens retning.

Ved store krefter fra temperatur eller vind kan islag brytes og presses oppå hverandre. Som for våte sprekker fryser disse sammen under istilveksten.

Belastningssprekker

Ved økt belastning bøyer isen så mye at radiale sprekker oppstår under lasten og utover fra denne. Sprekkene medfører normalt ikke kollaps av isdekket. De er i starten tørre, men åpnes etter hvert nedenifra. Økes lasten ytterligere oppstår ringsprekker. Disse og alle andre våte sprekker innebærer umiddelbar risiko for gjennombrudd i isdekke.

Tillatt trafikk påvirkes av hvor fort de våte sprekkene fryser sammen og viser nødvendigheten av å variere kjørebanelen.

Mildvær

Ved temperaturer nær null påvirkes bindingene mellom iskrystallene og glidning kan skje uten sprekkdannelse. Særlig ved belastning over lang tid kan deformasjonene bli så store at vann trenger opp.

Når luften og vannet blir varmere enn isens frysepunkt begynner den langsomt å smelte. Solstråler tærer hardt på isen siden varmen kan fanges opp dypt nede i stålisen. Stålisen blir svart, smeltevannet eroderer krystallflatene og isen blir etter hvert helt vanngjennomtrukket.

Isen er ganske råttent, men om den er tjukk og hvit har den noe bæreevne i behold.

Bæreevne

Is har ved null grader en egenvekt på 916,6 kg/m³. Bæreevnen, dvs. oppdriften er vekten av den fortrenkte væskemengden, belastet areal x istykkelsen. Det belastede arealet varierer med kvaliteten på isen og dens elastiske egenskaper. Belastningsradiusen regnes for 3,5 – 4,5 m rundt belastningspunktet for god iskvalitet. (Ager, B. H. son 1963)

Is kan armeres ved å fryse sagflis, kutterflis eller bark inn i isen. En oppnår en større strekkfasthet og et seigere materiale, samtidig som oppdriften øker. Flisvegen er et gammelt begrep på veier over is. Flisa gir også god isolasjon mot solståler som vil tære på isen utover vinteren.

Et naturlig isdekke kan armeres med et rutenett av trestenger som vannes inn. Forsøk viser at det er maksimalt mulig å øke momentkapasiteten med en faktor litt mindre enn 3 ved armering av en isbjelke. En armeringsmengde på 1 % av isens tverrsnittsareal syntes å gi gode resultater. (Cederwall, K og Fransson, L. 1979)

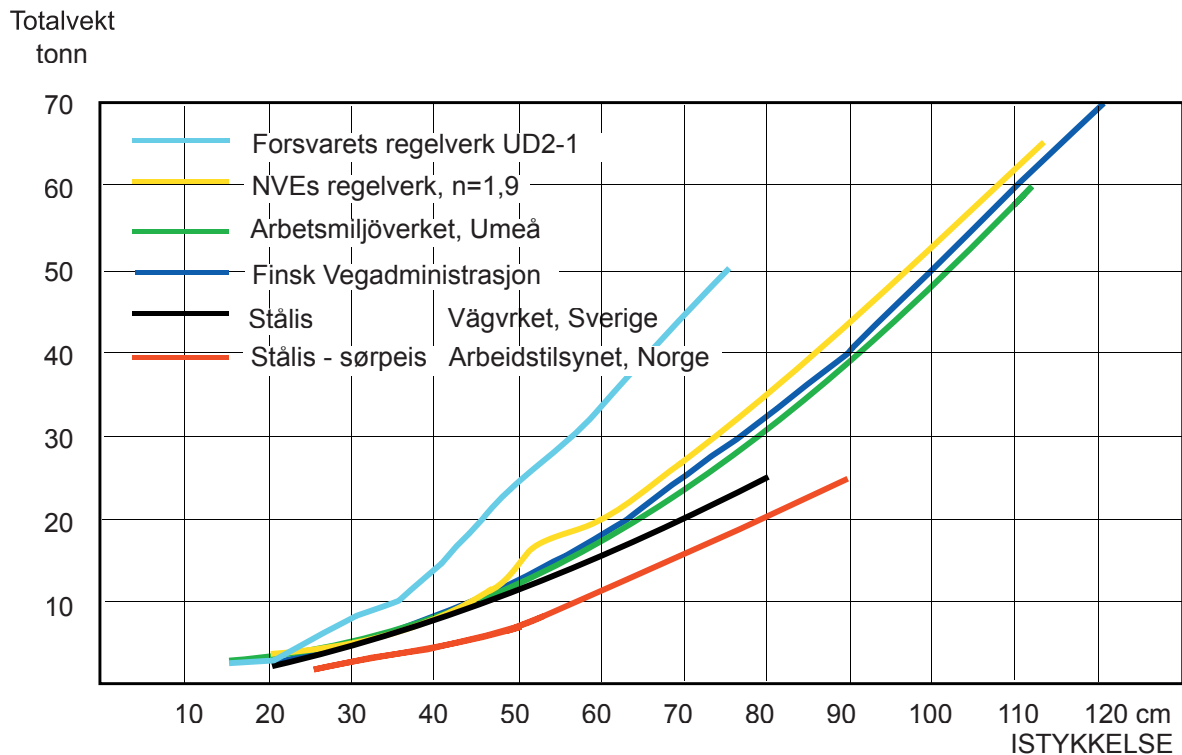
Armering av isdekke reduserer risikoen for akutt sammenbrudd. I praksis vil dette si at istykkelsen kan reduseres med opp til 1/3 for å oppnå samme bæreevne.

Erfaringer fra Canada viser at armering kan redusere istykkelsen med 25 – 35 % på isveger med stor trafikk og totalvekt opp til 70 tonn. (Vassdragshåndboka 1998)

Til kontroll av isens bæreevne refereres erfaringstall som viser kjøretøyvekter og hjultrykk ved varierende istykkelse. Det er store forskjeller i kravene nasjonale og internasjonale institusjoner har til istykkelse ved varierende belastninger og forskjellene er størst ved store belastninger. Vi mangler nasjonale retningslinjer for dimensjonering av isveger, men Arbeidstilsynets nr 485 Kjøring på is (bilag 2), har en anvisning hentet fra normene til Kungl. Väg ock Vattenbyggnadsstyrelsen fra 1948 som vi også finner igjen hos Vägverket, Sverige. Denne er basert på litt andre forutsetninger enn skogbrukets transporter. (Strømnes, R. 1961) (Vägverket, 2002)

Forsvaret og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har interne retningslinjer for kjøring på isbruer.

Figur 7 viser en sammenlikning av noen retningslinjer. Vi ser at NEVs med sikkerhetsfaktor $n = 1,9$, Arbetsmiljøverket, Umeå og Finlands vegadministrasjon ligger nær hverandre også for større laster. (Andersen, R. 1997) (Arbetsmiljøverket, 2003)



Figur 7. En sammenlikning av retningslinjer for istykkelse som funksjon av totalvekten av kjøretøy.

Anlegg av isveger

Ansvar

Kjøring på isveger er forbundet med risiko og det er av stor betydning at den som anlegger vegen, den som står for vedlikeholdet og trafikantene har de nødvendige kunnskaper. Ansvarsforholdet må beskrives og være en del av kvalitetssikringen knyttet til retningslinjer og forskrifter for utførelse av arbeidet. Siden vi mangler nasjonale retningslinjer for drift og kvalitetssikring av isveger tilpasset skogbrukets transport, har vi valgt å tilpasse oss retningslinjene gitt i Isvägar i skogsbruket, Arbetsmiljøverket, Umeå. (Arbetsmiljøverket, 2003)

Anvisningene i heftet er veiledende og det er den enkelte brukers ansvar ut fra lokale forhold å ivareta den nødvendige sikkerheten.

Den som har ansvar og arbeider med isveger må ha god innsikt i:

- Isens egenskaper og bæreevne
- Betydningen av faktorer i naturen som har betydning for isdannelsen; vanddybde, elvemunninger, bekkeos, grunner, trange sund, odder og understrømmer

- Hvordan værforholdene påvirker isen
- Anlegg av isveger
- Kunne kontrollere og bedømme bæreevne og tillatt belastning
- Kjenne til betydningen trafikkintensitet, hastighet, punktbelastninger osv har for sikkerheten
- Kontroll og vedlikehold av vegen under bruk
- Når vegen skal stenges

Den som trafikkerer en isveg har ansvar for å følge anviste trafikkregler, skilt og forskrifter:

- Høyeste tillatte totalvekt
- Hastighet
- Forbud mot å stanse/parkere
- Minste avstand mellom kjøretøy
- Anvist kjørefelt
- Ha åpen rømningsveg i førerhuset (takluke mm.)

Plassering.

Isvegens plassering må vurderes ut ifra hvor en kan oppnå stabile isforhold gjennom vinteren. Understrømmer må kartlegges også ved varierende vannstand. Elvemunninger, bekkeos, grunner, trange sund og odder kan

påvirke vannstrømmene og isdannelsen. Av- og påkjøringene bør legges der stranda er langgrunn. En må være spesielt oppmerksom i regulerte vassdrag.

Anlegg

Isvegen må merkes opp med staker eller kvister og så fort det er mulig bør en brøyte bort snøen slik at isdannelsen øker. Pakking av snøen med snøscooter er effektivt inntil isen tåler tyngre redskap.

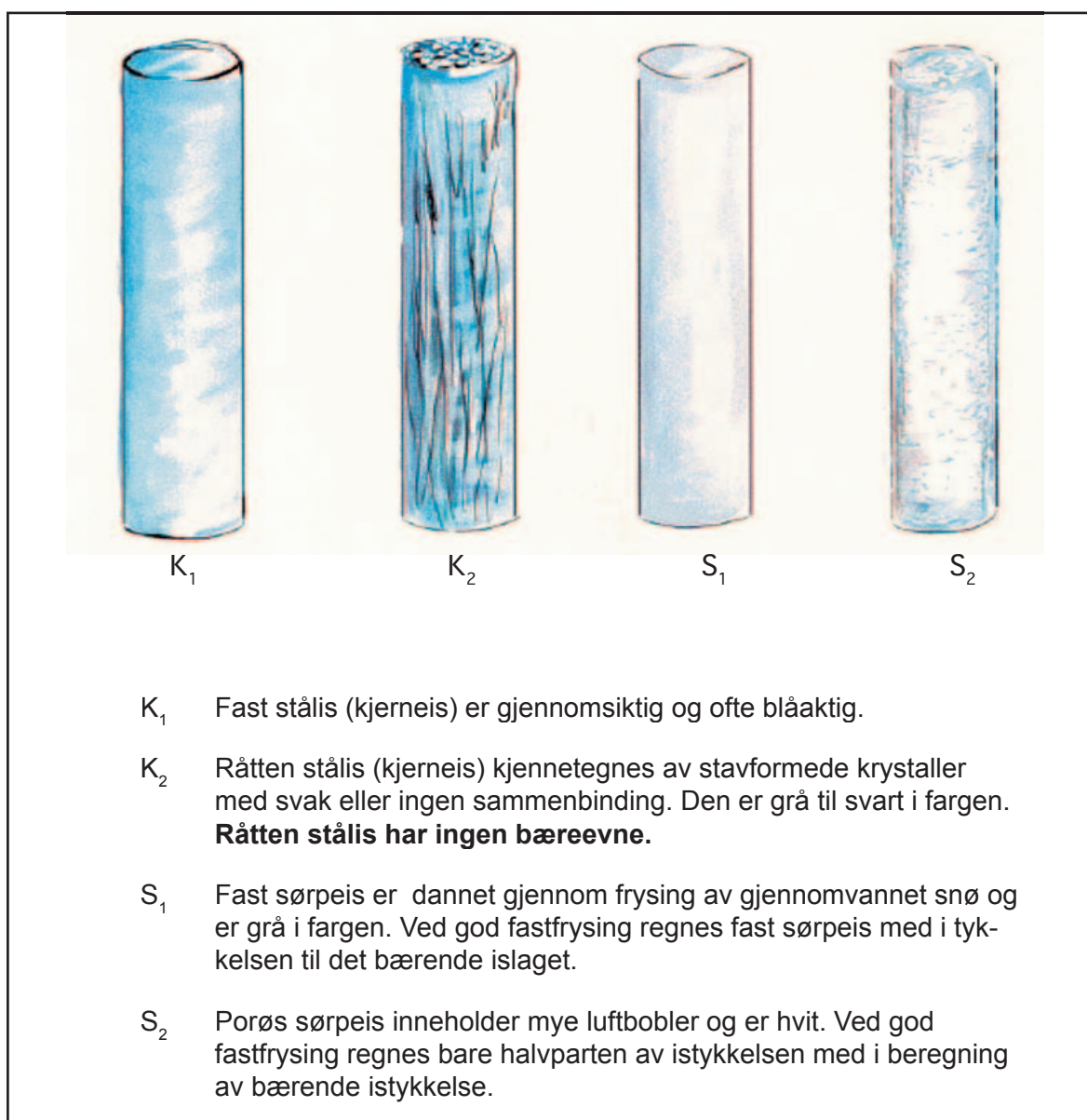
Vegbredden brøytes 10 til 20 ganger kjørebredde slik at nødvendig bærende isflate forsterkes og vegen blir mindre påvirket av snødrev. Vekten av brøytekanter vil danne lokale påkjenninger på isen. Brøytekanter bør derfor ikke være høyere enn 2/3 av istykkelsen.

Ved kjøring må en variere kjøresporene for å hindre tretthetsbrudd i isen. Tyngre kjøretøy kan forårsake sprekker i form av et krakelingsmønster (radielle belastningssprekker) som svekker isen. Trafikken må stoppes eller kjøres utenom til sprekken har frosset igjen.

Er trafikken stor med møtende kjøretøy bør parallelle kjørebaneer med minst 40 meters avstand opparbeides.

Istilvekst

Istykkelsen øker over tid, men jo tykkere isen blir jo seinere går istilveksten. Snøen isolerer og må brøytes bort etter hvert snøfall. For å oppnå rask vekst og å tette igjen sprekker på isoverflaten, kan en pumpe vann i tynne lag ut over kjørebaneen. Isen fryser da



til både ovenfra og nedenfra. Oppvanningen må gjøres slik at en oppnår full gjennomfrysing av eventuelt snølag og god fastfrysing til islaget under.

Armering med flis, bark eller trestokker legges ut så fort isen bærer. Dette for å oppnå god strekkarmering. Armeringen dekkes med is ved oppvanning.

Isens bæreevne

For å kunne bestemme isens bæreevne kreves kjennskap til isens kvalitet og tykkelsen på islagene. Sprekker, overvann og fri iskant (mot åpent vann) er faktorer som påvirker bæreevnen sammen med snødybde, og temperaturen i luften og vannet

Istyper

Det skilles på istypene stålis og sørpeis og på kvalitetene fast og råttent stålis og fast og porøs sørpeis. Råttent stålis har ingen bæreevne.

Bærende istykkelse og kvalitet

Under drift av isveger skal det regelmessig taes borprøver på begge sider langs hele vegen hvor en registrerer istykkelsen og kvaliteten. Avstanden skal før vegen åpnes være 50 – 100 meter som seinere kan økes til 100 – 200 meter. Målinger gjøres, tidlig på vinteren 2 ganger i uka, så etter behov og når isen begynner å smelte minst hver tredje dag. En må da også se etter om isen blir porøs.

Borhullene gjøres med et isbor med diameter under 10 cm og målingen gjøres med en cm-inndelt målestav med en vinkel i enden av staven. Den minste målte istykkelsen av prøvene blir dimensjonerende for isens bæreevne. Borehullet tettes med pakket snø om det kommer opp vann.

Isen kan bestå av flere lag og disse regnes med i istykkelsen bare når de har fullgod sammenfrysing. Sammenfrysingen er fullgod når lagene ikke lett kan deles med en kniv. Kan lagene skilles lett med en kniv skal bare den faste stålisen taes med i beregningen. For å vurdere kvaliteten på isen brukes et kjernebor.

Det skal føres borehullsprotokoll over registreringene som dokumentasjon. Bilag 1.

Beregnet bærende istykkelse:

$$h = K_1 + S_1 + 0,5S_2$$

K_1 = fast stålis
 S_1 = fast sørpeis
 S_2 = porøs sørpeis

Største tillatte kjøretøyvekt kan beregnes ut ifra den bærende istykkelsen:

$$T = (h/14)^2$$

T = Kjøretøyvekt i tonn
 h = minste bærende istykkelse i cm

Tabell 1. Minste bærende istykkelse ved ulike kjøretøyvekter

Totalvekt, T (tonn)	Minste bærende istykkelse, h (cm)	Minste avst. mellom kjøretøy (m)
5	32	50
10	45	50
15	55	50
20	63	50
25	70	50
30	77	50
35	83	50
40	90	50
50	100	100
60	110	100
70	120	100

Kilde: (Arbetsmiljøverket, 2003)

Sprekker der det står vann eller vann trenger opp reduserer bæreevnen betydelig. Kjøretøyvekten skal da reduseres til det halve.

Vann på isen kan skyldes ufullstendig tilfrosset sørpeis, sprekker eller at isen smelter. Årsaken til overvann må være kartlagt før bæreevnen bestemmes.

Ved varmere vær fra mars og utover etter vinteren må en være ekstra oppmerksom på isens tilstand. Ved varmere vær dvs. når

middeltemperaturen overstiger 0 °C de siste tre døgn minskes tillatt totalvekt med 25 %. (Arbetsmiljøverket, 2003) Canadiske myndigheter anbefaler å redusere bæreevnen med 10 % pr dag når lufttemperaturen overstiger – 1 °C og avbryt kjøringen etter 4 dager om lufttemperaturen overstiger + 4 °C. (Hoseth, K.A. 2007)

Tiltak mot varmestråling fra sola er å isolere med sagflis eller kutterspon.

Dokumentasjon

Grunnlaget for å bedømme den bærende istykkelsen skal dokumenteres. Denne skal inneholde en skisse over isvegen med vandedybder og vannets strømrøtning, og borehullsprotokoll for hver måling.

Borehullsprotokollen skal inneholde:

- Hvert målehull gis et nummer og det skal noteres:
 - o Plassering (meter fra 0 punkt, avmerket på skissen)
 - o Istykkelsen og kvaliteten på de enkelte islagene og sammenfrysing
 - o Bærende istykkelse regnes ut
- Det noteres:
 - o Forekomst av sprekker
 - o Forekomst av overvann
 - o Snødybde på isen
 - o Temperatur og værtype
 - o Annet som kan påvirke sikkerheten
- Sted, dato og signatur

Tabell 2. Eksempel på borrehullskontroll

Borrehullsprotokoll

Sted: Isvann	Dato: 25.02.07	Signatur: tej
Temperatur: - 12 ° C	Vær: Klart	

Hull nr	Avstand (m)	Istykkelse (cm) ¹			God sammenfrysing	Bærende istykkelse (cm) ²
		K ₁	S ₁	S ₂		
1	20	70	28	6	Ja	$70+28+6/2=101$
2	40	68	25	10	Ja	$68+25+10/2= 98$
3	63	72	27	8	Ja	$72+27+8/2=103$
4	82	70	26	10	Ja	$70+26+10/2=101$
5	104	72	28	6	Ikke S ₂	$72+28=100$
6	122	70	28	8	Ikke S ₂	$70+28=98$
7	143	72	26	10	Ja	$72+26+10/2 = 103$
Kjerneprøver						
K1	45	69	27	8	Ja	$69+27+8/2=100$
K2	120	72	28	8	Ikke S ₂	$72+28=100$
K3	160	71	26	8	Ja	$71+26+8/2=101$

Anmerkninger

Dimensjonerende istykkelse, 98 cm.

Ikke synlige sprekker eller overvann

- 1) K₁ = Fast stål (kjerneis). S₁ = Fast sørpeis. S₂ = Porøs sørpeis
- 2) Bærende istykkelse = K₁ + S₁ + 0,5 S₂

Referanser

- Ager, B.H.son. 1963
Preparering av virkesavlegg på is.
Studia Forestalia Suecica. Nr 1. 1963.
Stockholm.
- Andersen, R.1997:
Bæreevne for flytende isdekker. Praksis,
retningslinjer og nyere forskning.
NORUT Teknologi as, Narvik 1997
- Arbetsmiljøverket, 2003:
Isvägar i skogbruket
Arbetsmiljøverket, Rapport 2003:1
Umeå 2003.
- Cederwall, K og Fransson, L. 1979:
Försterkning av ett istäckes bärförmåga med
armering, Avd. för konstruksjonsteknik,
Högskolan i Luleå, Publ nr 79:1, Luleå 1979
- Fransson, L. 1994:
Ishandboken, Tekniska Högskolan i Luleå,
Rapport nr CT R 94-1, Luleå 1994
- Hoseth, K.A. 2007:
Isbruer og isens bæreevne. Transparent serie.
NVE, region Nord, Narvik 2007
- Persson, B.O.E. 1948:
Isbildning ock istilväxt på fria vattensamlingar.
Sv. Vägföreningens Tidsskrift nr 8, 1948.
Stockholm.
- Strømnes, R. 1961
Is, istransporter og isavlegg. Forelesninger ved NLH
Det norske Skogforsøksvesen, november 1961.
- Vassdragshåndboka, 1998:
Vassdragshåndboka, Håndbok i forbyningsteknikk
og vassdragsmiljø.
Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo 1998.
Tapir forlag. ISBN 82-519-1290-3
- Vägverket, 2002:
Vägar på sötvattenis, Allmän teknisk beskrivning.
Vägverket, Publikasjon 2002:35
Borlänge 2002 ISSN 1401 - 9612

Borrehullsprotokoll

Sted:	Dato:	Signatur:
Temperatur:	Vær:	

Hull nr	Avstand (m)	Istykkelse (cm)1			God sammenfrysing	Bærende istykkelse (cm)2
		K ₁	S ₁	S ₂		

Anmerkninger

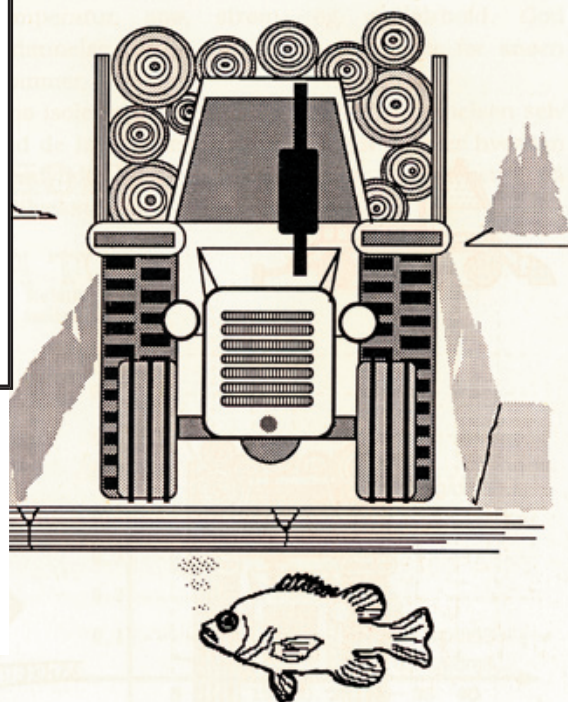
- 1) K₁ = Fast stålis (kjerneis). S₁ = Fast sørpeis. S₂ = Porøs sørpeis
 2) Bærende istykkelse = K₁ + S₁ + 0,5 S₂

BESTILLINGSNR. 485

KJØRING PÅ IS

Stålis	Stålis + sørpeis	Max. bruttovekt	Største akseltrykk
20 cm	25 cm	2.0 tonn	
25 cm	30 cm	3.0 tonn	
30 cm	40 cm	4.0 tonn	
40 cm	50 cm	7.0 tonn	5.0 tonn
50 cm	60 cm	12.0 tonn	7.0 tonn
60 cm	70 cm	16.0 tonn	10.0 tonn
70 cm	80 cm	20.0 tonn	10.0 tonn
80 cm	90 cm	25.0 tonn	10.0 tonn

Tabellen forutsetter godt sammenfrosset isdekke, hastighet under 30 km/time og minste avstand mellom kjøretøy 50 m.



Arbeidstilsynet

