

513

OPPDRAKSMELDING

Krokkogen:
Sårbare naturtyper i forhold til
eventuell tunnellekkasje

Lars Erikstad
Odd Stabbetorp
Svein-Erik Sloreid



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Krokskogen:
Sårbare naturtyper i forhold til
eventuell tunnellekkasje

Lars Erikstad
Odd Stabbetorp
Svein-Erik Sloreid

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

NIKU Oppdragsmelding

Det er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a. Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

NINA•NIKU Project-Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttenes prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelige på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problem eller tema, etc.

Opplaget varierer avhengig av behov og målgruppe.

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern- og turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 15359

Ansvarlig signatur:



Erikstad, L., Stabbetorp, O. & Sloreid, S-E. 1998. Krokskogen: Sårbare naturtyper i forhold til eventuell tunnellekkasje. – NINA Oppdragsmelding 513: 1-10.

Oslo, desember 1998

ISSN 0805-4711

ISBN 82-426-0883-0

Rettighetshaver ©:

NINA•NIKU Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Lars Erikstad

NINA, Oslo

Grafisk produksjon:

Lise Nymark

Tegnekontoret NINA•NIKU

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Kopsentralen AS

Opplag: 100

Trykt på miljøpapir

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Tungasletta 2

7005 Trondheim

Tel.: 73 80 14 00

Fax: 73 80 14 01

Oppdragsgiver: Jernbaneverket, region sør.

Referat

Erikstad, L., Stabbetorp, O. & Sloreid, S-E. 1998. Krokskogen: Sårbare naturtyper i forhold til eventuell tunnellekkasje. – NINA Oppdragsmelding 513: 1-10.

Tunneler kan føre til grunnvannslekkasje og uttørking av naturtyper på overflaten over tunnelen. Som ledd i planlegging av tunneler er det av generell interesse så tidlig som mulig i planprosessen å identifisere områder som kan være sårbare for denne type effekter. Rapporten beskriver en generell områdeklassifisering med formål å identifisere områder i Krokskogen som er sårbare for tunnellekkasje. Analysen er basert på eksisterende kartdata og digitale kartanalysemetoder uten feltkontroll.

Det er etablert to ulike modeller til hjelp for analysen:

- Nedbørfeltmodellen som isolerer fuktige naturtyper som vann og myr og klassifiserer disse etter størrelsen på nedbørfeltene deres.

- Konkavhetsmodellen som isolerer forsenkninger i terrenget og andre konkave terrengposisjoner der det kan forventes naturtyper som er avhengig av et høyt og stabilt grunnvannsnivå.

Analysen er basert på en interpolert 10x10 m høydemodell beregnet ut fra digitale høydekoter fra økonomisk kartverk med 5 m ekvidistanse, samt digitale markslagsdata.

Nedbørfeltmodellen gir resultater som er direkte anvendbare i vurderingen av de ulike traséalternativene, mens konkavhetsmodellen ser ut til å være mer anvendbar som grunnlag for et mer detaljert arbeid når trasévalg er gjort.

Nøkkelord: Sårbare naturtyper, tunnellekkasje, terrengmodellering.

Lars Erikstad, Odd Stabbetorp, Svein-Erik Sloreid, NINA, postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo

Abstract

Erikstad, L., Stabbetorp, O. & Sloreid, S-E. 1998. Krokskogen: Nature types vulnerable to potential leakage due to tunnels. – NINA Oppdragsmelding 513: 1-10.

Building tunnels through hills and mountains can result in leakage problems and thus a drainage of ground water in the area of the tunnel passage. It is of general interest to identify areas vulnerable to such drainage effects when tunnels are planned. The report describes a general classification of specific areas vulnerable for leakage due to tunnels under the forest plateau Krokskogen on the border between Akershus and Buskerud counties, South Norway. The work is based on existing map information without field controls.

Two models are developed for the analysis:

- The catchment model which identifies wet areas such as lakes and bogs and classifies them by the size of their catchment areas.

- The concavity model which identifies terrain depressions and other concave terrain features where vegetation dependent on a stable and high groundwater level may be expected.

The analysis is based on an interpolated 10x10 m digital elevation model (DEM) calculated from digital contour lines with 5 m intervals at a scale of 1:5000, and digital information of land use and vegetation.

The catchment model gives results directly useful for assessment of various possible tunnel routes, while the concavity model is more useful as a basis for more detailed studies when the actual tunnel route is fixed.

Key words: Vulnerable nature types, tunnel leakage, terrain modelling.

Lars Erikstad, Odd Stabbetorp, Svein-Erik Sloreid, NINA, P.O. Box 736 Sentrum, N-0105 Oslo, Norway

Innhold

Referat	3
Abstract	3
Innhold	4
Forord	4
1 Innledning	5
1.1 Området	5
1.2 Bakgrunn	5
1.2.1 Nedbørfeltmodellen	5
1.2.2 Konkavitetsmodellen	5
1.2.3 Kart	6
2 Materiale og metoder	6
2.1 Generelt	6
2.2 Høydemodell og dataanalyse	6
2.3 Digitale markslagskart (DMK)	7
3 Beregninger og diskusjon	7
3.1 Analyse av grunnvannstilknyttede arealer - "nedbørfeltmodellen"	7
3.2 Kartlegging av konkave områder - "konkavitetsmodellen"	7
3.3 Kartene	8
4 Evaluering av konkavitetsmodellen	8
5 Konklusjon og oppfølgende undersøkelser	10
6 Litteratur	10
Vedlegg: 4 kart	

Forord

Dette arbeidet er utført på oppdrag av Jernbaneverket, region sør. I forbindelse med planlegging av ulike tunneltraseer gjennom Krok-skogen har det vært et behov for å klassifisere naturtyper etter hvor sårbare de er i forhold til eventuell tunnellekkasje.

For å gi et fyllestgjørende svar på dette vil det være behov for omfattende arbeid i felt over et stort skogområde. Dette var det ikke tid eller rom for innenfor det aktuelle prosjektet. Formålet med arbeidet er derfor å gjøre en generell områdeklassifisering av sårbar natur med bakgrunn i digitale kartteknikker. Dette representerer en teoretisk analyse av fordelingen av sårbare områder langs de planlagte traseene med utgangspunkt i eksisterende kartdata.

Spørsmålet om sannsynligheten for drenering ved tunnelbygging er ikke behandlet her. Vår rapport konsentrerer seg om naturens sårbarhet i forhold til slik drenering. For en nærmere analyse av sannsynligheten for dreneringseffekter må sårbarheten settes i sammenheng med en risikoanalyse basert på geologiske data.

Oslo, oktober 1998

Lars Erikstad
prosjektleder

1 Innledning

I forbindelse med planene for Bergensbanens forkortelse mellom Oslo og Hønefoss (Ringeriksbanen) er det aktuelt med til dels omfattende tunneler gjennom Vestmarka og Krokskogen. Problemer knyttet til vannlekkasje inn i tunneler med derpå følgende senkning av grunnvannsnivå og skade på naturtyper har den senere tid vært sterkt fokusert. Kostnadene ved å bygge helt tette tunneler er svært høye. Det er derfor behov for å få en oversikt både over risikoen for at slike lekkasjer vil oppstå, og hvor sårbar naturen i tilknytning til tunneltraséene er i forhold til mulige senkninger av grunnvannstanden.

Denne rapporten omfatter en analyse av sårbarheten av naturtyper langs så godt som hele det området som er berørt av traséalternativer gjennom Krokskogen. Analysen er gjort som et rent modelleringsarbeid uten feltkontroll. Feltkontroll i et så stort område representerer svært mye feltarbeid, som det ikke har vært tid til i denne sammenheng. Deler av modelleringen er allikevel evaluert for de arealer der det finnes dekning av digitale vegetasjonskart.

1.1 Området

Krokskogen er et vidt utbredt skogplatå som i vest er skarpt avgrenset med stup og bratte lier mot Tyrifjorden. I øst grenser Krokskogen mot Nordmarka og Bærumsmarka og helt i sør mot lavlandet i Asker og Bærum med tilsvarende stup og bratte lier som på vestsiden. Den sørlige delen av området tilhører Vestmarka. Det er lagt hovedvekt på områdene knyttet til Vestmarka og Krokskog-splataet, selv om undersøkelsesområdet strekker seg utenfor denne avgrensingen i nord (Åsa) og i sør (Sandvika - Skui).

Geologien er dominert av permiske lavabergarter med sedimentære bergarter utenfor skogområdene i nord og sør. Marin grense fra siste istid er på 205 - 220 m o.h. innenfor området. Under marin grense finnes det avsetninger av marin leire. På grunn av strandvasking under landhevingen vil leiren stedvis være vasket ned fra høyereliggende terreng til lavereliggende terreng. Mengden av leire varierer også avhengig av hvordan tilførselen av smelte vann og havstrømmene var under isavsmeltingen. Ellers er det lite og tynt dekke med løsmasser i området.

1.2 Bakgrunn

Utgangspunktet for kartleggingen er en eksisterende forståelse av hvilke naturtyper som er sårbare for tunnellekkasje. For å nærme oss denne problematikken har vi etablert to ulike analysemetoder (modeller) som i rapporten er kalt nedbørfeltmodellen og konkavitetsmodellen.

1.2.1 Nedbørfeltmodellen

Naturtyper knyttet til vann og myr er direkte koblet til vannoverskudd i overflaten. Det er normalt en direkte sammenheng mellom de åpne vannflatene og grunnvannet. Det er derimot ikke sikkert at

grunnvannet i fast fjell er sammenhengende over større områder. Normalt står grunnvannet i sprekker og hulrom i fjellet. De permiske lavaene er imidlertid til en viss grad porøse, med mulighet for grunnvann i porerommene (Rohr-Torp 1987).

Det kan ikke være tvil om at nettopp vann, tjern og myr er de naturtypene som vil være mest sårbare for tunneldrenering. Dette fordi de er naturtyper som er avhengig av mer eller mindre konstant vannoverskudd. Kontakt med grunnvannet vil i denne sammenheng være en viktig faktor, særlig der overflatetilførselen av vann er begrenset. Sårbarheten vil variere etter hvor stort nedbørfelt som drenerer til dem. Vann og myr med store nedbørfelt har stor vann-tilførsel, og de er derfor mer robuste enn vann og myr med små nedbørfelt. Vegetasjon på grunnlendt mark og på mark hvor rot-sjiktet ikke er i kontakt med grunnvannet, er avhengig av regn- og sigevann for å opprettholde sin vannhusholdning. Disse vil derfor ikke bli påvirket direkte av en eventuell senkning av grunnvannet under rotsonen.

Situasjonen med lekkasje og skader på naturen ved Puttjern og Lutvann i forbindelse med byggingen av Romeriksporten gir et godt utgangspunkt for å diskutere grunnleggende kriterier for å klassifisere disse naturtypenes sårbarhet etter størrelsen på nedbørfeltene deres. Ved klassifisering av sårbarhetsnivå har vi tatt utgangspunkt nettopp i disse to vannene og deres nedbørfelt for å etablere realistiske grenseverdier i kartleggingen (se senere). Lutvann er et relativt stort vann med et begrenset nedbørfelt (1,44 km²), mens de to Putt-tjernene er små tjern omgitt av myr i en skarp forkastningsdal nær et vannskille.

For vann og myrer under marin grense er det sannsynlig at det er vasket ned leirholdig materiale i bunnen av vannet. Dette kan være med på å tette vannet slik at det blir mindre sårbart enn vann over marin grense (Snilsberg & Haarstad 1994).

1.2.2 Konkavitetsmodellen

Det finnes også andre naturtyper som kan være sårbare for tunnellekkasje. Vi regner med at dette er naturtyper som i større eller mindre grad er avhengig av kontakt med grunnvann. Slike naturtyper kan forventes i forsenkninger i terrenget og delvis i knekkpunkter under bratte åser og lier der terrenget blir flatere (Snilsberg & Haarstad 1994). Innenfor disse områdene vil vi forvente naturtyper som kan være sårbare for tunnellekkasje uten at dette kan spesifiseres nærmere her, det vil kreve en nøye undersøkelse i felt.

Konkavitetsmodellen er best tilpasset områdene på skogplatået (Krokskogen og Vestmarka). Områdene under marin grense skiller seg ut med betydelig mer løsmasser, hovedsakelig i form av marin leire. Her vil overflateterrenget ikke nødvendigvis avspeile berggrunnens form, og grunnvannsforholdene er også vanskeligere å modellere. Den terrengdekkende analysen som rapporten bygger på, vil derfor være mindre relevant for eventuelle virkninger på naturmiljøet. Eventuelle grunnvannsenkninger vil kunne føre til andre typer skader som f.eks. setninger (Snilsberg & Haarstad 1994). Slike og lignende geotekniske problemer er ikke vurdert her. Arealbruken i disse områdene er også annerledes, bl. a. med mye dyrket mark. Generelt regner vi derfor med at i forhold til naturmiljø-

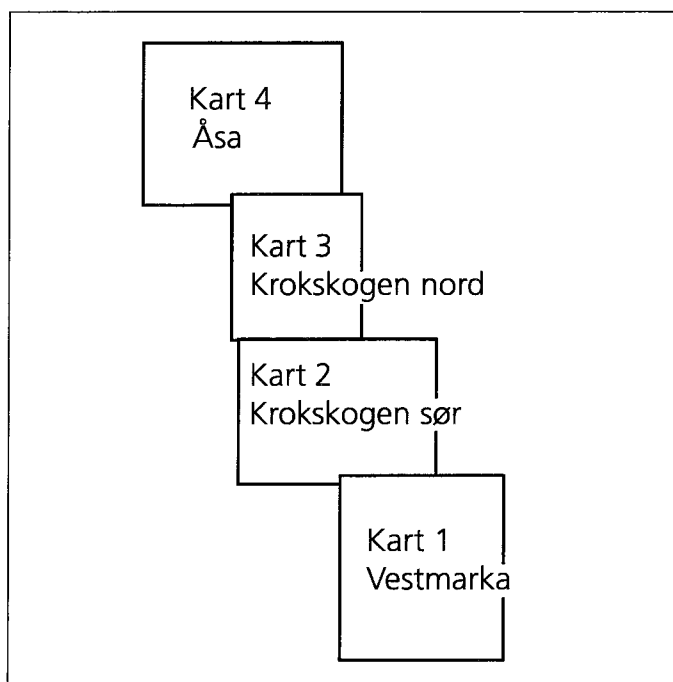
et vil en mindre andel av arealet være sårbart under marin grense enn over.

De aller bratteste områdene er filtrert ut i modellen, som fremhever knekkpunkter og utflatninger i skråningene. Dette er terrengposisjoner hvor en vil kunne forvente kildeutspring (Skjeseth 1958, Rohr-Torp 1987) som kan tenkes å bli brutt av en tunnel innenfor stupkanten, og også områder der effekten av endringer kan slå ut særlig på skogvegetasjonen (Snilsberg & Haarstad 1994). I forhold til Ringeriksbanen er dette særlig aktuelt langs stupet ut mot Holsfjorden og Steinsfjorden. Vi er imidlertid usikre på den geografiske sammenhengen mellom naturtypene og plasseringen av aktuelle traseer, og har heller ikke evaluert modellen i disse terrengposisjonene.

1.2.3 Kart

Vi har etterstrebet å gjøre analysen så enkel som mulig i den forstand at vi har brukt veldefinerte kriterier i utvalg av områder. Dette vil lette bruken av dataene etterhvert som forståelsen av problemet øker. Det gjør det også mulig å innarbeide nye momenter som måtte komme til i en diskusjon om naturens sårbarhet.

Resultatet av analysen er gjort på fire kart i målestokk 1:20 000 (**figur 1**), av trykktekniske grunner gjengitt i målestokk 1:50 000 i rapporten. Hele det aktuelle området er ikke dekket av disse kartene. Et område sør for Sollihøgda er ikke med fordi det her ikke er dekning av ferdig digitale høydedata fra økonomisk kartverk. Konstruksjon av høydemodell har derfor ikke vært mulig i dette området. Av samme grunn er enkelte områder sør i lia ned mot Holsfjorden ikke kartlagt. Her finnes nå tilstrekkelig kartmateriale, men i og med at områdene kun dekker bratte liområder der modellen ikke er fullstendig verifisert, er dette tilleggsarbeidet ikke utført.



Figur 1. Oversikt over kartene. The result of the analysis is shown on four maps (kart1 – kart 4) organised as shown here.

2 Materiale

2.1 Generelt

Sårbarhetsklassifikasjonen er basert på to datakilder:

- Digitale høydekoter fra økonomisk kartverk (ØK) med ekvidistanse 5 meter.
- Digitale markslagsgrenser som også vises på de økonomiske kartene (NIJOS)

I tillegg har vi sammenlignet våre resultater fra disse datakildene med:

Vegetasjonskart over deler av Bærum kommune (kartlegging utført av NIJOS, digitalisert av Bærum kommune). Området er kartlagt etter O. Hesjedals system (Hesjedal 1973). Vegetasjonskartet gir ideelt sett et mer detaljert grunnlag for å kartlegge ulike arealers sårbarhet i forhold til tunnellekkasje. Imidlertid mangler slike kart for store deler av Krokskogen, slik at en full analyse basert på dette grunnlaget ikke er mulig. Vi har trukket ut relevant arealstatistikk fra det eksisterende kartgrunnlaget, og diskutert dette i forhold til de ulike vegetasjonstypenes avhengighet av grunnvannstilknnytning (kapittel 4). Vegetasjonskartet har også dekning inn i området sør for Sollihøgda som ikke er dekket av høydedata. Relevant informasjon om potensielt sårbare områder kan derfor eventuelt suppleres fra denne datakilden.

2.2 Høydemodell og dataanalyse

Høydekotene er brukt som utgangspunkt i konstruksjon av en digital høydemodell (DEM). Ved hjelp av dataprogrammet SURFER (Keckler 1996) genererte vi et rutenett (raster) over hele det kartdekkede området. Hver rute (pixel) i rasteret har et areal på 10 x 10 m. I de tilfellene hvor en høydekote skjærer gjennom en rute, eller et høydepunkt med høydeangivelse faller innenfor ruta, får ruta tilordnet den angitte høyden som verdi. Dette gir et foreløpig rasterkart som gjengir terrenget med samme presisjonsnivå som i grunnlagskartet, men hvor en stor andel av rutene mangler høydeangivelse, spesielt i områder med flatt terreng (og dermed stor horisontal avstand mellom høydekotene).

For at rasterkartet skal bli en heldekkende høydemodell for terrenget, er det nødvendig å beregne en høydeverdi også for de rutene som faller mellom høydekotene. I dette arbeidet er disse høydene interpolert ut fra de kjente verdiene ved hjelp av kriging (lineær modell uten anisotropi og uten noen "nugget effect", se Keckler (1996) for detaljer). Et viktig poeng med denne interpolasjonsteknikken er at den ikke påvirker verdien for de punktene som regnes som kjente på forhånd. Det vil si at punkter langs høydekotene beholder kotens høyde. Områder mellom to høydekoter blir dessuten alltid tilordnet en verdi som ligger mellom de to høydekotenes høyde. Det siste betyr at med økonomisk kartverk som utgangspunkt er 5 m den teoretisk største feilangivelse i modellen (gitt at ØK er eksakt). I praksis vil feilen sannsynligvis ligge langt under 5 m.

Kriging er datateknisk en svært tids-, plass- og hukommelseskre- vende prosess, og det viste seg derfor nødvendig å dele området inn i 4 delområder (**figur 1**). Dette lettet også den videre numeriske behandlingen av høydemodellen. Ved utvikling av høydemodel- len er dataprogrammet MapFactory (ThinkSpace 1997) brukt, og modellen er verifisert gjennom analyse i ArcView Spatial Analyst (ESRI 1996). Databeregningene er til slutt gjennomført i ArcView, og sammenstillingen av kartene er også gjort i dette programmet.

2.3 Digitale markslagskart (DMK)

DMK inkluderer en database hvor hvert delareal (polygon) på kar- tet er knyttet til en rekke ulike egenskaper. Vi har brukt disse opp- lysningene til å plukke ut områder som med stor sikkerhet kan an- tas å representere naturelementer hvor grunnvannsspeilet har stor betydning. Disse naturelementene er vann, myr og "vass-sjuk skogsmark".

"Vass-sjuk skogsmark" er en forstlig betegnelse for skog hvor vir- kes-produksjonen er liten på grunn av høy og stagnerende mark- fuktighet.

De tre nevnte naturelementene forekommer ofte i kombinasjon ved at det rundt tjern gjerne er en myrsone, vass-sjuk skogsmark er ofte iblandet småmyrer osv. Vi har plukket ut alle forekomster av de tre elementene fra kartet, og der hvor de ulike elementene bygger opp sammenhengende arealer, har vi slått dem sammen til ett po- lygon (jfr. kartene). Disse polygonene representerer områder som må antas å respondere på en senkning av grunnvannstanden.

3 Beregninger og diskusjon

3.1 Analyse av grunnvannstilknyttede arealer - "nedbørfeltmodellen"

Den digitale høydemodellen er brukt for å beregne størrelsen på nedbørfeltene til alle vannrelaterte polygoner (vann, myr og vass- sjuk skogsmark). Dette er gjort ved å finne alle høydepunkter i mo- dellen som drenerer til hvert enkelt polygon enten direkte (fra ter- reng til polygon) eller indirekte via andre polygoner høyere opp i nedbørfeltet. Polygonene ble deretter klassifisert etter størrelsen på nedbørfeltet (se kapittel 3.3).

Sammenhengen mellom nedbørsfelt og sårbarhet er at jo større nedbørsfelt som drenerer til et grunnvannsspeil, jo større vil tilsiget være. Desto større tilsiget er, desto bedre vil systemet tåle en even- tuell lekkasje av grunnvann. For klassifiseringen har vi her valgt grenseverdier på henholdsvis 0,5 og 2 km². Disse grenseverdiene er relativt intuitivt valgt ut fra erfaringene fra tunnellekkasjene i Ro- meriksporten, og de bør senere evalueres hydrologisk.

3.2 Kartlegging av konkave områder - "konkavitetsmodellen"

Høydemodellen har også gitt grunnlag for å isolere terreng som lig- ger lavere enn sine omgivelser. Vi har her valgt en beregningspro- sedyre basert på primærdataene (høydemodellen) og ikke kompli- serte avledete datasett som plan- og profilkurvatur. Dette er gjort både for å unngå for stor usikkerhet i beregningene og for å unn- gå tidkrevende utviklingsarbeide. Prosedyre for beregning er gjort som følger:

- Hvert punkt i modellen har en høyde x . For hvert punkt bereg- net vi i tillegg gjennomsnittshøyden (x_m) for alle punkter som ligger innenfor en sirkel med sentrum i punktet, og med en di- ameter på 250 m.
- Deretter beregnet vi differansen mellom punktets høyde og gjennomsnittshøyden ($x - x_m$).
- Punkter som hadde en differanse mindre enn -1 m (dvs. punk- ter som ligger mer enn 1 m lavere enn sine umiddelbare omgi- velse), ble markert ut.
- For å unngå avmerking av sårbarhet i bratte lier er alle punkter med skråninger brattere enn 30% (16,7°) fjernet.
- De resterende punktene ble kontrollert for i hvilken grad de framkom som sammenhengende arealer. Områder som bare bestod av ett eller to punkter (dvs. arealer < 200 m²) ble fjernet.

Resultatet av disse beregningene er presentert i kartene fordi vi reg- ner med at sannsynligheten for grunnvannsavhengige naturtyper er større i slike terrengposisjoner enn i det øvrige terreng. Dette kan enten dreie seg om stående grunnvann, kilder eller ulike kombina-

sjoner av disse og sigevann. En eventuell lekkasje vil kunne gi uttørking av vegetasjonen. Dette gjelder først og fremst konkaviteter med et forholdsvis flatt lengdesnitt. I brattere kløfter og daler antar vi at dreneringen som regel er så god at en lekkasje ikke vil føre til ytterligere uttørking av jordsmonnet, med mindre vi snakker om uttørking av kilder.

Fuktige naturtyper vil ha bestemte vegetasjonstyper. Gitt et påliteleg vegetasjonskart over hele området, kunne slike potensielt sårbare områder i stor grad plukkes ut direkte fra vegetasjonskartet. Siden vi kun har vegetasjonskart for en del av området, har vi valgt å modellere potensielt sårbare områder ut fra terrengdata. Under evalueringdelen (kapittel 4) vil vi imidlertid komme med nærmere betraktninger om sammenhengen mellom konkave områder og vegetasjonen.

Siden diameteren på 250 m er brukt, gir dette både en nedre og en øvre grense på dimensjonen i de terrengforhold som vises. Små forsenkninger og søkk blir ikke avmerket hvis forholdet mellom høydepunktet og middelhøydepunktet ikke påvirkes vesentlig av søkket. Videre vil de midtre deler av store flater heller ikke bli avmerket. Ofte finner vi her vann og myr hvor dette dekkes av polygone i nedbørfeltmodellen. Andre steder vil vide forsenkninger bare få sårbarhetsnatur langs kantene. I og med at kartene viser 5 meters koter vil denne situasjonen være lett synlig på kartene.

3.3 Kartene

Analysen er vist på 4 kart i målestokk 1 : 50 000. Myr, vann og vasssjuk skogsmark er slått sammen til en enhet som er delt i tre sårbarhetsklasser:

- Myr og vann med nedbørfelt < 0,5 km² - Svært stor sårbarhet.
- Myr og vann med nedbørfelt fra 0,5 - 2 km² - Stor sårbarhet.
- Myr og vann med nedbørfelt > 2 km² - Sårbare.

Det er et gjennomgående trekk at de fleste polygonene er lokalisert høyt på Krokskogsplatået, og at en stor del av disse har et lite nedbørfelt og er derfor klassifisert som svært sårbare. Av polygoner som ligger langs sprekke dalene er det i hovedsak de vestligste polygonene som er klassifisert på denne måten, siden vannskille mellom Tyrifjorden og Oslofjorden ligger helt vest på Krokskogen og i Vestmarka.

I tillegg er lavereliggende områder i terrenget (forsenkninger og utflatninger) markert. Disse områdene som representerer en forhøyet sannsynlighet for grunnvannspåvirkete arealer enn det øvrige terreng, dekker store arealer. Kombinert med geologisk risikokart vil eventuelt de mest interessante områdene kunne innsnevres. Risikovurderingene vil også kunne danne grunnlag for å vurdere behov for bedre spesifisering innen denne kategorien. Ellers er den geografiske fordelingen av områdene slik at vi regner med at nedbørfeltmodellen vil være direkte anvendbar ved valg av trasé. Konkavitetsmodellen vil trolig ikke kunne skille mellom de ulike alternativene, men vil derimot være nyttig for å dirigere innsats for mer detaljert kartlegging langs en bestemt trasé, når denne er valgt.

4 Evaluering av konkavitetsmodellen

Vi har gjennomført en evaluering av konkavitetsmodellen basert på eksisterende vegetasjonskart fra Bærum kommune (Jordregisterinstituttet 1989 og tilstøtende, utrykte kart). Vegetasjonskartet er forenklet ved at vi har trukket ut signaturer for de vegetasjonstypene vi regner som "våte". Blant disse finnes både vegetasjonsutforminger tilknyttet sigevann, og utforminger som er avhengig av grunnvannskontakt. Dette framgår av oversikten nedenfor.

Den vegetasjonskartlagte delen av undersøkelsesområdet utgjør 81,7 km², hvorav om lag 2/3 (54,6 km²) ligger over 200m-koten, som vi i denne sammenheng har definert som marin grense. De "våte" vegetasjonstypene utgjør 12,9 km² (23,7%) av arealet.

Over marin grense er følgende vegetasjonstyper viktigst:

Blåbærgranskog (B2) utgjør 23,6 km² (43,3%) av arealet over marin grense. Denne vegetasjonstypen har varierende fuktighetsforhold (Hesjedal 1973), men i hovedsak regnes typen som en utforming som finnes på "friske steder", dvs. relativt god vanntilgang, men uten direkte grunnvannstilknytning. Vi regner derfor blåbærgranskogen som lite sårbar i lekkasjesammenheng.

Lågurtgranskog (C2) utgjør 8,6 km² (15,7 %) av arealet over marin grense. Denne skogstypen har om lag samme fuktighetsforhold som i blåbærgranskogen, og vi regner heller ikke denne som sårbar.

Høgstaudegranskog (C4) er den mest utbredte av de "våte" arealtype, med et areal på 8 km² (14,7 %). Vegetasjonen finnes på næringsrikt substrat med sigevannspåvirkning (Hesjedal 1973). En tunnel-lekkasje kan gi reduksjon i sigevannet nedenfor lekkasjepunktet og føre til uttørking. Skogstypen er meget godt representert innenfor områdene som er definert av konkavitetsmodellen (se senere).

Lav- og lyngrik furuskog (A2) er forholdsvis lite utbredt i området, med 6,1 km² (11,1 %). Skogstypen dominerer i grunnlendte områder, spesielt de med harde bergarter. Vi regner denne skogstypen som den minst sårbare av alle når det gjelder grunnvannslekkasjer. Det bør imidlertid understrekes at det er stor mangel på kunnskap når det gjelder hvor dypt fururøttene kan gå i bergsprekker, og hvor avhengig furua som art er av denne type vannreservoarer.

Småbregnegranskog (B3) utgjør 2,2 km² (4 %) av området over marin grense. Skogstypen er sannsynligvis knyttet til noe bedre vannforsyning enn hva er tilfelle med blåbærgranskogen, men den er sannsynligvis lite sårbar mot tunnellekkasjer.

Torvmyr-gransumpskog (G3) utgjør 1 km² (1,8 %) av området over marin grense. Skogstypen er knyttet til næringsfattige områder med stagnerende og høyt grunnvann. Den er dermed generelt sårbar for endringer i grunnvannsforsyning. Denne vegetasjonstypen overlapper i stor grad med betegnelsen "vasssjuk skogsmark" som er en av polygontypene fra digitalt markslag (DMK) som inngår i

nedbørsfeltmodellen, og sårbarhetsvurderingen er derfor dekket opp der.

Øvrige "våte" vegetasjonstyper utgjør totalt mindre enn 10% av totalarealet over marin grense, og hver for seg dekker ingen av dem mer enn 1 km². Av disse dekkes myrtyperne og vann av nedbørsfeltmodellen (se denne). De øvrige er Storbregnegranskog (B4), Gråor-askeskog (E2), Gråor-heggeskog (E3), Røsslyng-furumyrskog (G1), Bærlyng-furumyrskog (G2), Skogrørkvein-viersumpskog (G4), Riksumpskog (G5), Svartorsumpskog (G6) og Fukteng (S2). Av disse er B4, E2 og E3 i første rekke sigevannsavhengige typer (jfr. høgstaudegranskogen ovenfor). De andre er mer knyttet til høy stabil grunnvannsstand og er i likhet med myrene i hovedsak dekket av nedbørsfeltmodellen.

Sammenhengen mellom konkavitetmodellen og vegetasjonen er overveiende god. I **tabell 1** er det presentert en indeks som viser i hvor stor grad den enkelte vegetasjonstype er knyttet til områder

som fanges opp av konkavitetmodellen. Beregningen av indeksverdien gjøres ved å se på vegetasjonstypens andel av konkavitetssområdene i forhold til vegetasjonstypens andel totalt. F. eks. dekker høgstaudegranskogen 14,7 % av området over marin grense, mens den dekker hele 29,5% av konkavitetssområdene over marin grense. Den er altså drøye dobbelt så vanlig i konkavitetssområdene som det en ville forvente hvis vegetasjonstypen forekom uavhengig av konkavitetssområdene (indeksverdi på 2,01). Vegetasjonstyper som er overrepresentert i konkavitetssområdene, vil få en indeksverdi >1, mens en indeksverdi <1 angir underrepresentasjon av vegetasjonstypen. Av tabellen (som er sortert etter synkende indeksverdi) framgår tydelig at de "våte" vegetasjonstypene er overrepresentert i henhold til modellen, mens de tørre i hovedsak forekommer utenfor konkavitetssområdene. Vi anser derfor at konkavitetssområdene gir et rimelig bilde av områder som har forhøyet sannsynlighet for å inneholde sårbare naturtyper.

Tabell 1 Sammenheng mellom vegetasjonstyper og konkavitetssområdene. For hver vegetasjonstype er vist standard kode for vegetasjonskartlegging, navn, areal av typen over marin grense i undersøkelsesområdet (% av totalt areal i parentes), og en indeks for forekomst av vegetasjonstypen innenfor de konkave områdene (se kap. 4 for forklaring). Vegetasjonstyper tilknyttet sige- eller grunnvann er angitt med fet skrift.

The relation between vegetation types and the concavity model. For each vegetation type the mapping code, the name, area of the type above marin limit (% in parentheses), and an index for occurrence within the concave areas (see ch. 4 for explanations). Vegetation types mostly found in wet areas are shown in bold.

kode	vegetasjonstype	areal i daa (%)	index
G5	Riksumpskog	7 (<0.1)	3.58
S2	Fukteng	5 (<0.1)	3.49
G4	Skogrørkvein-viersumpskog	691 (1.3)	3.22
H4	Rikmyr	9 (<0.1)	3.15
H3	Mellommyr	87 (0.2)	2.77
G6	Svartorsumpskog	202 (0.4)	2.70
B4	Storbregnegranskog	442 (0.8)	2.65
E4	Varmekjær hagemarkskog	14 (<0.1)	2.55
G3	Torvmyr-gransumpskog	1 008 (1.8)	2.40
U4	Annen jorddekt fastmark	31 (0.1)	2.36
G1	Røsslyng-furumyrskog	84 (0.2)	2.04
G2	Bærlyng-furumyrskog	171 (0.3)	2.02
C4	Høgstaudegranskog	8 003 (14.7)	2.01
E2	Gråor-askeskog	126 (0.2)	1.96
H2	Fattigmyr	288 (0.5)	1.68
R	Engsamfunn uspesifisert	20 (<0.1)	1.61
E3	Gråor-heggeskog	419 (0.8)	1.49
C3	Vanlig hagemarkskog	165 (0.3)	1.42
XX	Bebyggd areal	104 (0.2)	1.36
U2	Beitemark	82 (0.2)	1.23
B3	Småbregnegranskog	2 204 (4.0)	1.14
U1	Fulldyrka mark	211 (0.4)	1.13
R1	Beitevoll surbunn	4 (<0.1)	0.99
C2	Lågurtgranskog	8 587 (15.7)	0.77
UR	Ur	47 (0.1)	0.74
H1	Risomyr	140 (0.3)	0.66
B2	Blåbærgranskog	23 623 (43.3)	0.61
C1	Kalkfurusog	12 (<0.1)	0.54
A2	Lav/lyngfurusog	6 084 (11.1)	0.47
E1	Alm-lindeskog	450 (0.8)	0.31
R4	Ødeeng på kalkrik grunn	6 (<0.1)	0.30
R2	Beitevoll kalkrik	8 (<0.1)	0.18

5 Konklusjon og oppfølgende undersøkelser

Kartene er produsert etter enkle tekniske kriterier for å være best mulig etterprøvbare i en diskusjon om sårbarhet i ulike naturtyper på Krokskogen. Selv om algoritmene som er brukt utvilsomt kan utvikles videre, gir kartbildet et godt inntrykk av generell sårbarhet i forhold til tunnellekkasje. Muligheten til å gå videre med spesifisering av risiko for slik lekkasje og også i forhold til enkeltområders naturverdi er til stede.

Nedbørfeltmodellen gir resultater som er direkte anvendbare i vurderingen av de ulike traséalternativene. Konkavitetsmodellen ser ut til å være mer anvendbar som grunnlag for et mer detaljert arbeid når trasévalg er gjort.

Konkavitetsmodellen gir ellers godt konsistente data over marin grense sammenlignet med eksisterende vegetasjonskart for Bærum kommune. Modellen er tilpasset skogplatået og er mindre egnet eller mer usikker for arealene under marin grense og i lia i kanten av skogplatået.

Når det gjelder nedbørfeltmodellen, bør det utføres en hydrologisk evaluering for å etablere mer realistiske grenseverdier for de ulike sårbarhetsklassene.

Det bør vurderes å gjennomføre en nøyere kartlegging av de potensielt sårbare områdene langs den traséen som velges, for å kunne anbefale avbøtende tiltak for de delene av disse arealene som reelt er sårbare. Dette omfatter også en sjekk på kilder og kildehorisonter i lia mot Holsfjorden og Steinsfjorden.

Det bør vurderes å gjøre en undersøkelse knyttet til eksisterende vannforsyningstunnel fra Holsfjorden til Bærum. En slik undersøkelse vil kunne gi svar på om lekkasjer av en gitt størrelsesorden faktisk fører til skade på naturen i denne typen terreng.

Når en eventuell tunnel bygges, bør det også vurderes et overvåkningsprogram for å sikre at forutsetninger om lekkasjenivå og skadenivå ikke overskrides.

6 Litteratur

- ESRI. 1996. ArcView GIS. - ESRI, Inc.
 Hesjedal, O. 1973. Vegetasjonskartlegging - NLH.
 Keckler, O. 1996. SURFER for Windows, v. 6. - Golden Software, Inc.
 Rohr-Torp, E. 1987. Drøbak 1814 II Beskrivelse til hydrogeologisk kart - M 1:50 000 (med fargetrykt kart). - NGU Skrifter 78: 1- 19.
 Skjeseth, S. 1958. Norske kilder. Meddelelser fra vannboringsarkivet nr. 7. - NGU 203: 98-107.
 Snilsberg, P. & Haarstad, K. 1994. Tunneltrasé Oslo - Ski. Generell vurdering av grunnvannsforhold. - Jordforsk upubl. rapport: 1-27.
 Jordregisterinstituttet (NIJOS). 1989. Vegetasjonskart over Bærum. Kjaglia 1: 10 000. - Bærum Oppmålingsvesen.
 ThinkSpace. 1997. MapFactory Module Reference. - ThinkSpace Inc.

Krokskogen: sårbare naturtyper i forhold til eventuell tunnellekkasje

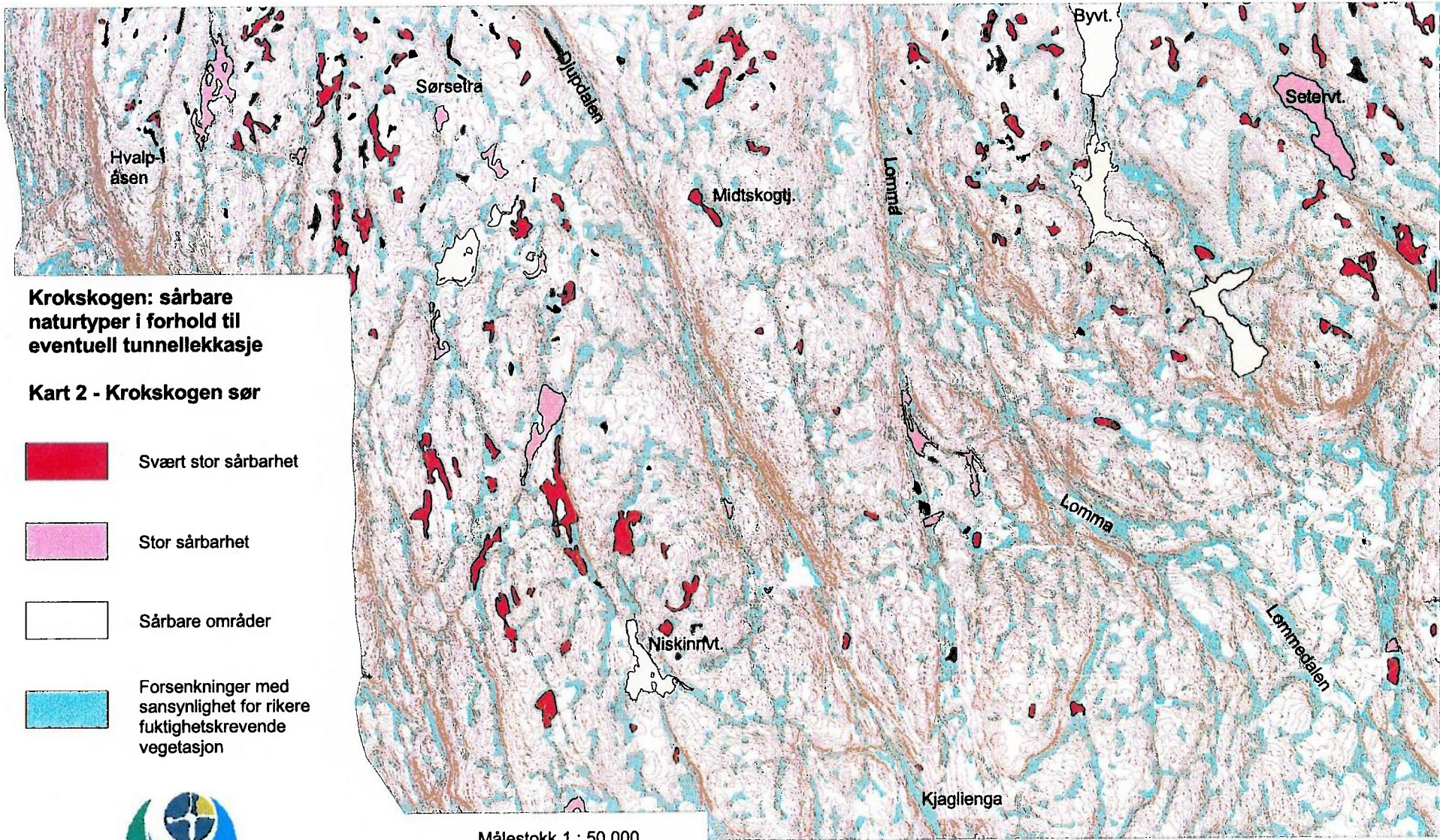
Kart 1 - Vestmarka

-  Svært stor sårbarhet
-  Stor sårbarhet
-  Sårbare områder
-  Forsenkninger med sansynlighet for rikere fuktighetskrevenende vegetasjon

Målestokk 1 : 50 000



NINA • NIKU



Krokskogen: sårbare naturtyper i forhold til eventuell tunnellekkasje

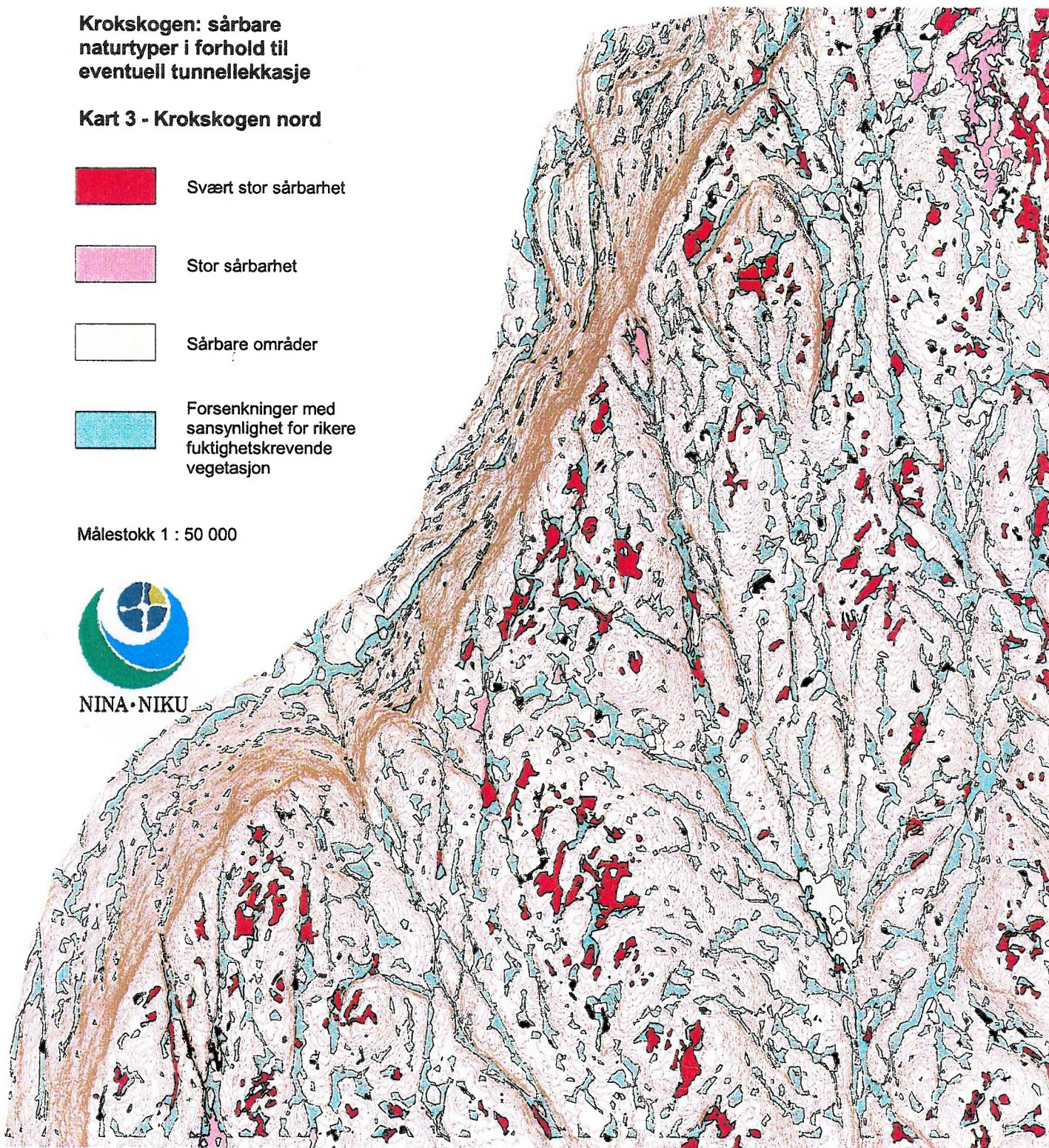
Kart 3 - Krokskogen nord

-  Svært stor sårbarhet
-  Stor sårbarhet
-  Sårbare områder
-  Forsenkninger med sansynlighet for rikere fuktighetskrevede vegetasjon

Målestokk 1 : 50 000



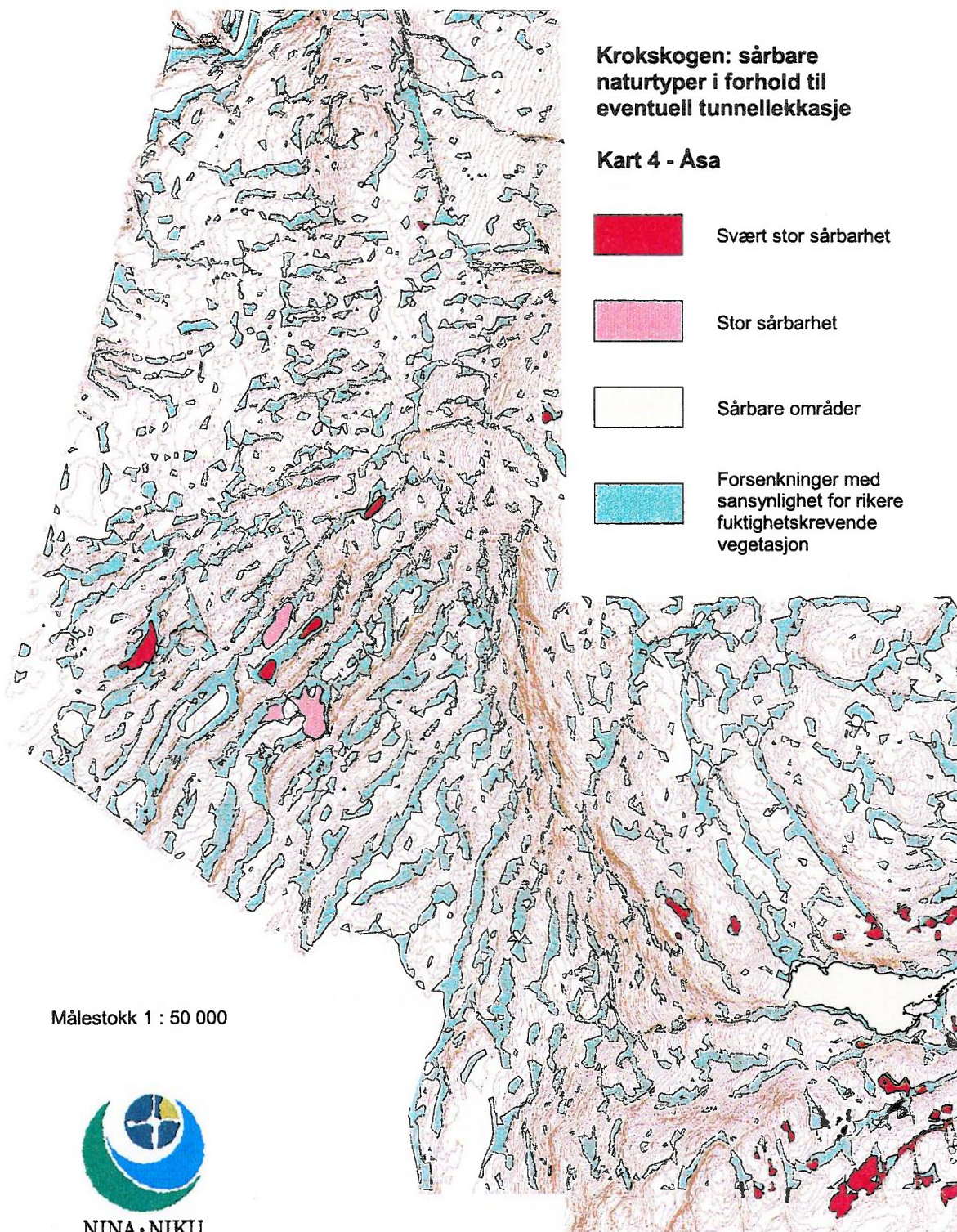
NINA • NIKU



Krokskogen: sårbare naturtyper i forhold til eventuell tunnellekkasje

Kart 4 - Åsa

-  Svært stor sårbarhet
-  Stor sårbarhet
-  Sårbare områder
-  Forsenkninger med sansynlighet for rikere fuktighetskrevede vegetasjon



Målestokk 1 : 50 000



NINA · NIKU

ISSN 0805-4711
ISBN 82-426-0883-0

513

**NINA
OPPDRAGS-
MELDING**

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7004 Trondheim
Telefon: 73 58 05 00
Telefax: 73 91 58 33

NINA Avd. for landskapsøkologi
Dronningens gt. 13
Postboks 736 Sentrum
0105 OSLO
Telefon: 23 35 50 00
Telefax: 23 35 50 01

**NINA
Norsk institutt
for naturforskning**