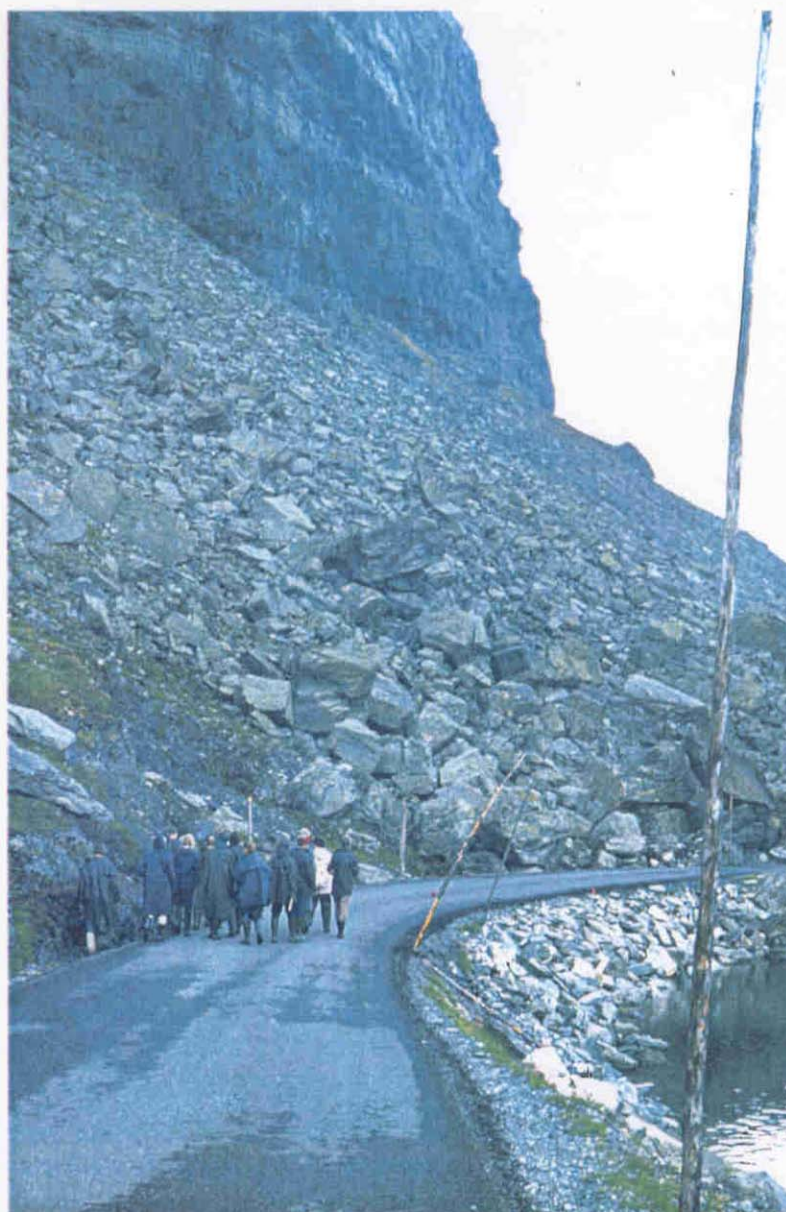


Intern rapport

Intern rapport nr. 2334

Litt om vegbygging i ur



Statens vegvesen
Vegdirektoratet

Teknologiavdelingen

Intern rapport nr. 2334

Litt om vegbygging i ur

Sammendrag

Denne rapporten er et sammendrag av foredrag og kursinnlegg om emnet vegbygging i ur som forfatteren har holdt i forskjellige fora, først og fremst for ansatte i Statens vegvesen. Innholdet er samlet over mange år gjennom litteraturstudier, innhenting av data fra vegvesenet i andre land som bygger veg i ur, fra mange samtaler med anleggsfolk i Statens vegvesen og fra en hovedfagsoppgave i naturgeografi/geologi ved Universitetet i Oslo.

Rapporten består av 4 deler:

Første del omhandler klassifisering av ur, dvs. en presentasjon av de vanligste urtypene.

Andre del beskriver urenes oppbygning og forskjellige forhold som er av betydning for urenes stabilitet. Hovedelementet i denne delen er en modell som viser hvordan man ut fra ytre, dvs. synlige forhold, kan si noe om hvordan urene er bygget opp innvendig.

Tredje del gir en enkel oversikt over undersøkelsesmetoder i ur, bl.a. hva som kan gjøres på kontoret (litteratur, kart, flybilder, osv.) og enkle vurderinger i felt. En tabell viser hvordan man i felt kan gjøre visuelle vurderinger av urens stabilitet.

Fjerde del gir eksempler på mye brukte metoder for arbeids- og permanent sikring av veg i ur.

Emneord: *Ur, klassifisering, oppbygning, stabilitet, undersøkelser, sikring*

Kontor: *Seksjon for geo- og tunnelteknikk*

Saksbehandler: *O.P. Wangen*

/ olewan

Dato: *17.09.03*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Teknologiavdelingen

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo

Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

Innhold

Innledning.....	2
Klassifisering av ur.....	2
Rasur.....	3
Fjellskred-tunge.....	3
Steinsprangskråning og raskjegle.....	3
Snøskredur.....	4
Flomskredvifte.....	5
Overgangsformer.....	6
Urenes indre oppbygning.....	6
Forhold av betydning for urenes stabilitet.....	8
Indre faktorer.....	8
Ytre faktorer.....	9
Geologiske faktorer.....	9
Klimatiske faktorer.....	12
Botaniske faktorer.....	12
Undersøkelsermetoder i ur.....	12
Forundersøkelser.....	12
Litteratur- og kartstudium.....	12
Feltundersøkelser.....	12
Feltkartlegging og visuell vurdering.....	12
Seismiske undersøkelser.....	14
Boring og graving.....	14
Bygging og sikring av veg i ur.....	15
Arbeidsikring og utgraving.....	15
Permanent sikring.....	18
Urmassene fjernes.....	18
Skråningshelningen økes.....	18
Urprofilet beholdes intakt med forstøtningstiltak.....	19
Sammendrag over permanent sikring av skjæringer i ur.....	20
Drenering.....	21
Litteratur.....	22

Innledning


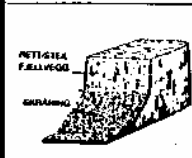
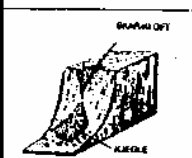
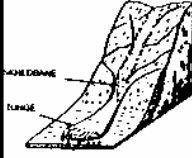
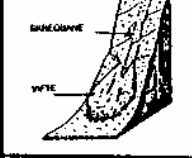
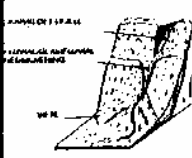
Ur er blokk- og steinrike avsetninger fra hurtige massebevegelser, det vil si fra bergskred og steinsprang.

Ur er ansamlinger av store, skarpkantede steinblokker nedenfor bratte bergvegger. Blokkene er brutt løs fra berget av forvitningsprosesser, og er deretter transportert ned bergveggen av tyngdekraften, eventuelt med innvirkning av rennende vann og/eller snøskred. Den viktigste forvitningsprosessen er frostsprengning. Derfor finnes de fleste aktive urene i høyfjellet og i arktiske områder, dvs. i områder hvor det er raske vekslinger mellom frost og tining.

Klassifisering av ur

I det følgende er alle skråningsvinkler gitt i 360° .

Et forenklet klassifiseringssystem for ur

RAS - UR	FJELLSKRED-TUNGE	Fjellskred		Konkavt lengdeprofil	$0^{\circ} - 15^{\circ}$ (- 40°) Bratt skråning sjelden	Storblokkig avsetning dannet av fjellskred. Materialet skarpkantet. Dannelsen av denne typen ur er vanligvis en engangsforeteelse på en gjeldende sted.
	STEINSPRANGSKRÅNING ELLER SAMMENHENGENDE BLOKKSkrÅNING	Steinsprang		Rettilinjet lengdeprofil som blir konkavt mot foten	$20^{\circ} - 45^{\circ}$ Vanlig $20^{\circ} - 40^{\circ}$ Avsetninger som er dannet ved steinsprang har brattare gradient enn de som er dannet ved fjellskred.	Ansamling av store og skarpkantede blokker nedenfor en bratt fjellvegg. Innhold av finstoff skyldes dels nedkussing ved fall fra fjellveggen, dels forvitring i fjellveggen og av materialet i ur. Blate og glimmerrike bergarter gir mer finstoff ved nedkussing, forvitring og harde og glimmerfattige.
	RASKJEGLE ELLER STEINSPRANGKJEGLE	Steinsprang		Rettilinjet lengdeprofil som blir konkavt mot foten	Som for steinsprangskråning.	Kjegliformet ansamling av skarpkantede blokker nedenfor en kløft i en bratt fjellvegg. Formen er stadig modifisert av snø- og flømskredaktivitet. Finmateriale: Som for steinsprangskråning. Mer finstoff kan også være tilført av snø- og flømskred. Stor porøsitet gjør at bekker forsvinner før de når uras fot.
SNØSKRED - UR	SNØSKREDBLOKKTUNGE	Snøskred		Konkavt lengdeprofil	$0^{\circ} - 30^{\circ}$ Vanligvis lavere gradient enn urene dannet ved steinsprang.	Består av kantet materiale som er løsrivet, transportert og avsatt av snøskred. Kan også inneholde materiale fra steinsprang og flømskred.
	SNØSKREDEVIFTE	Snøskred		Ofte rettilinjet lengdeprofil som blir konkavt mot foten	$15^{\circ} - 35^{\circ}$ Vanligvis lavere gradient enn for raskjegler.	Består av samme type materiale som snøskredblokkungen. Vifteformen kan ofte skyldes at raskjegler er blitt modifisert av snøskred. I forhold til raskjegler har snøskredvifter en lav porøsitet. Eventuelle bekker vil derfor renne i overflaten helt ned til foten av viften.
FLØMSKRED - UR	FLØMSKREDEVIFTE	Flømvann i bratt terreng		Konkavt lengdeprofil	$5^{\circ} - 25^{\circ}$ vanlig $0^{\circ} - 20^{\circ}$	Bygget opp av materiale som er løsrivet, transportert og avsatt av bratte flømskred. Steinmaterialet er derfor noe rundet, ikke kantet som i de andre ur-typene. Flømskredvifter danner ofte overgangsformer med snøskredvifter og raskjegler. Innvasking av finstoff i avsetningen gir lav porøsitet, bekker vil derfor renne i overflaten helt ned til foten av viften.

Det finnes mange overgangsformer mellom disse urtypene.

Fig. 1: Et forenklet klassifiseringssystem for ur. Sammenstillet på grunnlag av Blikra m.fl. (1989) og Etzelmüller (1996).

Rasur

Rasur (Fig. 1) er dannet ved steinsprang og/eller bergskred. I overflaten har de et lag med store, skarpkantede og løst pakkeblokker og stein. Under dette ytre laget finnes det et mer moreneliknende, dvs. et mer finstoffrikt materiale med en del blokker og stein.

Materialet i overflaten viser vanligvis typisk fallsortering, d.v.s. at det groveste materialet finnes nederst, det fineste øverst i ura, fig. 4. Rasur deles inn i 3 undertyper som skiller seg fra hverandre ut fra dannelsesmåte og utseende.

Fjellskred-tunge

Fjellskred-tunge (fig. 1) er bygget opp av et skarpkantet og oftest storblokkig materiale som stammer fra et bergskred. Lengdeprofilen er konkav, med skråningsvinkler på $0-40^{\circ}$, vanligvis $0-15^{\circ}$. Tykkelsen på ura varierer med størrelsen på skredet, og kan bli relativt stor. Mer enn 18 m er påvist ved boring i en slik avsetning på Otreneset mellom Aurland og Flåm.

Steinsprangskråning og raskjegle

Steinsprangskråning og raskjegle (fig. 1) er begge dannet av steinsprang og -ras, men har forskjellig utseende. Materialet er tilført raskjeglen fra en kløft i bergveggen, og det sterkt begrensede tilførselsområdet er årsak til kjegleformen, fig. 2a. Steinsprangskråningen er dannet under en bratt bergvegg hvor materialet er tilført i hele veggens lengde. Disse urene har derfor en markert utstrekning i lengderetningen, fig. 2b. Begge urtypene har et rett skråningsprofil som blir svakt konkav mot foten. Helningen varierer fra ca. 20° til $>40^{\circ}$. Materialet er så porøst at bekker forsvinner øverst i ura og kommer frem igjen ved foten.



Fig. 2a: Raskjegle. Nærøydalen, Sogn og Fjordane.



Fig. 2b: Rasskråning, Grotli, Oppland.

Tykkelsen på steinsprangskråninger og raskjegler varierer fra noen få til flere titalls meter. I Tyngjadalen ved Lærdal boret vegvesenet i Sogn og Fjordane 50-60 m gjennom ur og antatt morene uten å nå bergoverflaten. Overgangen mellom ur og morene ble markert av en finstofføkning i ca. 30-35 m dyp. Seismiske profiler i ura viste det samme.

Målinger indikerer at gjennomsnittelig rasvinkel for raskjegler og steinsprangskråninger er ca. $38-39^{\circ}$. I høyfjellet og i arktiske strøk fører frostsprengning til stadig ny tilførsel av materiale, dermed opprettholdes det en bratt skråningshelning. Disse urene vurderes derfor som aktive. Tilførselen av nytt materiale til slike urer vises som lyse striper i den mørkere, mose- og/eller lavdekkede overflaten, fig. 3a. I slike urer det mange steder målt skråninger som er atskillig brattere enn den gjennomsnittelige rasvinkelen. Disse må betraktes som ustabile, og det må forutsettes at graving i så bratte urer kan utløse ras.



Fig. 3a: Aktive urer. Nordkyn, Finnmark.

Fig. 3b: Moden, stabil ur. Vikeså, Rogaland.

Urene i lavlandet i syd- og midt-Norge er ikke særlig aktive lenger. De ble i hovedsak dannet i slutten av eller like etter istiden mens klimaet i disse områdene fortsatt var arktisk. Senere har de i stor grad fått ligge i ro, dvs. at frostsprengning og materialtilførsel nå er ubetydelig. Urene i disse områdene er derfor “modne”, dvs. at forvitnings- og rasprosesser i selve ura har jevnet dem ut slik at de sjelden er brattere enn ca. 35° . Dette vurderes som en stabil skråningshelning for ur, fig. 3b.

Snøskredur

Snøskredurer er bygget opp av materiale som for en stor del er tilført med snøskred, men de kan også være dannet som en kombinasjon av snøskred- og rasur. Ut fra sitt utseende kan de deles inn i de to hovedtypene *snøskredblokkunge* og *snøskredvifte*, fig. 1. Begge typene består av kantet blokk-/steinmateriale, og hulrommene er fylt av finere materiale. De er derfor velgraderte, dvs. at alle kornstørrelser er representert gjennom hele ura, fig. 4. Dette medfører lav porøsitet med den følge at bekker renner på overflaten, fig. 5, dette til forskjell fra rasurer der bekker vanligvis forsvinner i øvre del av ura og kommer frem igjen ved foten. Tykkelsen på snøskredurene varierer fra 5 til >15 m.

Snøskredviftene har et rett lengdeprofil som blir svakt konkavt nederst, fig. 1. De likner på raskjegler, men har ikke fallsortering som disse. De har en skråningshelning på $15-35^{\circ}$. Snøskredblokkungene har et markert konkavt lengdeprofil med helning $5-30^{\circ}$. Vegetasjonen på begge disse avsetningene viser ofte sår i overflaten etter gamle og nye snøskred.

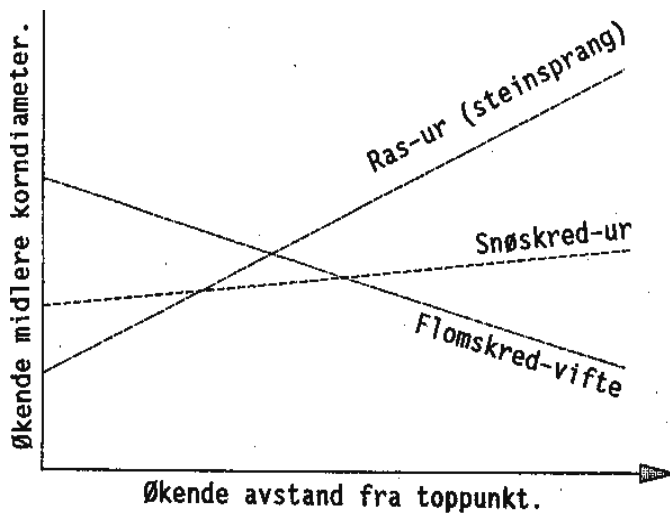


Fig. 4: Sammenhengen mellom midlere korndiameter og avstanden fra uras toppunkt for de 3 hovedtypene av skredavsetninger. (Etzelmüller 1996.)



Fig. 5: Snøskredvifte. Materialet velgradert og godt pakket, bekken renner derfor i overflaten. Våtedalen, Sogn og Fjordane.

Flomskredvifte

Flomskredvifter, fig. 1, er bygget opp av materiale som er transportert og avsatt av flombekker i bratt terreng. De finnes i områder med mye løst materiale i dalsidene (morene og rasmasser). Materialet blandes sammen og transporteres nedover som suspensjonsstrømmer (flomskred), og avsettes som en vifte ved foten av dalsiden, fig. 6. Tykkelsen på slike vifter kan bli mer enn 20m.



Fig. 6: Flomskredvifte med tydelige spor i vegetasjonen etter slamstrømmer. Grasdalen, Strynefjellet, Sogn og Fjordane.

Flomskredviftene har et markert konkavt lengdeprofil med skråning 5-20⁰. De er bygget opp av forholdsvis grovt materiale med innvaskede finere fraksjoner. I overflaten viser de motsatt sortering av rasurene, idet det groveste materialet finnes nær toppunktet og derfra blir det gradvis finere mot foten, fig. 4.

Overgangsformer

Det er svært sjelden at man finner urer som er dannet av en enkelt prosess, som regel er de dannet ved et samspill av flere. Det er ikke uvanlig å finne vifte- eller kjegleformer som er dannet ved et samspill av de tre hovedprosessene steinsprang/ras, snøskred og flomskred.

Urenes indre oppbygning

Snøskredurer viser vanligvis ingen synlig lagdeling, og dannelsesmåten tilsier at alle fraksjoner vil være jevnt fordelt gjennom hele avsetningen. De er derfor svært tette, og bekker renner vanligvis på overflaten.

Flomskredvifter er avsatt under innflytelse av rennende vann. Dette må antas å kunne gi en viss lagdeling i massene. Vannet vil også kunne forårsake vasking, slik at de fineste fraksjonene kan være fjernet fra ett sted og vasket inn et annet. Det er derfor trolig at materialet stedvis kan vise en viss sortering.

For rasurer har det ikke vært like lett å forutsi noe om den indre oppbygningen. Vegvesenets FoU-prosjekt "Vegbygging i ur" har likevel hjulpet oss et stykke på veg. Alasdair Graham-Brown tok sin hovedfagsoppgave ved Universitetet i Oslo som en del av dette prosjektet. Gjennom litteratursøk, laboratorieforsøk, teoretiske betraktninger og oppfølging av gravearbeider i ur, kom han frem til følgende modell for rasurenes indre oppbygning, fig. 7:

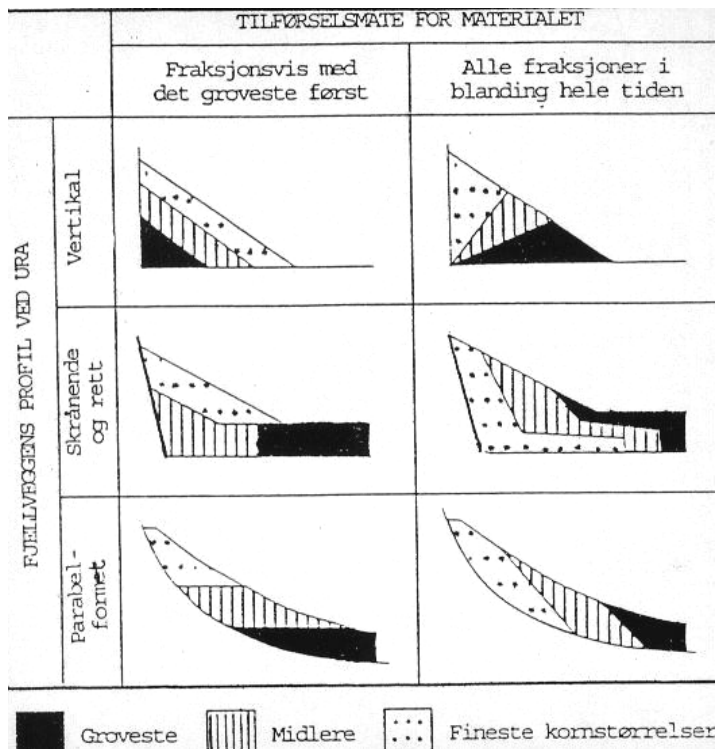


Fig. 7: Seks modeller for den indre oppbygningen av rasur. (Graham-Brown 1995 I.)

En detaljert kartlegging i forbindelse med graving av skjæring for E 18 gjennom ei rasur ved Høgenhei (nær Brevik i Telemark), ga som resultat følgende profil, fig. 8:

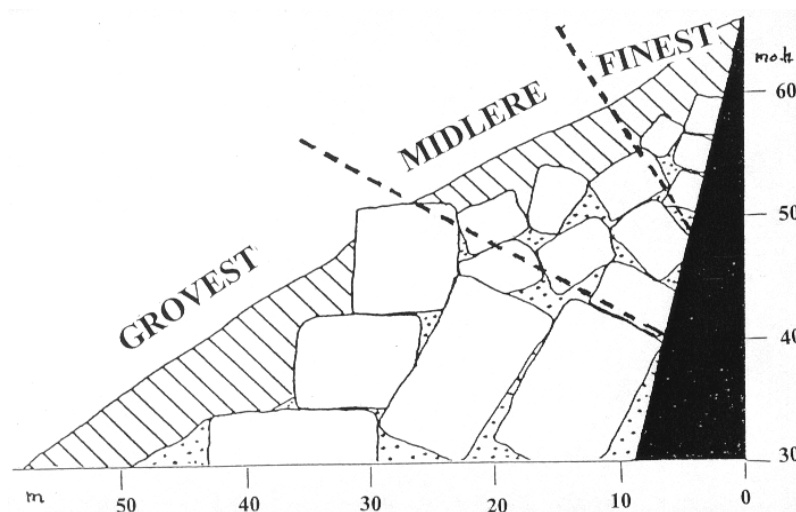


Fig. 8: Profil som viser den indre oppbygningen av ura ved Høgenhei. Blokkstørrelsen er korrekt i forhold til horisontal og vertikal målestokk. (Graham-Brown 1995 II.)

Profilen gjennom Høgenhei-ura stemmer godt med modellen for ur med vertikal eller tilnærmet vertikal bakvegg i fig. 7, og materialtilførsel av alle fraksjoner i blanding. Modellen for parabelformet bakvegg og materialtilførsel av alle fraksjoner i blanding ble verifisert ved gjennomgraving av ei ur ved Førde i Sogn og Fjordane. De øvrige modellene er foreløpig ikke verifisert, men bør likevel kunne vurderes som et godt arbeidsgrunnlag ved planlegging av gravearbeider i ur.

Beskrivelsene nedenfor gjelder for rasur, dvs. for urkjegler og steinsprangskråninger. Dette fordi snøskred- og flomskredvifter er uproblematisk rent byggeteknisk, i stedet må det påregnes sikringsarbeider i forbindelse med snø- og flomskred.

Forhold av betydning for urenes stabilitet

Ei urs stabilitet er avhengig av både indre og ytre faktorer:

Indre faktorer

Skråningsstabiliteten i ei rasur er i stor grad avhengig av finmaterialinnholdet, som er avgjørende for bl.a. kohesjon og porevannstrykk/skjærfasthet og dermed for rasvinkelen.

Det er målt opptil 10^0 større rasvinkel i finstoffrike enn i finstofffattige urer, og anleggsfolk sier det er enklest å passere de finstoffrike urene. De kan vanligvis stå i lang tid med 8-10 m høye og tilnærmet vertikale skjæringer om de erosjonssikres med f.eks. fiberduk. Dette gjør det mulig både å grave ut lange og høye skjæringer og å sikre dem permanent i en sammenhengende operasjon.

Høyt finstoffinnhold kan imidlertid også by på problemer. Mye finstoff vil redusere porøsiteten og dermed uras evne til selvdrenering, og derfor øke risikoen for at den kan bli vannmettet. Dette vil føre til økt porevannstrykk og redusert skjærfasthet, og dermed til økt fare for stabilitetsbrudd/ras. Slike stabilitetsbrudd har skjedd bl.a. ved Otreneset mellom Aurland og Flåm i Sogn og Fjordane i 1979 (Grimstad 1980), og nær Trolla på Byneset ved Trondheim i 1987 (Statens vegvesen Sør-Trøndelag, 1988).

I sammendraget i sin rapport fra 1980 skriver Grimstad bl.a.:

Langs østsiden av Aurlandsfjorden ligger store urmasser av fyllitt (*fyllitt gir høyt innhold av finstoff, forf. anm.*). Ura når opp til ca. 800 m o.h., og er resultatet av et forhistorisk kjempeskred. I den senere tid er det i deler av ura registrert en lineær overflatebevegelse på opptil 11 meter, hvorav ca. 3 meter sist sommer (1978). Under bevegelsen ble det observert slamstrømmer som førte med seg steinblokker, samt rotasjon av enkeltblokker i ura opp til 190 m o.h. I mars 1979 ble det montert inklinometerkanal i et 30 m dypt vertikalt borhull, og stangekstensometer i et 28 m langt horisontalhull. Fra ekstensometerets målehode ble det koblet signal til trafikklys, dette trådte i funksjon noen få timer før støttemuren mot ura falt ned i vegbanen 5. juni 1979. I perioden 24/7 til 11/12-1979 ble det ved hjelp av målebolter registrert en overflatebevegelse i ura på 10 cm. Bevegelsen var størst høyt oppe i ura. Vegforbindelse etter skredet i juni ble etablert ved hjelp av steinfylling forbi ura. (*Forf. tilføyelse: Bevegelsene ved Otreneset i 1977 og 1978 skyldes trolig kraftig snøsmelting og nedbør, der store mengder vann ble ledet inn i ura via flombekker fra fjellet bak ura.*)

Nær Trolla på Byneset ved Trondheim gikk det i 1987 et ras i ei ur som sperret rv. 715. Før raset var ura sikret med en gabionmur, som etter oppryddingen viste seg å være uskadd. Raset hadde først fylt opp bak muren, deretter hadde det gått over muren og ut på veggen og sperret denne. Raset startet etter kraftig nedbør, der flomvann ble drenert inn i ura fra den bakenfor-liggende fjellsiden. Gjenværende deler av ura ble sikret med ubåtnett og ved å øke gabion-murens høyde. Ubåtnettet ble festet med galvaniserte armeringsjern (Ø 20 mm) i 3x3 m rutemønster. Boltene var enten festet i fjell eller 3 m ned i ura. Under ubåtnettet ble det lagt ut fiberduk som erosjonssikring. På toppen av gabionmuren ble det montert et steinsprangnett på stolper festet til betongfundamenter. For å unngå sig ble det festet en wire fra foten og toppen av hver stolpe til fjell, fig. 9.



Fig. 9: Ras i ur ved Trolla, Byneset, Sør-Trøndelag. Rasstedet er sikret med gabionmur, steinsprangnett montert på stolper og ubåtnett. Under ubåtnettet var det lagt fiberduk som erosjonssikring.

Finstofffattige urer er ofte tynne, og de ligger gjerne på bratt og ofte glatt bergoverflate. Det skal derfor lite til før de kommer i bevegelse. Her er det vanlig å arbeidssikre og etablere permanent sikring i korte tak, for eksempel 10-15 m.

Det er også undersøkt om kornform, kornstørrelse, pakningsgrad, osv. har noen innflytelse på rasvinkelen. Forsøk indikerer at kornstørrelsen ikke har nevneverdig innflytelse, dog er det påvist at meget store blokker kan virke som forankring for bakenforliggende masser. Det er imidlertid vist en sammenheng mellom kornform, pakning og rasvinkel. Rasvinkelen øker når kornformen endres fra flat til kubisk, fordi dette medfører at materialet pakker seg bedre. Det er også vist at skråninger som er bygget opp av flate korn er stabilere når kornene er vilkårlig orientert enn når de er parallelle.

Ytre faktorer

Uras stabilitet er også påvirket av endel ytre faktorer, de viktigste er geologi, klima og botanikk.

Geologiske faktorer

Uras underlag er av stor betydning for stabiliteten. Et fast underlag gir god stabilitet, mens et bløtt underlag av f.eks. marin leire kan gi problemer. Som følge av landhevingen etter istiden kan det finnes marine leirer opp mot marin grense (MG), et nivå som varierer fra sted til sted langs kysten. F.eks. varierer MG fra ca. 160m o.h. ytterst i Oslofjorden til ca. 220 m o.h. ved Oslo. På Jæren og Lista er MG fra 8 til 10 m o.h, og i Trondheimsområdet er den ca. 180 m o.h, fig. 10. Siden de fleste urene våre er dannet ved slutten av og like etter istiden, kan de som ligger lavere enn MG ligge på marin leire, fig. 11. I disse områdene er det derfor svært viktig å utføre grunnundersøkelser.

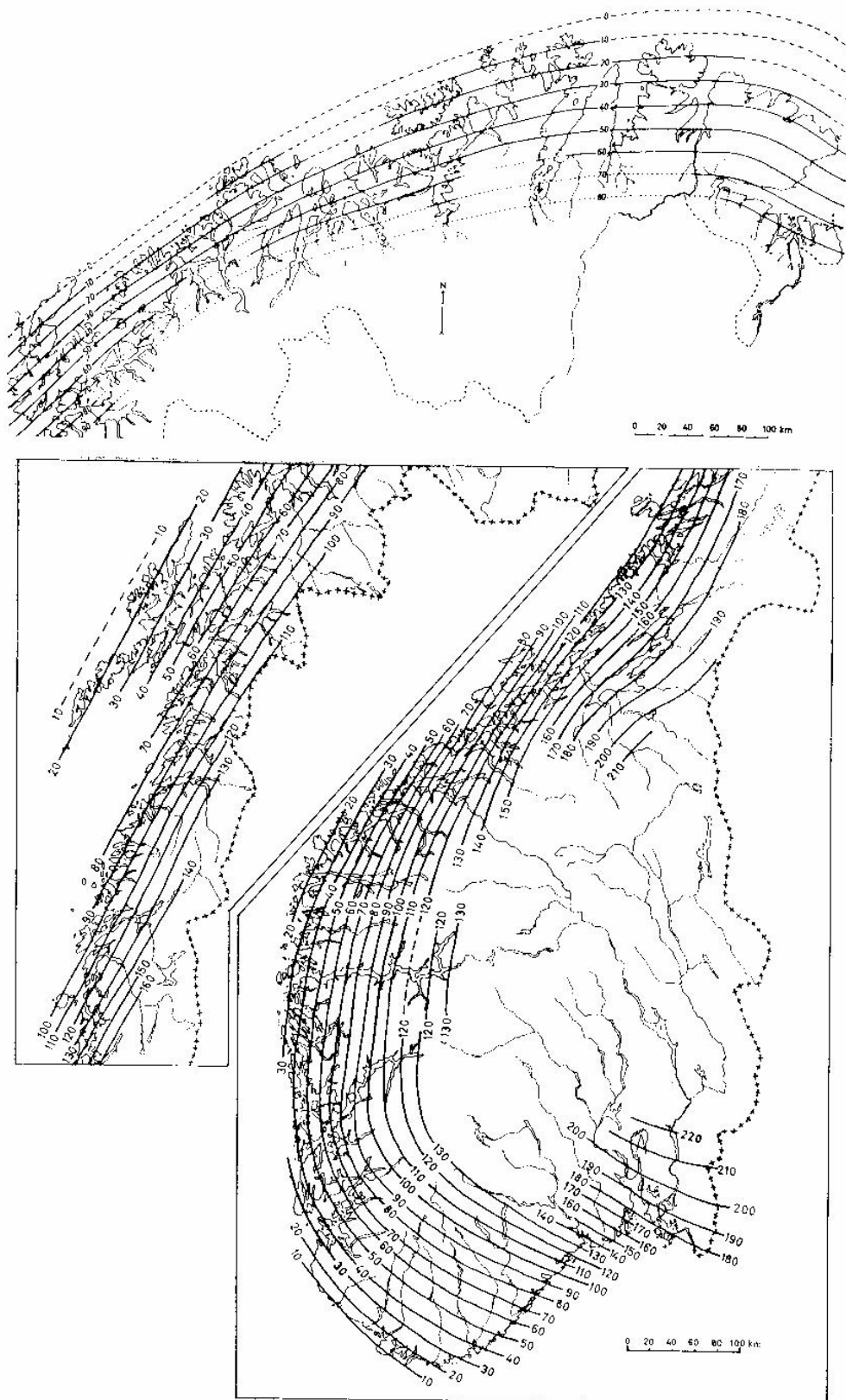


Fig. 10: : Isobasekart for Norge. Linjene (isobasene) angir - i m o.h. - høyden over havet for marin grense. For eksempel er MG ca. 160 m o.h. ytterst og ca. 220 m o.h. innerst i Oslofjorden, ca. 130 m o.h. ytterst og ca. 180 m o.h. innerst i Trondheimsfjorden og ca. 20 m o.h. ytterst og ca. 80 m o.h. innerst i Porsangerfjorden (O. Jøsang 1963.)



Fig. 11: Foto som viser ur over eldre avsetninger av lagdelt grus og sand. Under marin grense kan underlaget være marin leire. Rv. 37 Tinnsjøvegen, Telemark.

Oppsprekning og sprekkeretninger i bergveggen over ura er av stor betydning for steinsprang og rasaktivitet. Stor materialtilførsel vil opprettholde en bratt og ustabil skråning, samtidig som de øvre deler av ura vil være utsatt for ras og steinsprang.

Forvittringsbestandigheten til steinmaterialet i ura er av stor betydning for finstoffdannelse og dermed for stabiliteten i ura.

Graving i ura av elver, bølger, mennesker osv. gjør ura ustabil. Slike inngrep, særlig i foten av ura, medvirker dersom de ikke sikres til at det opprettholdes en bratt og ustabil skråning med stadige ras som følger, fig. 11.



Fig. 11: Ras juni 1991 i Haddalsura, rv. 653 i Møre og Romsdal. Rasårsak var trolig skjerpning av vegskjæring fra 1:1,4 til 1:1,2 i forbindelse med vegutvidelse. Raset har begynt med utfall av stein/blokker fra øvre skjæringskant, og har så spredt seg oppover i ura på grunn av stadig nye utfall (ravelling). (Foto B. Wivestad, vegkontoret i Møre og Romsdal.)

Klimatiske faktorer

I alpine og arktiske områder er det vekslingen mellom frysing og tining, såkalte frostveksler, som sammen med oppsprekningen i berget styrer steinsprangaktiviteten (frostforvitring). Her har beliggenhet i forhold til solinnstrålingen stor betydning. Det er ofte flere og større urer i syd- og vestvendte fjellsider enn i nord- og østvendte.

Nedbørsintensiteten har også stor betydning for stabiliteten i finmaterialrike urer. Store nedbørsmengder kan gi økt porevannstrykk med derav følgende nedsatt skjærfasthet og fare for ras. I tillegg kan rennende vann føre til erosjon og utvasking som kan gi ras.

Botaniske faktorer

I finmaterialrik ur er vegetasjonen av stor betydning for stabiliteten. Planterøttene armerer ura og hindrer erosjon. De øker dessuten jordas evne til å ta opp vann, og reduserer dermed faren for økt porevannstrykk og redusert skjærfasthet. Sist men ikke minst har trær og busker god evne til å stoppe fallende stein slik at de ikke når frem til vegen.

Undersøkellesmetoder i ur

Forundersøkelser

Litteratur- og kartstudium

Forundersøkelser innebærer en gjennomgang av tidligere rapporter, geologisk litteratur og kart, topografiske kart, flybilder osv., som kan gi indikasjoner på:

- tidligere problemer for veg gjennom ura, eks. ras og sig
- berggrunnsgeologi: viser oppsprekning i berggrunnen og hvilke bergarter ura er bygget opp av. Dette er forhold som har betydning for blokkstørrelser, kornform, finstoffinnhold, m.m., dvs. parametre av betydning for stabiliteten i ura.
- kvartærgeologi: angir marin grense og dermed om det kan finnes leire under ura
- topografiske kart angir skråningshelninger som sier noe om stabilitet
- flybilder: viser spor etter snøskred, steinsprang/-ras, samt sigebevegelser som er synlige som sprekker og valker (solifluksjon) og som indikerer høyt innhold av finstoff
- klimatiske forhold sier noe om frostsprengning/steinsprangaktivitet, og dermed om materialtilførsel som har betydning for skråningshelning og stabilitet

Feltundersøkelser

Feltkartlegging og visuell vurdering

På grunnlag av et litteraturstudium om ur laget cand. sci. Bernd Etzelmüller, Geografisk institutt ved Universitetet i Oslo, et skjema for "Visuell vurdering av stabilitet i ur", fig. 12. Skjemaet er tatt med i Kap. 3 i vegvesenets Veiledning nr. 165, "Sikring av vegskråninger".

Visuell vurdering av stabilitet i ur. (Etzelmüller 1996.)

	Stabil ur	Steinsprang	Steinskred	Jordskred	Sig
Ura er fullstendig dekt av høyere vegetasjon (trær, busker), som ikke er skadet (1)	* #				
Ura er dekt med vegetasjon, men enkelte trær er ødelagte (1,2)		* #			
Vegetasjon mangler, steinene er ikke dekt eller bare stedvis dekt med lav/mose (1,2)		* #	* #		
Ura er helt dekt med mose/lav (1,2)	*				(#)
Ura har vegetasjonsfrie striper i overflaten, stripene er dekt av laverer vegetasjon, vegetasjon i stripene viser en tydelig fargeforskjell (skredbaner, 1,2)		* #	* #		
Trær er bøyd i stammen (forsiktig kan være forårsaket av snøtrykket) (1,2)					#
Ura har valker (løber) i overflaten (2)					#
Uras overflate viser tydelige tunger og skredkanter (1,2)			*	#	
Uras overflate viser sprekker eller overskyvninger av løsmaterialet parallelt med overflaten (1,2)			(*)	(#)	#
Uras overflate er bølgete (2)				(#)	#
Uras overflate viser tydelige trinn (1,2)				(#)	#

* : gjelder ur bestående av friksjonsmateriale (grovt); #: gjelder finstoffrik ur;
 * # : gjelder begge typer; (*) og (#): kan forekomme; (1): gjelder urer i fjorddaler;
 (2): gjelder urer i fjelldaler og i høyfjellet.

Fig. 12: Visuell vurdering av stabilitet i ur. (Etzelmüller 1996.)



Fig. 13: Steinblokker på høykant viser at det er sig i ura, og er en indikasjon på høyt finstoffinnhold. Urevassfjorden, Rv. 50 Hol-Aurland, Buskerud.

Av aktuelle tyngre feltundersøkelser kan nevnes følgende:

Seismiske undersøkelser

Seismiske undersøkelser er en mye brukt metode for å finne tykkelsen på urer, for eksempel ved tunnelpåhugg, ferjeleier o.l. Metoden vurderes som god, men reflekser fra bergveggen bak ura kan gi tolkningsproblemer. De seismiske undersøkelsene har også i noen tilfeller gitt opplysninger om lagdeling i og under ura, for eksempel beliggenheten av grunnvannsspeilet og overgangen fra ur til underliggende morene eller grus og lignende.

Da sprengningene kan utløse ras må de seismiske undersøkelsene utføres med omtanke og forsiktighet.

Boring og graving

Boring og/eller graving gir de sikreste opplysningene om uras indre oppbygning. Med prøvegraving kommer man ikke særlig dypere enn 6-7 m, mens borerer kan gå langt dypere. I forbindelse med forundersøkelsene i Tyngjadalen for tunnel Aurland – Lærdal, boret Vegvesenet i Sogn og Fjordane 60-70 m gjennom ur og underliggende morene. I urer som inneholder store blokker er det imidlertid stor fare for fastkiling av boret. Det skjedde for eksempel for vegkontoret i Telemark ved boring i ei storblokkig ur ved Høgenhei nær Brevik.

Urene i Høgenhei og i Tyngjadalen er svært forskjellige. I Høgenhei er ura bygget opp av enorme blokker på opptil 20 m i diam, fig. 12a. Trolig er den dannet av ett stort bergskred. Under boringen bøyde boret av da spissen traff blokkflater som lå skrått på boreretningen. Dette førte til at boret kilte seg fast, og spissen og en del borestenger gikk tapt. Ura i Tyngjadalen er en steinsprangskråning, dvs. ei sammenhengende rasur. Blokkstørrelsen her er relativt liten, opp til ca. 1 m i diam, og dette er trolig årsaken til at man unngikk avbøyning og fastkiling da man boret her.



Fig. 12a: Ur av meget store blokker i Høgenhei, Telemark.



Fig. 12b: Boring i ur av middels store og små blokker i Tyngjadalen, Sogn og Fjordane.

Med hjelp av geologisk kartlegging er det ofte mulig å avgjøre hvordan ura er dannet, og dermed kan det sies noe om dens indre oppbygning, fig. 7. Da er det også mulig å forutsi noe om faren for fastkiling ved boringer, og også i noen grad om hvor i ura det er ventet at slike problemer kan oppstå.

Bygging og sikring av veg i ur

Se Statens vegvesen: Veiledning nr. 165 for sikring av vegskråninger, Kap. 3: Sikring av skråninger i ur.

Ved valg av trasè må man være oppmerksom på følgende, fig. 13:

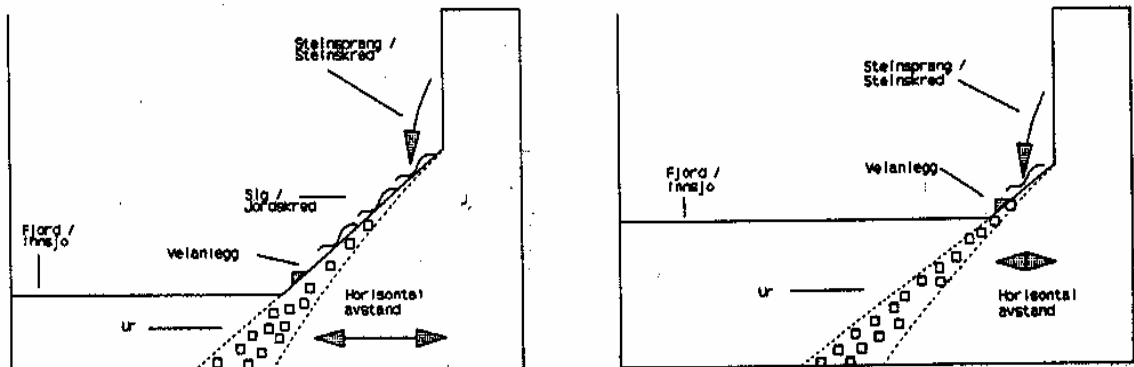


Fig. 13: To problemområder ved vegbygging i fjorddaler. (Etzelmüller 1999.)

Viser til fig. 13: I venstre skisse ligger mye av ura over havnivå. Vegen som vanligvis følger stranden ligger da med god avstand fra den bakenforliggende fjellveggen. Her er sig/jordskred p.g.a. høyt finstoffinnhold det vanligste problemet, faren for steinsprang er derimot liten. I høyre skisse ligger vegen fortsatt langs stranden, men her ligger det meste av ura under vann. Vegen kommer da nærmere fjellveggen og steinsprang vil være det dominerende problemet. Med høyt finstoffinnhold i ura vil også sig kunne være et problem.

Grave- og sikringsarbeider for veganlegg i ur skjer i form av:

- arbeidssikring og utgraving
- permanent sikring

Arbeidssikring og utgraving

På grunn av bratte skråninger er det fort gjort å starte ras eller få blokk-/steinnedfall ved graving i ur. Graving av skjæringer og skråninger skal derfor alltid startes ovenfra. Et kritisk område ved arbeidsutførelsen er overgangen mellom skjæringstopp og terreng, der det ofte ligger blokker og stein i usikker posisjon. Slike må tas ned mens gravemaskinen fortsatt er på stedet. Også stein og blokker som kan virke truende for trafikantene bør tas ned, selv om de vurderes som stabile. Fjerning av slikt materiale i ettertid er kostbart, og kan i uheldige fall ødelegge en etablert stabilitet.

I bratt, finstoffattig ur på bratt skråfjell må oppføring av støttemur utføres i korte seksjoner, og med raskest mulig tilbakefylling. Som bakfyll brukes sprengstein. Som arbeidssikring kan det i slike tilfeller benyttes kamstålbolter (25-32 mm) som er boret ned i fjell, sammen med bakenforliggende tømmerstokker, jernbaneskiner eller annet passende, fig. 14.



Fig. 14: Graving av skjæring i finstoffattig ur på skråfjell. Arbeidssikring med 25 mm kamstålbolter i fjell og med bakenforliggende tømmerstokker. Rv. 53 Naddvik-Fodnes, Sogn og Fjordane. (Foto E. Husabø, vegkontoret i Sogn og Fjordane.)

Av andre metoder for arbeidssikring ved graving av skjæringer i tynt og finstoffattig ur kan nevnes forbolting av blokker over skjæringskant, fig. 15, eller med steinsprangnett.

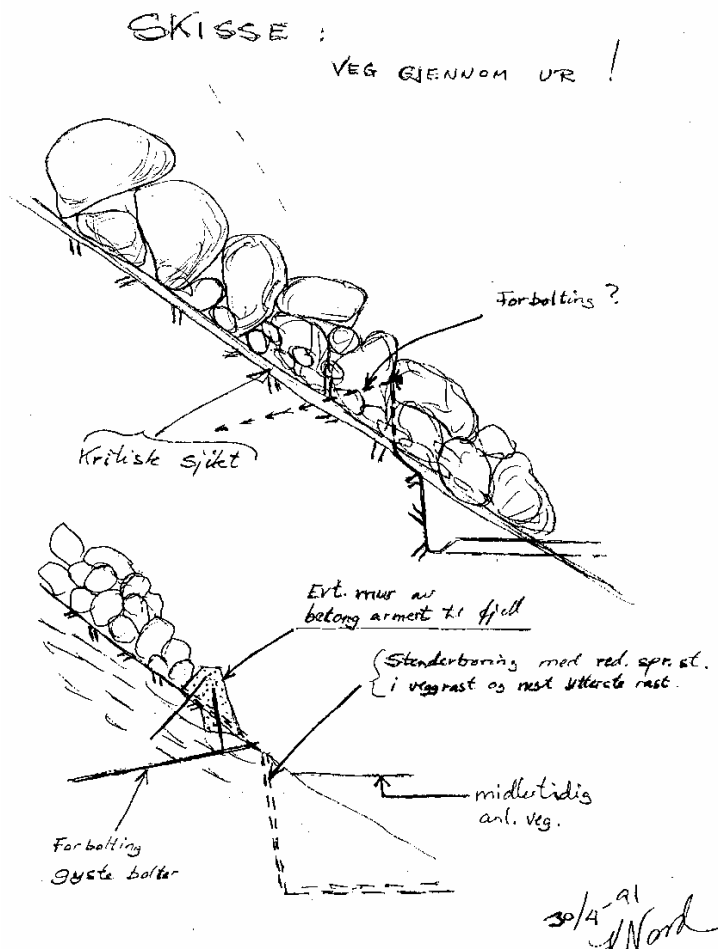


Fig. 15: Graving av skjæring i tynt, blokkrik ur på skråfjell kan arbeidssikres med forbolting til fjell av blokker over skjæringskant. (Idè og tegning K. Nord, vegkontoret i Sogn og Fj.)

Som arbeidssikring i finstoffrike urer som vanligvis er tykke (> 2-3 m), benyttes det ofte fiberduk som erosjonssikring i skjæringer, fig. 16. Alternativt kan det benyttes fiber- eller nettarmert sprøytbetong, fig. 17.



Fig. 16: Erosjonssikring av skjæring i ur/morene med fiberduk. Rv. 37 Tinnsjøvegen, Telemark. (Foto E. Gyøry, vegkontoret i Telemark.)



Fig. 17a: Arbeidssikring av skjæring i finstoffrik ur med nettarmert sprøytbetong. Rv. 7 ved Fyksesund, Hardanger, Hordaland.

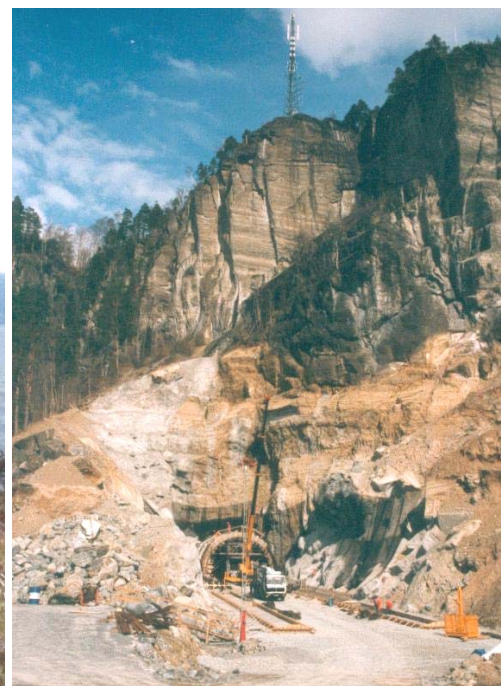


Fig. 17b: Arbeidssikring i 30-40 m høy skjæring i ur med fiberarmert sprøytbetong. E 18 gjennom Høgenhei, Telemark

Sognemur er en mellomting mellom arbeids- og permanent sikring, fig. 18. ”Muren” består av planker som er festet til nedborede kamstålbolter (32 mm), og er å betrakte som en støttean-ordning som skal hindre erosjon og utfall fra skjæringen. (Statens vegvesen Hordaland 2001.)



Fig. 18: Sognemur. Skal hindre erosjon i løsmasseskjæringer på toppen av fjellskjæringer. Rv. 55 nær Høyanger, Sogn og Fjordane.

Permanent sikring

I ur med skråningshelning mindre enn den gjennomsnittelige rasvinkelen på 38-39⁰, viser erfaring at det kan graves skjæringsskrånninger som er 5-10⁰ brattere enn den naturlige skråningen uten særlig fare for skråningens stabilitet. Slike skjæringer må erosjonssikres, for eksempel med fiberduk. I skråninger som ligger opp mot eller er brattere enn den gjennomsnittelige rasskråningen må det antas at inngrep vil forstyrre en etablert balanse, noe som betinger en vurdering av et eventuelt sikringsbehov.

Den permanente sikringen av skjæringer i ur kan skje ved at:

- Urmassene fjernes
- Skråningshelningen økes
- Urprofilen beholdes intakt med forstøtningstiltak

Urmassene fjernes

For små og tynne urer som ligger på bratt skråfjell kan det være aktuelt med hel nedgraving som permanent sikring. Eventuell arbeidssikring må her vurderes under veis. Nedgraving av ura skal skje fra toppen og ned. Ved fjerning av ura er det ikke lenger noen buffersone som tar i mot steinsprang, der det er nødvendig må derfor vegen sikres mot dette.

Skråningshelningen økes

I ur av friksjonsmateriale, dvs. ur med god egendrenering, og i ur med høyt finstoffinnhold som ikke utsettes for vannmetning, antas en skjæring på noe i underkant av 1:1,25 å være stabil om den erosjonssikres med for eksempel gress. Skjæringer fra noe i underkant av 1:1,25 og opp mot 1:1 erosjonssikres med plastring, mens skjæringer fra 1:1 og oppover sikres med ordnet steinfylling, fig. 19. Svært bratte skjæringer, dvs. omkring 3:1, sikres med mur (betong- og tørrsteinsmur, gabioner, m.m.).



Fig. 19: Permanent sikring med ordnet steinfylling, Høyanger, Sogn og Fjordane.

Urprofilet beholdes intakt med forstøtningstiltak

I urer der forholdene vanskelig- eller umuliggjør at skråningshelningen økes, eller der slike inngrep blir for omfattende, er det aktuelt å beholde urprofilet intakt med forstøtningstiltak. Aktuelle tiltak i slike tilfeller er forstøtningsmur av betong, fig. 20, tørrsteinsmur, fig. 21, gabionmur, fig. 9. Armert jordkonstruksjon er bl.a. benyttet i Aurland sentrum. For alle slike murer/konstruksjoner må stabiliteten beregnes av sakkyndig person.



Fig. 20: Permanent sikring med betongmur, rv. 53 Naddvik-Fodnes, Sogn og Fjordane. (Foto E. Husabø, vegkontoret i Sogn og Fjordane.)



Fig. 21: Permanent sikring med tørrmur, Sørffjorden, Hordaland. Rennende vann gjennom muren viser til god drenering. (Foto B. Etzelmüller.)

Et godt råd fra anlegget Fodnes-Naddvik: Ta vare på murestein, de er en verdifull ressurs når det senere skal bygges tørrmurer. Slike stein kan med fordel også legges på lager til bruk på andre anlegg, for selv med noe transport her dette vist seg å være god økonomi.

Sammendrag over permanent sikring av skjæringer i ur

Fig. 22 gir en oversikt over de måtene som i dag er mest i bruk i vegvesenet ved sikring av skjæringer i ur.

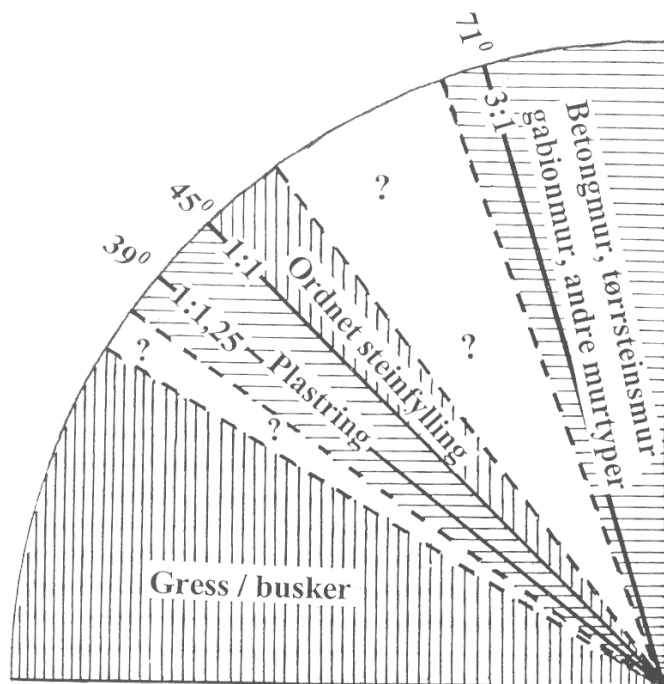


Fig. 22: Oversikt over de vanligst benyttede måtene for permanent sikring av skjæringer i ur.

Ved permanent sikring med mur er det viktig at den bygges slik at det i ettertid, om det viser seg nødvendig, kan plasseres en eller annen form for sikring mot steinsprang på toppen av den, for eksempel steinsprangnett.

To områder i fig. 22 er markert med spørsmålstegn:

1. Kommentarer til det uskraverte området mellom gress/busker (tilsåing) og plastring: Det har vært gjort forsøk med tilsåing av gress som erosjonssikring i skråninger 1:1,25 og brattere (helt opp til 1:1). Dette har gått bra noen steder, men flere steder er de bratteste skråningene blitt ødelagt av nedbørserosjon som har vært vanskelig eller umulig å stanse. For å unngå stadige nedfall på vegen er denne blitt lagt om. Andre steder har sikringsarbeidene vært til dels svært dyre. Erfaring tilsier derfor at erosjonssikring med tilsåing kun bør utføres i skråninger som er slakere enn 1:1,25. Hvor grensen skal settes mellom tilsåing og plastring er imidlertid usikkert.
2. I det uskraverte området mellom ordnet steinfylling og mur, er det vanligvis økonomien i forbindelse med grunnavstøpninger som avgjør hvilken metode som skal benyttes.

Drenering

Ved alle typer støttekonstruksjoner er det viktig å tenke drenering. Ved bruk av tørrsteins- og gabionmurer er ikke dette noe problem. Ved bruk av plastøpt betongmur må det legges god drenering gjennom foten av muren, først og fremst på steder der det er forsenkninger i bergoverflaten.

Bekker og snøskred i urskråninger må sikres med steinsetting eller kulverter, fig. 23. Om nødvendig må vannet ledes bort fra ura.



Fig. 23: Steinsatt bekkeløp i urskråning. Rv. 55 ved Høyanger, Sogn og Fjordane.

Litteratur

- Blikra, L.H., Hole, P.A. og Rye, N. (1989): Skred i Norge. Norges Geologiske Undersøkelse Skrifter nr. 92.
- Etzelmüller, B. og Wangen, O.P. (1996): Vegbygging i ur - et litteraturstudium. Int. rapp. nr. 1888, Veglaboratoriet, Vegdirektoratet.
- Frydenlund, T.E. (1979): Seismiske undersøkelser. Otreneset, Rv. 601 Aurland-Flåm. Oppdr. rapport S-84A, Veglaboratoriet, Vegdirektoratet.
- Graham-Brown, A. (1995 I): Recent research into and the resulting classification of the internal geology of ur (talus) deposits. Int. rapp. 1745, Veglaboratoriet, Vegdirektoratet.
- Graham-Brown, A. (1995 II): The internal geology of the Høgenhei talus. Int. rapp. 1780, Veglaboratoriet, Vegdirektoratet.
- Grimstad, E. (1980): Rasfarlig ur ved Otreneset, Rv. 601 Fretheim-Aurland. Int. rapp. 930, Veglaboratoriet, Vegdirektoratet.
- Statens vegvesen Hordaland (1986): Tørrmur i vegbygging.
- Statens vegvesen Hordaland (2001): Sognemur, bruksområder og utførelse.
- Statens vegvesen Sør-Trøndelag (1988): Ras ved Løften. Vurdering av stabilitet og sikrings-tiltak. Laborativerapport UD 429 B.
- Statens vegvesen, Vegdirektoratet: Sikring av vegskråninger. Veiledning 165.

Takk

Takk til Gudbrand Framgården som har hjulpet til med å scanne alle figurene.