

Miljøtiltak ved vegbygging i bratt terreng

Norsk natur – vanskelig vegbygging og rasfare

Bakgrunn

Vern av bebygde områder, kulturlandskaper og forminner berører i stadig større grad utbyggingen av vegnettet. Samtidig blir kravene til vegkorridoren større med hensyn til trafiksikkerhet og miljø. Dette fører ofte til større arealbehov, som i forbindelse med gang- og sykkelveger, linjeføring og siktforhold. Resultatet blir derfor ofte at vegen blir skjøvet ut i bratt og/eller annet lite vegvennlig terreng, ned i eller under overflaten.

Mens de fleste andre utbyggingsarbeider er av konsentert og lokal karakter, gjennomskjærer veger derimot landet i et stadig tettere mønster. Dette stiller vegbyggingen i et sterkere offentlig lys, med krav til løsninger som tilfredstiller nye holdninger til vegutforming. Det stilles spørsmål om hvordan veger skal gripe inn i de ulike landskap som vårt land er satt sammen av.

Spesielt i bratt terreng og der grunnen har dårlig stabilitet med fare for utrasning og skred vil forskjellige utforminger og utførelsesmetoder kunne føre til betydelige variasjoner i inngrepet.

Denne artikkelen skal påpeke hvorledes innsikt i naturlige norske landskapsformer og ny teknikk for vegbygging kan utnyttes for å redusere inngrep og pregning av landskapet.

Figur 1. Vegbygging i norsk landskap byr på store utfordringer. (Foto: Vegen og Vi)



Vegvesenets mål for vegmiljø

Vegdirektoratets miljøutredning (NVVP 1990-1993) plasserer miljøspørsmål som et av fire hovedmål for Vegvesenets virksomhet. Ifølge utredningen forplikter Vegvesenet seg til å være ansvarlig for initiativ og gjennomføring av tiltak for å fremme trafikksikkerheten og et godt trafikkmiljø.

Et godt trafikkmiljø skal oppnås ved å bygge ut tilfredsstillende fremkommelighet for alle trafikkantgrupper og redusere miljøproblemene fra vegtrafikken gjennom tiltak på veg, kjøretøy og omgivelse. Rammebetingelsen er at de gitte bevilgninger skal disponeres for riktig kvalitet til lavest mulig kostnader.

Synspunkter på vegutforming

Veg bygges oftest ved inngrep i terrenget, som ved innskjæring eller påfylling. Disse inngrepene skaper nye former som danner mer eller mindre dominerende preging på landskapet. Størrelsen og utformingen av inngrepet er naturlig nok sterkt avhengig av eksisterende terreng, vegens standard og det helhetssyn som legges til grunn ved planleggingen.

Siden synet på vegutforming er en avgjørende faktor for pregingen av det endelige landskap, er målet for utformingen et spørsmål det er viktig å klargjøre. Det er minst tre grunnsyn som er blitt gjort gjeldende som mål for vegutforming.

Et grunnsyn vil legge vekt på å bevare og å utvikle terrengformer som er naturlige elementer i det norske landskap. Et annet vil skape nye former av kunstnerisk kvalitet og tilføre landskapet nye verdier med sikte på berikelse av opplevelsesinntrykkene. Det tredje forutsetter at det finnes utforminger som har en positiv innvirkning på trafikksikkerheten, og som derfor må tilstrebes.

Noen diskusjon av disse grunnsynene skal ikke gjennomføres her. Denne artikkelen tar sikte på å vise hvorledes en kan oppnå minst mulige inngrep i landskapet, fremheve naturlige verdier i grunnen eller tilpasse vegutformingen best mulig til de naturlige landskapsformene. For å belyse dette er det naturlig å ta utgangspunkt i en oversikt over naturlige terrengformer som danner vårt landskap.

Figur 2. Deponering av overskuddsmasser byr, som vegbygging, på problemer. Skal plasseringen tilpasses de naturlige landformene, eller er det mulig å tilføre landskapet nye former av estetisk og opplevelsesmessig verdi? Dette massedeponiet plassert midt i en terrassefylt U-dal er landskapsmessig fremmed. – men interessant? (Foto: Oslo Energi)



Naturlige landskapsformer

Landskapet formes av geologiske krefter

Landskaper er preget av den geologiske historie som grunnen har gått gjennom. De er blitt til ved den stadige vekselvirkning mellom de oppbyggende krefter som sedimentasjon, fjellkjedefolding, vulkanisme og de nedbrytende krefter som erosjon og massetransport.

Etter utformingen ved de oppbyggende prosesser vil jordartstype, bergartssammensetning og strukturtrekk få innflytelse på de erosjonsformer som dannes. Dernest vil erosjonstypen være en avgjørende faktor, om det er elve-erosjon, vind-erosjon, is-erosjon eller forvitring som er dominerende.

Sist, men ofte ikke minst, vil neotektonikk og geologiske krefter virksomme i nåtid, få en avgjørende innflytelse på utformingen. De kan være dramatiske, som vulkanisme, jord-skjelv og forkastningstektonikk i dagens tidsperspektiv til landhevning og glasiering sett i et geologisk sett kort tidsperspektiv.



Figur 3. Landskap med dype fjorder erodert fra tertiært platå på en høyde av ca. 1000 meter over havet. Dominerende i landskapet er bebyggelsen, beliggende på en yngre israndterrasse som demmer opp Årdalsvann. (Foto: Fjellanger Widerøe A/S)

De store landskapsformer – platåer og dype daler

De store trekk i våre landskapsformer er etter all sannsynlighet dannet i tertiærtiden, i tidsperspektiv ca. 3 til 60 millioner år. De eldste trekk dreier seg om platåer høvlet ned av erosjonen til havets overflate.

En betydelig landhevning brakte platåene opp i stor høyde over havet, samtidig som de ble hevet ujevnt og skråstilt. Landskap i stor høyde over havet er utsatt for erosjon, og dette førte til utgraving av dype og trange, tildels canyon-lignende V-daler i underlaget for platåene.



Figur 4. Erosjon av dalbreer fører til den karakteristiske U-form, som er så typisk for mange norske landskaper i vest og nord. Bunnen er fylt av yngre sedimenter, oftest som terrasseformete dalutfyllinger. De mest diskrete innrep gjøres oftest i grensen mellom dalside og terrasse. (Foto: Fjellanger Widerøe A/S)

Restene av slike platåer (kalt paleiske overflater) er et dominerende trekk ved vår fjelltopografi. Rester av et platå finnes i området Hallingskarvet-Jostedalbreen (1800 moh.), et annet på Hardangervidda (1100 moh.) og et tredje på Nordkapp-platået (300 moh.).

I kvartærtiden, som begynte for 2,5-3 millioner år siden, slipte platåisdekket ned platåene og avrundet høydedragene. Etterhvert ble V-dalene utgravet til U-daler. Denne effekten ble ytterligere forsterket av dalbreene i istidens seneste fase, samtidig som botnbreer utformet skarpe fjellegger, de såkalte alpine terrengformer.

Til de store landskapsformene må også strandflaten regnes. Strandflaten er et lavtliggende platå beliggende mellom havet og innenforliggende høyland. Særlig i Nordland er den et dominerende trekk i kystlandskapene.

Mindre til middelstore terrengformer

I mindre målestokk er landskapet bygget opp av en rekke ulike former, hovedsaklig dannet i de siste 20 000 år etter maksimum av siste istid. I berggrunnen er de viktigste erosjonsformer strukturbetingete rygger, brattvegger, kløfter, rundsua og strandlinjer.

I løsmasser finner vi avsetningsformer som morenerygger, geiterygger, drumlins, deltadannelser og urer. Som erosjonsformer i løsmasser finner vi raviner og skredformer.

Strandlinjer med mindre strandflateformer kan også forekomme langt over den marine grense, da dannet i forbindelse med eksisterende eller tidligere innsjøer. Der grunnen består av løse bergarter, eller nivået i sjøen har vært stabilt for en tid, kan en finne innleiete strandlinjer.

Geologiske former og vegbygging

Bevaring av landskapsmessige og andre naturlige verdier kan oppnås ved minst mulige inngrep i landskapet, fremhevelse av geologiske verdier eller ved tilpasning av vegutformingen til de naturlige landskapsformene.

De naturlige former som er vanlige i vårt landskap er nevnt ovenfor. Eksempler på former som er lett tilgjengelige for vegbygging er terrasser, lagdeling, benkning og naturlige brattvegger der slike danner en hylleform. En videreføring av slike former reduserer inntrykket av hvorledes vegbygging har ført til endring i landskapet. Slike former er også tidligere blitt benyttet til anlegg av veg, men mindre bevisst.



Figur 5. Tidligere havnivå har satt sitt preg på mange landskaper, og strandflaten er karakteristisk for kystområdene mange steder, spesielt i Nord-Norge. Bak strandflaten kommer bredden av det høyereliggende innlandet, her Sannessjøen med De Syv Søstre. Brua har tilført landskapet et dominerende element. Landskapsforringende eller interessant? (Foto: Fjellanger Widerøe A/S)



Figur 6. Denne endemorenen i Lysefjord ga Esmark erkjennelsen av at Norge hadde vært nediset en gang i fortiden. Dette var første gang at istidteorien ble lansert, og avsetningen er som anerkjennelse blitt kalt Esmark-morenen. Foran moreneryggen er det dalrygning av yngre, terrasseformete løsmasser. Vanligvis har en elv gravet et leie gjennom ryggen, i motsatt fall demmer ryggen opp et vann. I begge situasjoner tar det seg gjøre å føre en veg uten betydelige inngrep i landskapet. (Foto: D. P. Wangen)

Vegbygging i bratt terreng

Vegtunneler velges oftere som løsning

Det beste alternativet for å redusere inngrep og landskapsendringer i bratt terreng er bygging av vegtunneler. Dette er imidlertid ofte en kostbar og lite trafikkvennlig løsning. Vegtunneler har derfor bare vært et realistisk alternativ der terrenget er spesielt bratt, utsatt for skred eller der veg i dagen vil bli uforholdsmessig lang.

Imidlertid blir såkalte miljøtunneler nå i økende grad et alternativ der veg i dagen vil medføre en større miljøforringelse. En kombinasjon av tunneler og veg som ligger lett i terrenget kan ofte gi muligheter for små inngrep og en god tilpasning til landskapet.



Figur 7. Vegtunneler er en effektiv løsning for å redusere inngrepene i landskapet. (Foto: Veien og Vi)

Viadukter og "norsk" løsning

I flere land er viadukter blitt symbolet på en høyt utviklet teknikk. Slike konstruksjoner blir meget dominerende innslag i landskapet, og er utvilsomt betraktet som bidrag til å tilføre landskapet nye verdier. I mange landskaper, som i Alpene eller ved Middelhavskysten har slike konstruksjoner blitt brukt i stor utstrekning og medført en fullstendig endring av landskapets karakter.

Den vanlige "norske" løsning er å bygge skjæringer, fyllinger og tunneler. Tidligere har denne løsningen medført store inngrep i bratte dal- og fjordsider med store skjæringer og fyllinger. De senere års tendens til store inngrep, som har resultert i dominerende pregning av landskapet, er nå i ferd med å bli justert i henhold til ny holdning og målsetting. "Norsk" løsning vil ofte, når den ikke overdrives, gi en bedre tilpasning til landskapet i tillegg til at den er rimeligere.



Figur 8. Tunneler er også en kostbar løsning, og vanskelig terreng forsøkes overvunnet på ulike måter. Her en kombinasjon av norsk (skjæring) og syd-europeisk løsning (viadukt). (Foto: K. Quarsten)

Likevel vil skjæringer ofte medføre en kontrast. Bare der erosjon og grunnens struktur har dannet et naturlig platå eller hylle kan skjæringene la seg naturlig tilpasse. Der det forekommer andre landskapsformer, kreves innsiktsfull planlegging for å utnytte eksisterende teknikk og terrengformer for å oppnå en utforming mest mulig i pakt med de naturlige formene.

Tradisjonell anleggsdrift og økonomi

Sett isolert på sprengning og transport av masser har full utnyttelse av sprengstoff og maskiner gitt lave anleggskostnader. Sprengstoff kan også benyttes som billigste arbeidskraft, ikke bare ved innspåring av borningsarbeid, men også for utlasting og bortkjøring av masser. Der forholdene ligger til rette for det, slik som langs våre fjorder, legges ofte vegtraseen slik at massene kan sprenges på sjøen eller ut i fjellskråningen. Endel av vegbyggingen langs fjordene bærer preg av denne fremgangsmåten.

Figur 9. "Tung" linje i sjøkanten preger landskapet markant. (Foto: E. Gyony)



En slik utførelse kan imidlertid medføre utbredte skader på den gjenstående berggrunn. Slike sprengningsarbeider vil ofte medføre ny rasfare der bergsikring krever betydelig økning i inngrepet med skjæringer av utilsiktet størrelse som resultat. Store og uventede utlegg til bergsikring og vedlikehold er ofte resultatet av inngrepet. Dessuten kan det bli nødvendig med kostbare tiltak for å fjerne store gjennliggende blokker, ikke minst ved småsprengning (spretting).

Dersom etterarbeider som rydding, bergsikring og fremtidig vedlikehold ses i sammenheng med anleggsdriften, blir det ofte ikke så klart at denne metoden er rimelig, total-kostnadene tatt i betraktning.

Ny teknikk i konflikt med landskapsvern?

Dagens vegbyggingsteknikk er karakterisert ved stor grad av maskinelt arbeid. Reduserte lønnskostnader er nøkkelen til et godt økonomisk resultat. Dette forhold har medført en revolusjon i vegbyggingen, der kravene til standard og linjeføring har latt seg gjennomføre med store sprengningsinngrep og fyllinger som resultat.

Tidligere var et viktig krav til planleggingen at en massebalanse i traseen skulle tilstrebes på kortest mulig avstand. Det medførte mindre inngrep ved salver i småknauser, og minst mulig fyllinger, et arbeid som er blitt forholdsvis kostbart.

En ytterste konsekvens av utviklingen blir ofte nå at den rimeligste vegbygging på en parsell oppnås ved å legge vegen i den største passende skjæring for å skaffe masser til planering av resten av parsellen. En slik praksis vil imidlertid føre til veger som blir dominerende innslag i landskapet.

Den mest effektive utnyttelse av moderne vegbyggingsteknikk kommer derfor lett i konflikt med Vegvesenets mål om miljøvern.

Ny teknikk gir imidlertid også muligheter for alternative driftsmetoder, som ikke nødvendigvis medfører økte kostnader. God planlegging og samvittighetsfull gjennomføring er nødvendige forutsetninger for en mere miljømessig utførelse.



Figur 10. Bevaring av naturmonumenter i Alpene. Jordpyramider er forholdsvis sjeldne erosjonsformer. (Foto: J. L. Sollid)

Bergbrytningsteknikk

Innføringen av sprengstoffene har gitt vegbygging i fjellandskaper nye muligheter. Disse mulighetene er blitt utnyttet i økende omfang, slik at vegforbindelse til stadig mere utilgjengelige bosetninger er blitt bygget, samtidig som eksisterende vegger er blitt innkortet. Denne utviklingen har imidlertid også medført betydelige ulemper, som store inngrep i landskapet, og ofte også vegger utsatt for rasfare.

Disse ulempene kan reduseres ved flere virkemidler, viktigst er tilpasning av vegtraseen til terrenget, bruk av skånsom sprengningsteknikk, samt bergforsterkning og forbygninger.

Resultat av tradisjonell sprengning

Sprengning utføres for å fragmentere berggrunnen til steinstørrelser som gjør det mulig å fjerne massene i vegtraseen på en økonomisk måte. Oppbrytningen er maksimal omkring det enkelte hull, og reduseres gradvis utover i den gjenstående berggrunn.

De geologiske forhold er sterkt medvirkende til resultatet, idet berggrunnen sjelden er ensartet, men oppbrutt av sprekker, slepper og bruddsoner. En spesielt tilpasset sprengning vil kunne motvirke effekten fra dårlig berggrunn.

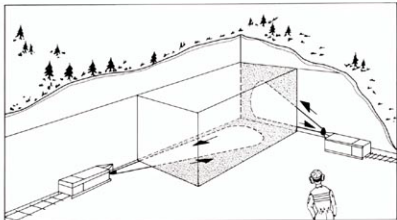


Figur 11. Hard sprengning er karakterisert ved at borchullene i konturen ikke er synlige, sterk oppbrytning langs oppsprekningen i berggrunnen, og stor bakbrytning med store overmasser som resultat. På bildet er oppsprekningen gunstig, slik at det ikke er oppstått rasfarlige partier i skjæringen. (Foto: A. Grønhaug)

Der det er uøyaktig boret, stor hullavstand og store ladningskonsentrasjoner, kan det være vanskelig å se tilsiktet avgrensning av salve mot gjenstående skjæringsvegg. Dette kan dels komme av uspesifisert, tradisjonell utførelse, og dels av oppsprukket eller svak berggrunn.

Ved sprengning er det vanlig praksis at rikelig sprengstoffmengde blir benyttet til å bryte opp berggrunnen. Dette betyr at borchull med stor diameter (grovhull), plassert i et grovmasket rutenett, blir fylt med sprengstoff. Denne praksis medfører stor påkjenning på den omgivende berggrunn, og vil bare kunne gi tilfredsstillende resultat der det er spesielt solid og massiv berggrunn.

Avhengig av oppsprekningsgrad og sprekkeretninger vil overliggende bergmasser kunne rase ut, eller bli så løst at det må renskes ned. Renskearbeidet kan bli så omfattende at uttaket vil kunne føre til store inngrep i omgivende terreng.



Figur 12. Linesaging av skjæringer i berggrunn foregår ved at en diamantbesatt line legges over et drivhjul på et aggregat som går på skinner for å holde linen stram. Ved oppstart tres linen gjennom to borhull som krysser hverandre.

Nyere teknikk gir muligheter

Det finnes idag flere alternativer for brytning og fragmentering av berggrunn. Den mest kjente av nyere teknikk er fullprofil-boring av tunneler. De såkalte delsnittsmaskiner, som arbeider etter et tilsvarende prinsipp kan meisle ut alle ønskete former, ikke bare i tunneler, men også i skjæringer.

En videre utvikling, kutting ved hjelp av høytrykks vannstråler (jetkutting) er et ytterligere bidrag til skånsom utfoming. Jetkutting vil sannsynligvis bli kombinert med fullprofil-brytning, en teknikk som vil bidra til forbedret økonomi. Dette er metoder som vil kunne få betydning i fremtiden. Disse metodene etterlater ofte jevne bergvegger med en overflate påvirket av brytningsprosessen.

Av dagens metoder er slettsprengning i ulike varianter i bruk der forholdene krever stabile bergvegger eller små rystelser, som inntil bygninger. Som alternativ til sprengstoffer finnes det nå ekspanderende mørtler som fylt i borhull forårsaker en langsom og meget skånsom oppbrytning av berget.

Det er videre vunnet mye erfaringer med å få til en skånsom brytning ved å anvende vanlige sprengstoffer. Av økonomiske grunner er dette den teknikken som i dagens situasjon er mest interessant for vegbygging.

I steinbrudd er det i de senere år utviklet en teknikk for diamantlinesaging av blokker direkte fra bergveggen. Denne metoden er nå kommet så langt at den vil være interessant for utsaging av skjæringer der det er spesielt viktig å bevare bergveggen uten skader. Teknikken går ut på å blåse linen gjennom to kryssende borhull, og sage ut det mellomliggende areal ved å legge linen over et drivhjul på et skinnegående aggregat. Pr. idag har en erfaring med utsaging av 250 m² vertikal, og 900 m² horisontal skjæringsflate.

Figur 13. I steinbrudd sages såle og stoff ut med line. Skjæringsveggen slettsprenges med nøyaktig borete hull ladet med svartkrutt. Detonasjonen fører til at blokken flyttes et par meter ut fra skjæringsveggen ved at den sklis på de glatte, sagede flatene. Dette fører til at påkjenningen på gjenstående berggrunn blir ubetydelig. (Foto: E. Endre)



Skånsomme sprengningsmetoder

Der det er ønskelig å oppnå en jevn skjæringsvegg og redusert påkjenning på gjenstående berggrunn, benyttes skånsomme sprengningsmetoder.

Det er fire hovedtyper av sprengningsopplegg som er brukt til skånsom sprengning: slettsprengning, slettsprengning med lederhull, presplitt og sømboret salve.

Alle fire metoder krever detaljert borplan, nøyaktig utsetting av borhullene etter borplanen både hva angår hullmønster og hullretning. Et godt resultat kan ofte oppnås ved å anvende to eller flere av disse metodene i kombinasjon. Ytterligere forbedring kan oppnås ved bruk av tennere som gir muligheter for å variere detonasjonsrekkefølgen på hullradene.

Slettsprengning foreskriver et bormønster med redusert hullavstand i den planlagte skjæringsveggen (kontur), samt redusert forsetning (avstand til neste hullrad) fra konturen. Når det bores et eller to hull mellom de som lades, taler en om slettsprengning med lederhull.

Presplitt går i hovedsaken ut på å bore opp den ønskete bergvegg med tettliggende hull, som lades og sprenges før den øvrige del av salven. Sømboret salve utføres ved at konturen bores opp med meget tettliggende, nøyaktig borete, ikke ladete hull.

Kostnadsfaktoren ved disse metodene er behovet for økt borarbeid, nøyaktigheten ved innmåling av hullmønsteret, behovet for spesialsprengstoff og økt ladetid. Når det er innarbeidet en rutine for arbeidet, inkludert egnet spesialutstyr, vil som regel kostnadene kunne reduseres betydelig.

Sprekkdannelse og brytning

Sprengstoff som detoneres i et borhull vil i løpet av noen tusendels sekunder omdannes til en glødende gass med et trykk som kan komme opp i 200 000 atm. Detonasjonshastigheten, som er en karakteristisk egenskap for ulike sprengstoffer, ligger i området 2500-6000 m/s. Trykkbølge og rystelser i omliggende berggrunn brer seg med en hastighet av 3000-5000 m/s.

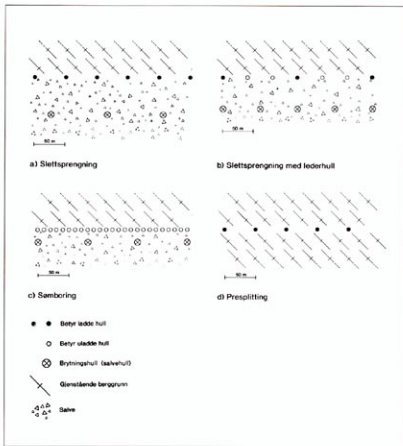
Dersom bare et vertikalt hull i flattliggende terreng i massiv berggrunn detoneres, vil eksplosjonen danne en trykkbølge som fører til en knusning rundt hullet som for midlere hulldiametre (ca. 40 mm) vil ha en utbredelse på ca. en hullradius. Umiddelbart vil det dannes radielt utgående sprekker som fortsetter betydelig lenger ut, fra noen desimeter til ca. én meter. Trykkbølgen vil imidlertid reflekteres fra frie flater, slepper og sprekker. Dette forhold bidrar til å begrense energien, og på den måten øke sprengvirkningen innen salven.

Sprenggassene vil deretter trenge ut på radialsprekkene. Der det forekommer sprekke- og sleppeåpninger i berggrunnen, vil gassfronten fortsette videre ut på disse, slik at berggrunnen "blåses opp" og brytes langs berggrunnens sprekkemønster. Det medfører at oppsprukket og sleppete berggrunn krever spesiell oppmerksomhet dersom konturen skal bli der den er planlagt, og gjenstående berggrunn skal behandles skånsomt.

Når et konturhull har mindre avstand til nær parallelle slepper enn til nabohullene, og lades tradisjonelt, vil brytningen gå inn til sleppen og resultatet bli en opphakkert skjæringsflate. Når ladninger på flere nærliggende, parallelle hull detoneres samtidig, vil sprengvirkningen virke sammen og danne en skjæringsvegg langs konturhullene istedenfor langs sleppene forutsatt at ladningsmengde og hullmønster er tilpasset de geologiske forhold.

Jevnheten og oppsprekningsgraden av skjæringsveggen er avhengig av avstanden til fri flate (forsetning), nøyaktigheten av hullmønsteret, avstanden mellom hullene og sprengstoffmengde, faktorenes betydning vanligvis i denne rekkefølge.

Godt og massivt berg tåler påkjenningene fra sprengning godt. Dårlig og sleppete berg er følsomt for påkjenningene og krever meget godt tilpasset sprengning. Dersom dette kravet er oppfylt, kan imidlertid resultatet likevel bli overraskende godt.



Figur 14. Eksempler på borhullsmønster ved slettsprengning.

Slettsprengning

Slettsprengning foreskriver et bormønster med redusert hullavstand i den planlagte skjæringsvegg (kontur), samt redusert forsetning (avstand til neste hullrad) fra konturen. Hullavstand og forsetning må tilpasses salvestørrelsen, de geologiske og øvrige lokale forhold, men bør ligge mellom 50 og 90 cm, forsetningen litt mindre.

Salven inneles i mindre enheter ved valg av tennere som gis en forsinkelse fra hullrad til hullrad mot den tilsiktede skjæringsvegg. Prinsippet bygger først og fremst på at når salven bryter fra den frie flate og gradvis innover mot den tilsiktede skjæringsvegg, skjer det med lette utslag og uten tunge tak som fører til oppknusning og oppbrytning langs slepper og sprekker.

Slettsprengning benyttes derfor ofte der berggrunnen er svak, sleppete og tett oppsprukket. Jo mer oppsprukket og sleppete berggrunnen er, jo mer må hullavstand og forsetning reduseres, og kravene til boringsnøyaktighet skjerpes.

Slettsprengning med lederhull

Der berggrunnen er spesielt dårlig, eller spesielle hensyn taler for en mer skånsom sprengning enn vanlig slettsprengning, foretas ofte slettsprengning med lederhull.

Slettsprengning med lederhull innebærer at hullene bores litt tettere enn ved vanlig slettsprengning i konturen, og at bare hvert annet eller hvert tredje av disse hullene lades. De uladete hullene vil da virke som sprekkeanvisere, og sprengenergien fra detonasjonen på de ladete hullene vil bli rettet i konturens retning. Denne fremgangsmåten reduserer påkjenning på gjenstående berggrunn ytterligere i forhold til vanlig slettsprengning.

Sømboret salve

Sømboret salve er et videre skritt i retning av skånsom sprengning. Det bores meget tett i konturen, ned i en hullavstand på 10 cm og mindre, og med en forsetning ned til 20 cm til brytningshullene. Ved så tett boring, vil hullene danne en refleksjonsflate for trykkbølgen, slik at det blir unødvendig å lade dem.

Dersom denne metoden skal få den tilsktede effekt, må utførelsen følges opp med en nøyaktig boring der hullavviket står i rimelig forhold til de spesifiserte hullavstandene.

Sømboringsmetoden brukes vanligvis helst i forbindelse med sprengning inntil byggverk som boliger, næringsseidommer, brufundamenter og ledningsmaster. Den bør også brukes i forbindelse med sikring av skjæringer utsatt for overmasser og rasfare. Spesielt tilpassete borrhjører vil forenkle og effektivisere borrarbeidet betydelig, og gi et vesentlig bidrag til å redusere borkostnadene.

Sprengning med presplitt

De foran beskrevne kontursprengningsmetodene bygger på at salven skal få lettest mulig utslag ved at avstandene til fri flate gjøres så liten at påkjenningen på gjenstående berg blir liten. Ved presplittmetoden sprenges konturhullene først. Innspenningen blir derved så stor at utslag ikke skal forekomme, isteden skal det dannes en sprekk fra hull til hull. Denne sprekken skal dermed virke som refleksjonsflate for brytningsalven, slik at sprengvirkingen begrenses innen salven.



Figur 15. Ved slettsprengning får en frem geologiske strukturer som lett maskeres der det oppstår bakbrytning og utfall langs sprekker og slepper. I denne skjeringen i Østfold-granitt kommer den massive bergarten fint frem og avslører en innefrosset blokk av sideberget som falt inn i smeltmassen under styrkingen. I tillegg til en visuell opplevelse, er skjeringen blitt mer stabil og vedlikeholdsvennlig. (Foto: A. Grønhaug)

Presplittmetoden regnes ofte for å være den beste kontursprengningsmetoden, men ansees fortrinnsvis for å være best anvendelig i god, lite oppsprukket berggrunn. Imidlertid gjelder prinsippet om at bolarbeidet er avgjørende for resultatet i minst like høy grad som for de øvrige metodene. Med tilpasset boring og lading, burde gode resultater kunne oppnås i de fleste typer berggrunn.

Bergforsterkning i skjæringer

Bakgrunn

Steinsprang og skred fra bratte skråninger er et ofte forekommende fenomen på veger i bratt terreng. Delvis kommer slike nedfall fra terrenget ovenfor vegområdet, og delvis i selve vegskjæringen. Full sikring av våre veger mot nedfall er hverken praktisk eller økonomisk mulig i dagens situasjon. Derimot kan en ved ulike tiltak redusere rasfaren betydelig.

Sikring av skjæringen ved rensk og nedsprengning vil ofte få store konsekvenser, som fører til inngrep i områder langt utenfor det planlagte vegområdet. For å skape godt vegmiljø, sikkerhet mot nedfall og redusert vedlikehold vil det være fordelaktig å forsterke skjæringen fremfor å øke inngrepet ved nedsprengning av ustabile masser. Dette krever planlagte tiltak på anleggsstadiet.

Redusert inngrep

Et av de tiltak som kan medvirke både til å redusere rasfaren og bedre vegmiljøet, er å redusere inngrepet i skjæringer. Jo større inngrep, desto større område ovenfor vegskjæringen vil bli berørt.

Det første tiltaket for å oppnå redusert inngrep er å planlegge hvorledes skjæringen ønskes utformet, og dernest å planlegge og følge opp arbeidsoperasjonene slik at ønsket resultat oppnås. Noen steder vil det være fordelaktig både anleggsteknisk og sikkerhetsmessig å tilføre masser for å legge vegen lenger ut på fylling fremfor å gå hardt på i skjæring.

Et viktig virkemiddel i arbeidet vil være å utføre sprengningsarbeidet på en slik måte at stabiliteten i berggrunnen ikke blir forstyrret unødig. Det kan kreve spesiell forsiktig utsprengning av vegskjæringen, om nødvendig kombinert med bergforsterkning.



Figur 16. Stabilisering med bolting kan hindre utrasing og inngrep i overfliggende eiendom. I motsetning til betongkonstruksjoner eller forblending blir sikringen lite synlig, og gir mulighet for å presentere og studere berggrunnens egenart. (Foto: E. Iversen)

Sikring virkemiddel for vegmiljø

Praksis har lenge vært slik at arbeidssikring ved stabilisering av skjæringen sjelden er blitt utført. Der det har forekommet stor rasfare renskes og sprenges det vanligvis ned masser til rasfaren er fjernet. Sikring av mindre enkeltblokker er blitt utført ved bolting, supplert med bånd og nett, i verste fall med betongpilarer eller murer.

En miljømessig utførelse krever en bestemt utforming av skjæringen. Dette forutsetter at sprengnings- og sikringsarbeidet planlegges slik at dette målet oppnås.

Selv om sprengningsarbeidet er utført slik at oppbrytning av gjenstående berggrunn unngås, vil det kunne bli nødvendig å stabilisere skjæringen for å hindre utglidning.

Ved å utføre arbeidssikring parallelt med sprengningsarbeidet, vil sikring oppnås før rasfare oppstår. Dette kan oppnås på flere måter, ved redusert inndrift, tilpasset sprengningsplan, umiddelbar bergforsterkning av avdekket bergvegg eller ved forbolting.

Stabilisering ved tilpasset inndrift og sprengningsplan

Avhengig av lokale forhold kan skjæringen tas ut ved palldrift, drift i vegretningen, vinkelrett på vegen mot skjæringsveggen eller kombinasjoner av disse fremgangsmåtene. Hensikten med redusert og tilpasset sprengningsplan er å få avdekket deler av ustabile partier som kan gli ut, slik at de kan stabiliseres mens de fremdeles er understøttet av berg som ikke er sprengt ut.

Stabiliseringen utføres fortrinnsvis ved bolting etterhvert som endelig kontur avdekkes. Det kan benyttes bolter som gir bæreevne kort tid etter montering, slik at venting blir unødvendig.

Pilarer av plasstøpt eller sprøytet betong vil i enkeltstående tilfeller være fordelaktige der det forekommer tett oppsprukket berggrunn.

Stabilisering ved forbolting

Forbolting er en sikringsmetode som benyttes i tunneldrift ved påhugg og i meget dårlig berggrunn. Metoden går ut på å armere berget omkring tunnelhvelvet før tunnelen drives. Metoden brukes forholdsvis ofte fra forskjæringen for å sikre den første tunnelsalven, men har vært lite brukt for stabilisering av skjæringer.

Figur 17. Tunneler påbegynnes i torven i Østerrike. (Foto: A. Granhaug)





Figur 18. Dekorativ effekt av berggrunnsstrukturer i skjæring. (Foto: A. Grønhaug)

Sprengning og forbolting må sees i sammenheng og planlegges spesielt for å oppnå en rasjonell og teknisk tilfredsstillende løsning. Den enkleste, men minst effektive metoden er å støpe inn boltene i borhull som ligger i gjenstående berggrunn bak planlagt skjæringsvegg.

Mest effektiv utnyttelse av boltene bæreevne oppnås imidlertid ved å sette boltene på stigning mot planlagt skjæringsvegg. For å få til dette må det bores igjennom berggrunnen som skal sprenges ut og inn i planlagt gjenstående berggrunn. Boltene må da forsynes med en forlengningsstang gjennom salveområdet. Denne må skrues og trekkes ut når boltene er ferdig innstøpt, men før sprengning.

Planlegging av skjæringer i berggrunn

Egenskaper som bidrar til et godt vegmiljø er tidsmessig linjeføring, stabil fundamentering, god drenering, et minimum av rasfare, og enklest mulig vedlikehold. I tillegg til dette finnes det også alternative utforminger som ytterligere bidrar til vegmiljøet, nemlig den terrengmessige tilpasning.

Teknikken gir nå nye muligheter for en miljømessig utførelse. Når utviklingen nå er kommet dit at store sprengningsarbeider og transport av masser er relativt billige, er planleggeren ikke lenger så bundet av å måtte prosjektere massebalanse på hver vegparsell. Vegen kan legges lettere i terrenget forutsatt av at det finnes en steinforekomst som kan utnyttes i nærheten av anlegget. Inngrepet i fjellsider kan da reduseres. Dette vil medføre andre fordeler som redusert rasfare, redusert bergsikring og behov for vedlikehold.

Ved undersøkelse av berggrunnen kan en få opplysninger om de strukturene som har betydning for stabiliteten, og skjæringen kan utformes deretter. Opplysningene utnyttes videre til å utarbeide sprengningsplaner som reduserer faren for utglidninger og overmasser som fører til utilsiktede sår i terrenget.

Maskering eller fremheving av skjæringer

Nakne og stabile vegskjæringer, også av store dimensjoner, er et karaktertrekk som er mer spesielt for Norge enn for de fleste andre land, der skjæringene tildekkes med betong. Det finnes mange eksempler på vegskjæringer som på mange virker berikende for landskapet

Spesielt vil jevne snitt i berggrunnen være meget dekorative, med fargenyanser fra en bergart til en annen, med strukturer som lagdeling eller bånding, og gjennomvevet av eruptivganger og andre intrusjoner.

Samtidig representerer slike skjæringer naturmonumenter, som i tillegg til sin dekorative verdi også er et vitnesbyrd om vårt lands eldste historie. For det første er de en dokumentasjon på alder, for det andre om de prosesser som har foregått i undergrunnen. For det tredje kan de demonstrere eksempler på liv som har eksistert i tidligere tidsperioder.

Opplevelsen har imidlertid også noe med avstanden til skjæringen å gjøre. Skjæringer som synes på store avstander vil ofte være mindre dekorative enn sett på nært hold. Naturlige skrenter og brattvegger har fått en farge som går i ett med fjellet forøvrig, og virker av den grunn ikke så påtrengende.

Stein bare for kunstige fasader?

Bygningsfasader av naturstein oppfattes som dekorativt og kostbart, og de gir et massivt inntrykk av soliditet, uforanderlighet og tradisjon. Dette er tilfellet enten fasaden består av ensartet granitt eller av båndete eller lagdelte bergarter som marmor, sandstein eller gneiser.

Hvordan kan det så ha seg at de samme bergarter der de forekommer naturlig, ikke blir ansett for å berike omgivelsene på samme måte og gi det samme inntrykket av opplevelse? Dette kan ha flere grunner.

En viktig grunn er nok at berggrunn i byggeteknisk sammenheng ikke har fått den samme status som malm, mineraler og bearbeidet stein til bygningsformål. Berggrunn er det nok av, og det er ellers noe man fjerner ved bygningsarbeider, eller i beste fall utnytter til pukk.

Med den eksisterende teknikk er det idag mulig å utforme de fleste skjæringer slik at de dekorative egenskaper kan komme frem. Dessuten er det mulig å utføre, om ikke billigere enn vanlig sprengning, så til en pris som totalt sett vil være akseptabel for mange anlegg. I tettbebyggelse, eller steder der det ønskes en parkmessig utførelse, bør en overflatebehandling som beskrevet foran kunne bidra til å berike området med de naturlige verdier som finnes på stedet.



Figur 19. Ved diamantlinesaging av skjæringer oppnås at berggrunnens strukturer og monolittiske karakter kommer godt frem, samtidig med en mere miljømessig utførelse. Fra bruddet i Skjærstad-marmor. Noe for skjæringer i tettbebyggelse og parkmessige omgivelser? (Foto: H. Pantdalsli)