

# Jernbaneverket



Veileder til verktøy for skredfarekartlegging

# RAPPORT

Veileder for bruk av skredkartleggingsverktøy

Rapport nr.: 575012/01	Oppdrag nr.: 575012	Dato: 20.3.2012
Kunde: Jernbaneverket		
Veileder til verktøy for skredfarekartlegging		
<p><b>Sammendrag:</b>          Det er utviklet et kartleggingsverktøy for vurdering av skred i tunneler og skjæringer der risikovurdering og nytte-/kostvurderinger er benyttet. Verktøyet benytter sannsynligheten for skred, slik den er vurdert av ingeniørgeolog, sammen med konsekvensberegninger for å komme fram til hvor det vil være størst effekt av tiltak.</p> <p>Denne veilederen beskriver framgangsmåten for kartleggingen som omfatter en vurdering av konsekvensfaktorer og en kartlegging der størrelsen på skred og sannsynligheten for skred vurderes. Det tiltaket som anbefales for å fjerne eller redusere risikoen inngår også sammen med en vurdering av vedlikeholdsinnsettingsen før og etter at tiltaket er gjennomført.</p> <p>Veilederen angir detaljert hvordan slike inndata skal skaffes til veie og mates inn i et regneark. Som et resultat fås</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beregnet sannsynlighet for skred</li> <li>• Beregnet konsekvens av skred</li> <li>• Tiltakskostnad</li> <li>• Nytte-/kostverdi</li> </ul> <p>Dette kan så benyttes for prioritering av tiltak.</p>		
1	20.3.2012	Ajourføring av veileder til verktøy for skredfarekartlegging
Rev.	Dato	Revisjonen gjelder
Utarbeidet av: Bent Aagaard/Mari Nilsen Ervik		Sign.: <i>Mari Nilsen Ervik</i>
Kontrollert av: Kine Wenberg Jacobsen		Sign.: <i>Kine Wenberg Jacobsen</i>
Oppdragsansvarlig / avd.: Bent Aagaard		Oppdragsleder / avd.: Torbjørn Yri/251

## Innhold

<b>1</b>	<b>INNLEDNING .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>KONSEKVENNS- OG KOSTNADSPARAMETRE.....</b>	<b>6</b>
2.1	Beregning av konsekvens.....	6
2.2	Konsekvensfaktorer .....	6
2.2.1	kf <sub>1</sub> , tilgjengelighet av skredsted for redning og opprydding.....	6
2.2.2	kf <sub>2</sub> , terrengform på skredsted .....	6
2.2.3	kf <sub>3</sub> , trafikktype.....	7
2.2.4	kf <sub>4</sub> , hastighet av tog.....	7
2.2.5	kf <sub>5</sub> , siktavstand .....	7
<b>3</b>	<b>INPUT KONTOR .....</b>	<b>8</b>
3.1	Registreringsskjema .....	8
3.2	Data som kan legges inn før feltarbeid .....	9
3.2.1	Baneprioritet.....	9
3.2.2	Trafikktype og hastighet.....	9
3.2.3	Enhetspriser og generelle tilleggskostnader for tiltak.....	9
3.3	Data fra registreringer i felt .....	10
3.3.1	Sannsynlighet P(k).....	10
3.3.2	Tiltak.....	10
<b>4</b>	<b>KARTLEGGING I FELT .....</b>	<b>12</b>
4.1	Informasjonsinnhenting før feltkartleggingen.....	12
4.2	Utfylling av kartleggings skjema .....	12
4.3	Hjelpemidler for feltarbeid.....	14
4.3.1	Kart.....	14
4.3.2	Bilder .....	14
<b>5</b>	<b>VURDERINGER OG BRUK AV DATA I REGNEARK .....</b>	<b>15</b>
5.1	Restrisiko .....	15
5.2	Vedlikehold .....	15
5.3	Resultatark.....	16
5.3.1	Beregnet sannsynlighet for skred.....	17
5.3.2	Konsekvens.....	18
5.3.3	Tiltakskostnad .....	18
5.3.4	Nytte-/kost-verdi .....	19

### **Vedleggsliste**

- Vedlegg 1 : Skredkartleggings skjema, skjæringer
- Vedlegg 2 : Skredkartleggings skjema, tunneler
- Vedlegg 3 : Konsekvensfaktorer
- Vedlegg 4 : Nåverdirisiko og nytte-/kostvurdering
- Vedlegg 5 : Estimering av sannsynlighet
- Vedlegg 6 : Tiltak

## 1 INNLEDNING

På oppdrag for Jernbaneverket, Hovedkontoret, har SWECO Norge AS, tidligere O. T. Blindheim AS, utviklet et kartleggingsverktøy for vurdering av skredfaren i tunneler og skjæringer. En uttesting av verktøyet er gjort i rapport 2460.02 datert 3. april 2002 (O. T. Blindheim). Foreliggende rapport er en revisjon av "Veileder for bruk av raskartleggingsverktøy", rapport 2460.03 datert 5. september 2002.

Kartleggingsverktøyet benytter sannsynligheten for skred og konsekvensen (i kroner) dersom et skred inntreffer, som direkte input for beregning av risiko. Ved at det beregnes en nytte-/kostverdi av tiltak i forhold til risiko, kan kartleggingen benyttes til å styre tiltaksinnsatsen til de banestrekningene som gir mest igjen for investeringen.

Målsettingen for kartleggingsverktøyet er:

- Tallfeste konsekvensene for Jernbaneverket for en gitt hendelse. All skredfarekartlegging bruker samme verdier
- Tallfeste sannsynlighet for en hendelse
- Beskrive "risiko = sannsynlighet x konsekvens" på en enhetlig måte som lett lar seg etterprøve
- Lage (grove) estimat for tiltakskostnader slik at nytte/kost kan beregnes.

Konsekvensen beregnes ut fra størrelse på skred, verdiskade og personskade.

Ingeniørgeologen må vurdere sannsynligheten for at skredet skjer innenfor en tidsperiode og gjøre et tripplestimat på når skredet skjer, tidligst, antatt og senest. Dette gjøres ut i fra en betraktningstidsperiode på 30 år. Tiltak beskrives for å fjerne eller redusere risikoen for at skredet skal skje.

Nytte-/kostverdien benyttes for prioritering av tiltak.

I denne veilederen er det gitt en beskrivelse av parameterne som benyttes i verktøyet og en "bruksanvisning" for innhenting av data og beregning av risiko og nytte/kost.

Kartleggingsverktøyet er tredelt og består av følgende deler:

- **Kartlegging i felt.** Det er utarbeidet to skjemaer for kartlegging i felt. De to skjemaene benyttes for kartlegging av henholdsvis skjæring og tunnel.
- **Andre inndata.** Kartleggingsverktøyet krever at det innhentes informasjon om banen (togtyper og toghastighet) og at konsekvenskostnadene er gitt av Jernbaneverket, Hovedkontoret.
- **Registrering og bruk av data i regneark.** Data fra kartlegging i felt sammen med de andre inndataene registreres i regneark, og benyttes i beregninger av konsekvens, tiltakskostnader og nytte-/kostverdi.

## 2 KONSEKVENNS- OG KOSTNADSPARAMETRE

### 2.1 Beregning av konsekvens

Konsekvensen  $K$  er summen av kostnadene forbundet med materielle skader, rydding, skadde/døde personer, forsinkelse, miljø og tap av renommé:

$$K = K_{\text{Skade}} + K_{\text{Rydding}} + K_{\text{Personer}} + K_{\text{Forsinkelse}} + K_{\text{Miljø}} + K_{\text{Renommé}}$$

De 6 faktorene er beregnet ut i fra konsekvensfaktorene beskrevet under samt de direkte kostnadene som følge av skredet. Formlene som er benyttet til beregning samt de tallfestede kostnadene er beskrevet i vedlegg 3.

De direkte kostnadene er benevnt  $K_1$ ,  $K_2$  og  $K_3$ .  $K_1$  er kostnader som følge av materielle skader på tog,  $K_2$  er kostnader forbundet med fjerning/opprydding/infrastruktur og  $K_3$  er kostnader som følge av skadde/døde personer. For alle tre gjelder det at skredet har skjedd på "lett tilgjengelig sted" ( $kf_1 = 1$ ). For de materielle skadene er det tatt hensyn til at påkjøring av skred skjer i 15 % av tilfellene. Når det gjelder kostnadene for skadde/døde personer er det tatt hensyn til at skade/død skjer i ca. 1 % av skredtilfellene.

### 2.2 Konsekvensfaktorer

Konsekvens som følge av steinskred er beregnet ut i fra 5 forskjellige konsekvensfaktorer. Konsekvensfaktorene er gitt i vedlegg 3. Nedenfor følger en forklaring på de ulike konsekvensfaktorene.

#### 2.2.1 $kf_1$ , tilgjengelighet av skredsted for redning og opprydding

Denne faktoren tallfester hvor lett skredstedet kan nås for redning og opprydding. Dette blir gjort på bakgrunn av avstanden til nærmeste bemannede stasjon eller stasjon med sidespor, og om det er mulig å nå skredstedet med kjøretøy. Når skredstedet er inne i en tunnel er det lagt til ekstra tillegg.

#### 2.2.2 $kf_2$ , terrengform på skredsted

Faktoren beskriver terrengformen på motsatt side av der skredet går. Verdiene er gitt ut i fra hvor stor konsekvens det kan ha for toget at skredet skjer på et bestemt sted. Der terrengformen varierer, velges den faktoren som gir høyest konsekvens inntil 50 m fra skredsted.

### 2.2.3 $kf_3$ , trafikktype

Prosentvis fordeling mellom de forskjellige trafikktypene på strekningen inngår i beregningsverktøyet som konsekvensfaktor  $kf_3$ . Det benyttes her gjennomsnittet for all trafikk på strekningen, og opplysninger om dette må hentes lokalt.

Det er gitt forskjellig vekting,  $t_M$ ,  $t_L$  og  $t_G$ , for de forskjellige trafikktypene og konsekvensfaktoren beregnes ut fra formelen:

$$kf_3 = t_M \times \text{andel motorvognsett} + t_L \times \text{lok.vogner} + t_G \times \text{godsvogner}$$

### 2.2.4 $kf_4$ , hastighet av tog

Hastigheten av toget har innvirkning på skadeomfanget. Lav hastighet gjør at konsekvensene for skade på materiell og personer blir svært små og at konsekvensen begrenses til skaden som selve skredet har medført. Konsekvensfaktoren for hastighet,  $kf_4$ , er valgt slik at lav hastighet ( $\leq 40$  km/t) gir  $kf_4$  lik 0, hvilket gjør at både  $K_{\text{Skade}}$  og  $K_{\text{Personer}}$  blir 0 dersom de andre konsekvensfaktorene er 1. Regnearkene er også laget på en slik måte at  $K_{\text{Skade}}$  og  $K_{\text{Personer}}$  blir 0 for toghastighet  $\leq 40$  km/t dersom størrelsen på skredet er  $< 0,5$  m<sup>3</sup>, uavhengig av hva de andre konsekvensfaktorene er.

Grunnhastigheten vil vanligvis variere en del over strekningen og tillatt toghastighet må derfor angis for hvert parti som anses å ha skredfare. Som grunnlag for  $kf_4$  må det derfor innhentes en fullstendig oversikt over tillatte toghastigheter for hele strekningen som skal kartlegges. En slik oversikt må hentes lokalt fra Jernbaneverket. Etter kartleggingen hentes hastigheten inn fra Jernbaneverkets oversikt for hvert enkelt av de kartlagte partiene. Der angitt hastighet er forskjellig for de to kjøreretningene, må den høyeste hastigheten velges.

### 2.2.5 $kf_5$ , siktavstand

Kort siktavstand øker sjansen for påkjørsel. Muligheter for fri sikt er angitt med 3 forskjellige faktorer beroende på hvor lang sikt man har på skredstedet. Når sikten i de to retningene er forskjellige, velges den korteste avstanden.

### 3 INPUT KONTOR

#### 3.1 Registreringsskjema

Excel-fila "Registrering og beregning" består av registreringsskjema og fire andre regneark. Alle inputdata fra bruker skrives inn i registreringsskjemaet. De fire andre regnearkene er resultatark der resultatet av beregningene fremstilles. Resultatarkene blir beskrevet nærmere i kapittel 5.

REGISTRERINGSSKJEMA																Rev. 20120216	
																MNE	
Banestrekning: <b>EKSEMPEL</b>				Baneprioritet: <b>4</b>				Enhetspriser: Bolting, kr/bolt <b>5000</b>									
km start: <b>31,54</b>		km slutt: <b>102,25</b>						Rensk kr/m <sup>2</sup> <b>160</b>									
Lengde av strekning: <b>70711</b>				meter				Sprengning kr/m <sup>3</sup> <b>1000</b>									
Tunnel/skjæring: <b>Skjæring</b>				Navn på tunnel:				Generelle mob/driftskostnader <b>20 %</b>									
Kartlagt av: <b>SWECO Norge AS</b>				Sign.: BAa Dato: <b>23. mai 2010</b>				Uforutsett <b>15 %</b>									
Trafikktype:								Prosjektering/prosjektadm. <b>15 %</b>									
Motorvognsett <b>78 %</b>		Persontog med lok <b>0 %</b>		Godstog <b>22 %</b>				kf <sub>3</sub> : <b>3,2</b>				Data fra kartleggingsskjema fylles inn i gule felt. Alle grå felt må fylles ut. Grønne felt kan fylles ut. Beregningene utføres i blå felt. Ingenting skrives inn i disse.					
Nr:	Lokalitet [km]	Hastighet [km/t]	Størrelse på mulig skred [m <sup>3</sup> ]	kf <sub>1</sub>	kf <sub>2</sub>	kf <sub>4</sub>	Siktavstand		Sannsynlighet P (k)	Trippelanslag for tidspunkt for skred			E(t)	TILTAK			Kostnad andre tiltak [kr]
							meter	kf <sub>5</sub>		t <sub>min</sub>	t <sub>antatt</sub>	t <sub>maks</sub>		Bolter [ant.]	Rensk [m <sup>2</sup> ]	Sprengn. [m <sup>3</sup> ]	
1	32.675	70	0.5	1.0	5.0	1.0	100	4	0.2	10	50	100	53.3				
19	36.560	100	2.0	1.0	1.0	2.0	100	4	1.0	0	1	2	1.0				8
20	37.815	70	0.5	1.0	1.5	1.0	150	2	0.8	5	15	50	23.3		10		
21	37.878	70	1.0	1.0	5.0	1.0	100	4	1.0	0	1	5	2.0		5		
22	37.715	70	2.0	1.0	5.0	1.0	100	4	0.5	10	30	80	40.0	2	5		
23	37.715	70	2.0	1.0	5.0	1.0	100	4	0.8	4	13	40	19.0	1	5		
24	45.958	70	1.0	2.5	1.5	1.0	100	4	0.8	15	30	80	41.7	3	5		
25	45.972	70	0.5	2.5	1.5	1.0	100	4	1.0	7	15	30	17.3		1		
26	45.980	70	5.0	2.5	1.5	1.0	100	4	1.0	7	15	30	17.3	3			
27	45.985	70	6.0	2.5	1.5	1.0	100	4	1.0	10	15	25	16.7	4	5		

Figur 1 Registreringsskjema. Innringede felter er kommentert i kap. 3.2.

I figur 1 vises et utdrag av registreringsskjemaet. Registreringsskjema benyttes til utfylling av alle innsamlede verdier både fra felt og kontor slik at de kan beregnes videre.

Det er benyttet fargekoder i registreringsskjemaet som viser hvilke felt brukeren må fylle ut.

**Grå felt:** Dette er felter som må fylles ut. Disse feltene gir generelle opplysninger om den aktuelle strekningen,

**Gule felt:** Alle data fra kartleggingsskjemaet fylles inn i gule felt. For en gitt lokalitet angis km i kolonne B og de tilhørende opplysningene om denne lokaliteten fylles inn i samme rad.

**Blå felt:** Beregningene gjøres i blå felt. Ingenting skal skrives inn i her.



Grønne felt: I tillegg inneholder registreringsskjemaet grønne felt som ikke vises i utdraget i figur 1. Felt for registrering av vedlikeholdskostnader (NVVT, NVV<sub>F</sub> og NVV<sub>E</sub>) og restrisiko (RVR) har grønn farge. Dette er felter som kan fylles ut etter behov.

Alle felter i registreringsskjemaet som ligger til høyre for de som er gjengitt i figur 1, har blå farge, med unntak av felt for registrering av vedlikehold og restrisiko (RVR) (grønn farge).

### 3.2 Data som kan legges inn før feltarbeid

I tillegg til kartlegging i felt, krever kartleggingsverktøyet også andre inndata. Det er ingenting i veien for at disse kan finnes og bestemmes etter at feltarbeidet er utført, men det er en god regel at informasjon om dette er innhentet før kartlegging i felt. Det vil da være enkelt å skrive inn alle data i registreringsskjemaet umiddelbart etter kartlegging i felt. Det vil i det følgende gis en kort oversikt over hvilke parametere dette gjelder, hvordan de bestemmes og på hvilken måte de inngår i kartleggingsverktøyet.

#### 3.2.1 Baneprioritet

Baneprioritet er en parameter mellom 1-5 som angir prioritering av banestrekningen, bestemt av Jernbaneverket, Hovedkontoret (se for eksempel siste utgave av "Jernbanestatistikk"). Inndelingen er basert på dagens bruk, forventet trafikkutvikling og samfunnsmessig nytte der klasse 1 har høyest prioritet og 5 lavest. Baneprioritet 1 er det mest trafikkerte nettet (bl.a. lokaltrafikkområdet rundt Oslo og Ofotbanen), mens baneprioritet 5 er baner med svært liten eller nesten ingen trafikk.

To av de indirekte konsekvenskostnadene avhenger av baneprioritet,  $K_{\text{Forsinkelse}}$  og  $K_{\text{Renommé}}$ .

Baneprioritet føres inn kun én gang i registreringsskjemaet, i felt H4 markert med rød ring i figur 1.

#### 3.2.2 Trafikktype og hastighet

Prosentvis fordeling mellom de forskjellige trafikktypene føres inn kun én gang i registreringsskjemaet, i felt C11, C12 og C13 markert med grønn ring i figur 1.  $kf_3$  blir automatisk beregnet.

Hastighet,  $kf_4$ , markert med blå ring i figur 1, føres inn i registreringsskjemaet for hvert enkelt parti, i feltene i kolonne C.

#### 3.2.3 Enhetspriser og generelle tilleggskostnader for tiltak

De vanligste tiltakene for skredsikring er bolting, rensk og sprengning. Enhetspriser for bolter, rensk og sprengning som gjelder på det aktuelle tidspunkt og område av landet må angis i

registreringsskjemaet. I vedlegg 6 er det angitt hvilke enhetspriser man vanligvis opererer med på nåværende tidspunkt. Enhetsprisene oppgis uten merverdiavgift, da denne beregnes inn automatisk i regnearket. Enhetspriser for bolter, rensk og sprengning føres inn i registreringsskjemaet i henholdsvis felt P4, P5 og P6 (se gul ring i figur 1).

Det er i tillegg forutsatt at det angis generelle tilleggskostnader for å kunne beregne de totale tiltakskostnadene. De generelle tilleggskostnadene angis som påslag i prosent, og gjelder følgende poster: Generelle mobiliserings- og driftskostnader, uforutsette kostnader og kostnader knyttet til prosjektering og prosjektadministrasjon. Verdiene føres inn i registreringsskjemaet i henholdsvis felt P7, P8 og P9 (se gul ring i figur 1).

### **3.3 Data fra registreringer i felt**

Lokalitet, antatt størrelse på skred og faktorene for tilgjengelighet,  $kf_1$  og terrengform,  $kf_2$  legges inn i kolonnene B, D, E og F i registreringsskjemaet.

Siktavstand i meter legges inn i kolonne H. Her blir den automatisk omgjort til gjeldende faktor  $kf_5$ .

Trippelanslag for når skredet forventes å skje, tidligst, antatt og senest, legges inn i kolonnene K, L og M.

#### **3.3.1 Sannsynlighet P(k)**

Sannsynligheten for at skredet kommer til å skje i løpet av en 30-årsperiode anslås i kolonne J. Verdien må samsvare med trippelanslaget for når skredet forventes å skje. Hvis for eksempel trippelanslaget er 1, 15 og 30 år blir sannsynligheten  $P(k) = 1$ . Mer utfyllende informasjon om  $P(k)$  finnes i vedlegg 4.

#### **3.3.2 Tiltak**

Tiltak for å fjerne eller redusere risikoen for skred angis for hver lokalitet som antall bolt,  $m^2$  rensk og  $m^3$  sprengning.

I kolonne R kan det angis kostnad av eventuelle andre tiltak som for eksempel steinsprangnett, sprøytebetong og skredvarslingsgjerde. Det må føres inn total anslått kostnad (ekskl. mva) av denne delen av tiltaket for hver lokalitet.

Det er i vedlegg 6 angitt et grovanslag på priser for en del andre typer tiltak. Prisene bør endres ved behov da disse kun er ment som en veiledning. Lokale variasjoner må tas med i betraktningen.

I praksis er det også en restrisiko etter at tiltaket er gjennomført. Dette beskrives nærmere i kapittel 5, Vurderinger.

Det er i registreringsskjemaet oppgitt en minimumskostnad for utførelse av tiltak. Dette er en kostnad som må påregnes uansett hvor lite tiltaket er. Dersom summen av tiltaket blir lavere enn minimumskostnaden, vil tiltakskostnaden automatisk bli omgjort til verdien av minimumskostnaden. Den gjeldende minimumskostnaden er angitt i registreringsskjema som blått felt som ikke kan forandres. Verdien er gitt av Jernbanelverket.

## 4 KARTLEGGING I FELT

### 4.1 Informasjonsinnhenting før feltkartleggingen

Informasjon som må skaffes til veie før feltkartleggingen:

- Antall og størrelse på registrerte skred på banestrekningen i flg. Jernbanelverkets statistikk, gjerne supplert med lokal informasjon.
- Erfaringer som banesjef (banemannskap) har med strekningen vedrørende blant annet:
  - Type nedfall (stein, blokk, jord, is)
  - Sted/parti for skredaktivitet
  - Vedlikeholdsomfang på strekningen (preventivt, for rydding etter skred)
  - System for skredvarsling (automatisk eller manuelt)
  - Er det avdekket fare for store enkeltskred?

### 4.2 Utfylling av kartleggings skjema

Kartleggings skjema som benyttes i felt er vist i figur 2, og er vedlagt i full størrelse i vedlegg 1 og 2 for henholdsvis skjæring og tunnel. Figur 2 viser eksempel på bruk av kartleggings skjemaet for skredvurdering i bergskjæring.

Jernbanelverket

Skjema: 30 / 50

**SKREDFAREKARTLEGGING I BERGSKJÆRING**

Banestrekning: EKSEMPEL      Parsell: \_\_\_\_\_

Km: 63,810      venstre/høyre      Km: 63,850

**Før enkelthendelser:**

- Vurder sannsynligheten for skred i løpet av 30 år.
- Gjør trippelanslag for når hendelsen antas å inntreffe.
- Velg mest konservative verdi dersom verdi er ulik for de to kjøretretningene.

		Størrelse, m <sup>3</sup>	Skredparti 1	Skredparti 2	Skredparti 3
		<0,5	1,0	20	
		Km: 63,818	Km: 63,827	Km: 63,837	
Enkelthendelse	Sannsynlighet for skred:	0,8	0,3	1,0	
	Når antas skredet å inntreffe?				
	Tidligst:	5	15	0	
	Antatt:	25	50	3	
		Bolter, stk.	Bolter, stk.	Bolter, stk.	
		10	10	40	
		Rensk, m <sup>2</sup>	Rensk, m <sup>2</sup>	Rensk, m <sup>2</sup>	
		50	20	100	
		Senest:	75	10	
		Sprengn., m <sup>3</sup>	Sprengn., m <sup>3</sup>	Sprengn., m <sup>3</sup>	
				200	

**Konsekvensfaktorer:**

Tilgjengelighet kf: 1,5

Terrangform kf: 2

Siktavstand (kf.) i [m]: 150

**BESKRIVELSE:**

Gnei's med subhorizontal foliasjon. Oppspr. etter tre sprukesystem

Ved ① og ② kun oppsprekking.

Ved ③ er det en markert steil vakkhetssone ~⊥ på linje.

Maks høyde skjæring: 9 m

**VURDERT:**

Dato: februar 2012      Firma: SWECO Norge AS      Sign.: MME

Figur 2 Kartleggings skjema. Innringede felter er kommentert nedenfor.

Konsekvensfaktorene,  $kf_1$  og  $kf_2$  som skal angis på skjemaet, vurderes ut fra tabeller gitt i vedlegg 3, side 3. Disse tabellene bør derfor tas med ved feltkartleggingen.

I det følgende gis en punktvis og detaljert veiledning for utfyllingen av kartleggingsskjemaet. Der utfyllingen av skjemaet for skjæring skiller seg fra utfylling av skjemaet for tunnel, er dette angitt spesielt.

1. Fyll ut banestrekning, skjema nr. og parsell øverst på arket (markert med mørk blå ring i figur 2).
2. Angi km start og slutt, og om kartleggingen er gjort på venstre eller høyre side av skinnegangen (markert med gul ring i figur 2), sett mot stigende km. Hvert skjema dekker i utgangspunktet 40 meter (målestokk 1:200). Dette kan justeres etter behov.

For tunnel: For kartleggingsskjema som brukes i tunnel er ikke målestokk angitt. Her kan den målestokk som er best egnet i hvert enkelt tilfelle benyttes. Km start og slutt angis også for tunnel.

3. Skredutsatte partier skisseres øverst på skjemaet. Det er plass til opp til 3 skredparti på hvert skjema. Dersom det er flere skredpartier på strekningen, benyttes flere skjemaer. Angi gjerne km til hvert enkelt parti, i tillegg til start og slutt (punkt 2).

For tunnel: For kartleggingsskjema som brukes i tunnel er det avsatt plass til å skissere skredutsatte partier i både vegg og heng.

4. For hvert skredparti angis antatt størrelse, sannsynlighet for at skred inntreffer og trippelanslag for når hendelsen antas å inntreffe (tidligst, antatt og senest). Trippelanslagene angis som hele år. Dette er markert med røde ringer i figur 2. Estimering av sannsynlighet og trippelanslag beskrives nærmere i vedlegg 5. Dersom flere skredparti er skissert i samme skjema, velges skredparti 1 å være partiet som er tegnet inn lengst til venstre i skjemaet, skredparti 2 som det midterste osv.

Mindre nedfall er en typisk situasjon for skjæringer langs jernbanen. Kartleggingen og vurderingen av risiko er basert på at det er nedfall som treffer og skader linja, eller nedfall som kan gi skade ved påkjørsel som skal tas med. Smånedfall (mindre enn 20 kg/ 8 dm<sup>3</sup>), vurderes derfor ikke å utgjøre en risiko.

Noen skjæringer er imidlertid så uoversiktlige med potensial for nedfall < 20 kg (ofte også < 0,5 m<sup>3</sup>) at det normale tiltaket vil være rensk av hele skjæringen. I kartleggingsverktøyet er det to muligheter til å beskrive dette:

- Enten dele opp skjæringen i små areal med antatt utfall < 0,5 m<sup>3</sup> eller
- Definere mulig utfall i kategorien mellom 0,5 og 5 m<sup>3</sup> og renske hele skjæringen.

Det siste alternativet bør benyttes slik at N/K-tallet blir fornuftig. Dersom nedfallet defineres som  $< 0,5 \text{ m}^3$ , blir N/K-verdien svært lav når tiltaket innebærer rensk av et stort areal og kanskje også noe bolter. Derfor tilpasses mulig konsekvens ved å gradere opp nedfallet en klasse.

5. Angi konsekvensfaktorer  $kf_1$  (tilgjengelighet),  $kf_2$  (terrengform) og  $kf_5$  (siktavstand) for lokaliteten, markert med lyseblå ring i figur 2. Disse antas like for de skredpartiene som er angitt på det gitte skjemaet. Nytt skjema benyttes dersom disse faktorene endres. Konsekvensfaktoren for siktavstand ( $kf_5$ ) angis i meter. Når siktavstanden varierer for retningene, velges den korteste avstanden. Når dataene legges inn i regneark, vil  $kf_5$  automatisk beregnes fra siktavstand gitt i meter.
6. Angi tiltakstype og mengder for hvert skredparti, markert med oransje ringer i figur 2. Det er avsatt plass til å angi eventuelt annet tiltak enn rensk, bolting og sprengning. Valg av tiltak er beskrevet nærmere i vedlegg 6.
7. Nederst på kartleggings-skjemaet er det avsatt plass til en beskrivelse av partiene på skjemaet, som kan benyttes ved behov. Det bør også angis maks høyde på skjæringen i beskrivelsen.
8. Til slutt fyller kartlegger inn dato for utførelse og signatur.

## 4.3 Hjelpemidler for feltarbeid

### 4.3.1 Kart

Kart kan være et nyttig hjelpemiddel både til forberedelse av feltarbeid og under feltarbeidet. Jernbaneverket har for en del strekninger 1:5000 kart tilgjengelig som kan etterspørres.

### 4.3.2 Bilder

Jernbaneverket har bilder tatt med målevogn for en del strekninger. Disse kan være nyttige å ha tilgang til før befaring og som et supplement etter befaring.

## 5 VURDERINGER OG BRUK AV DATA I REGNEARK

### 5.1 Restrisiko

Restrisiko skiller seg fra de øvrige inndataene ved at den bør vurderes både i felt og etter at data er lagt inn i regnearkene.

Dersom tiltaket ikke reduserer risikoen for skred til null, er det en viss restrisiko knyttet til denne lokaliteten. For å angi restrisikoen må både konsekvens og sannsynlighet for skred vurderes for situasjonen etter at tiltaket er gjennomført.

Dersom restrisikoen skal inngå i beregningene, bør den som har utført kartlegging i felt forsøke å vurdere erfaringene fra feltkartlegging sammen med konsekvensen for skred slik den beregnes i kartleggingsverktøyet. Det anbefales derfor at restrisikoen vurderes etter at data er lagt inn i regnearkene. Da det kan være svært mange lokaliteter som kartlegges på en strekning, bør man i felt notere seg de lokalitetene der det antas at restrisikoen vil være av betydning.

I kartleggingsverktøyet kan restrisiko etter tiltak, RVR, angis som prosent av nåverdirisiko, NVR, slik denne beregnes i regneark. Dersom restrisikoen ikke vurderes som spesielt stor, anbefales det at denne settes til null.

I regneark:

RVR som prosent av NVR føres eventuelt inn for hver av de aktuelle lokaliteter i kolonne A1. Feltene i denne kolonnen har grønn farge i regnearket (disse feltene er ikke vist i figur 2, fordi de ligger lengre til høyre for det utsnittet som er vist).

### 5.2 Vedlikehold

For å kunne benytte kartleggingsverktøyet til å gjøre nytte-/kostvurderinger, vil det være riktig også å ta hensyn til vedlikeholdskostnadene. Det vil ofte være vanskelig å tallfeste disse, men for sammenligning av nytte-/kostverdier vil det oftest ikke utgjøre noen stor feil å utelate kostnadene knyttet til vedlikehold.

Som nærmere beskrevet i vedlegg 4, må det skilles mellom type vedlikeholdskostnad. Vedlikeholdskostnader som kommer som følge av at et tiltak utføres, og som dermed blir en direkte konsekvens av tiltaket, må betraktes som en kostnad som skal legges til selve tiltakskostnaden. Vedlikeholdskostnadene må diskonteres til nåverdi for å kunne adderes til tiltakskostnaden.

Dersom det ble utført årlig vedlikehold av en aktuell lokalitet før tiltaket iverksettes, må det antas at denne årlige vedlikeholdskostnaden reduseres når tiltaket iverksettes. Reduksjonen

av årlig vedlikeholdskostnad må da betraktes som en del av nytten til tiltaket når det gjøres en nytte-/kostvurdering.

Følgende vedlikeholdskostnader bør derfor bestemmes og tas med i regnearket:

NVV <sub>F</sub> :	Nåverdi av årlig vedlikehold før tiltak
NVV <sub>E</sub> :	Nåverdi av årlig vedlikehold etter tiltak
NVVT:	Nåverdi av årlig vedlikehold knyttet til tiltaket (vedlikehold av tiltak)

Av disse er NVVT lettest å angi, da denne bestemmes ved kun å se på det valgte tiltaket. Ofte vil denne være lik null, da det tiltaket som er aktuelt ikke forutsetter noe vedlikehold.

Når det gjelder NVV<sub>F</sub> og NVV<sub>E</sub>, må disse vurderes for hver enkelt lokalitet, eller eventuelt beregnes ut fra visse betingelser. For den som benytter kartleggingsverktøyet, vil det da være nødvendig å innhente opplysninger om dagens vedlikehold på den aktuelle strekningen. Deretter må det gjøres en vurdering av hvor stor andel av dette vedlikeholdet som går til den enkelte lokaliteten. Dette kan for eksempel gjøres ved å fordele de totale vedlikeholdskostnadene på antall lokaliteter. Til slutt må det gjøres en vurdering av hvor høy den årlige vedlikeholdskostnaden for lokaliteten blir etter at tiltak er iverksatt. Det er da viktig å skille mellom vedlikehold av selve tiltaket, NVVT, og generelt vedlikehold av lokaliteten NVV<sub>E</sub>. En måte å bestemme NVV<sub>E</sub> på kan være å sette den til en gitt prosentandel av NVV<sub>F</sub>.

I regneark:

NVVT, NVV<sub>F</sub> og NVV<sub>E</sub> føres inn for hver enkelt lokalitet, i henholdsvis kolonne S, T og U under VEDLIKEHOLD. Feltene for vedlikeholdskostnader har grønn farge.

### 5.3 Resultatark

De fire andre regnearkene i excel-fila "Registrering og beregning" er følgende resultatark:

- Beregnet sannsynlighet for skred
- Konsekvens
- Tiltakskostnad
- Nytte-/kostverdi

Beregningene gjøres ut fra data som er skrevet inn i registreringsskjemaet, sammen med data som hentes fra excel-fila "Kildedata". "Kildedata" må alltid leveres sammen med "Registrering og beregning" for at formlene skal fungere. "Kildedata" oppdateres av Jernbaneverket sentralt og er beskyttet for redigering når den overleveres bruker.

Når data er lagt inn i kartleggingsskjema, oppdateres resultatarkene automatisk. På resultatarkene vil alle lokaliteter som er registrert i registreringsskjemaet være med.



Resultatarkene er låst for redigering, da alle data hentes fra registreringskjemaet. Dersom det ønskes kun et utvalg av resultatene, som for eksempel de lokaliteter med høyest nytte-/kostverdi, anbefales det at Jernbaneanverket eller konsulent kontaktes for å få sortert etter ønsket kolonne.

### 5.3.1 Beregnet sannsynlighet for skred

I resultatarket for kartlagt sannsynlighet for skred, er sannsynlighet og forventningsverdi angitt sammen med en beregning av returperiode. Returperioden er gitt som sannsynlighet dividert på forventningsverdi. Returperioden er et uttrykk for antall skred per år over en 30 års periode, dersom man antar at "det samme" skredet gjentar seg.

I resultatarket er "antall skred per år over 30 år" og "antall skred per år (konservativt anslått)" angitt. Verdiene som fremkommer gjelder hele den kartlagte strekningen. Den første verdien er fremkommet ved å summere sannsynligheten for skred innenfor en 30-årsperiode (summere P(k) for alle lokaliteter) og deretter dividere på 30. Det er da ikke tatt hensyn til at nye skredfarlige partier kan oppstå i løpet av 30-årsperioden. Anslaget kan derfor sies å være lavt. Den andre verdien er en mer konservativ betraktningssmåte, der man antar at "det samme" skredet gjentar seg med en gitt forventningsverdi, E(t). Figur 3 viser utsnitt av resultatarket for beregnet sannsynlighet for skred.

<b>BEREGNET SANNSYNLIGHET FOR SKRED</b>							
<b>Banestrekning:</b>	<b>EKSEMPEL</b>			<b>Baneprioritet:</b>	<b>4</b>		
<b>km start:</b>	<b>31,54</b>	<b>km slutt</b>	<b>102,25</b>				
<b>Lengde av strekning:</b>	<b>70711 meter</b>						
<b>Tunnel/skjæring:</b>	<b>Skjæring</b>	<b>Navn på tunnel:</b>					
<b>Kartlagt av:</b>	<b>SWECO Norge AS</b>	<b>Sign.:</b>	<b>BAa</b>	<b>Dato:</b>	<b>23. mai. 2010</b>		
<b>Antall skred per år over 30 år</b>		<b>4,757</b>					
<b>Antall skred per år (konservativt anslått)</b>		<b>14,620</b>					
Nr:	Lokalitet [km]	Sannsynlighet P(k)	Trippelanslag for tidspunkt for skred			E(t)	Returperiode
			t <sub>min</sub>	t <sub>antatt</sub>	t <sub>maks</sub>		
1	32,675	0,2	10	50	100	53,3	0,004
2	36,56	1	0	1	2	1,0	1,000
3	37,615	0,8	5	15	50	23,3	0,034
4	37,678	1	0	1	5	2,0	0,500
5	37,715	0,5	10	30	80	40,0	0,013

Figur 3 Resultatark for beregnet sannsynlighet for skred.

### 5.3.2 Konsekvens

I resultatarket for konsekvens er de direkte og indirekte konsekvenskostnadene gitt sammen med den totale konsekvenskostnaden som er beregnet for hver enkelt lokalitet. Figur 4 viser resultatarket for konsekvens.

<b>BEREGNET KONSEKVENNS FOR SKRED</b>								
Banestrekning:		<b>EKSEMPEL</b>		Baneprioritet:		<b>4</b>		
km start:		<b>31,54</b>	km slutt:		<b>102,25</b>			
Lengde av strekning:		<b>70711</b> meter						
Tunnel/skjæring		<b>Skjæring</b>		Navn på tunnel:				
Kartlagt av:		<b>SWECO Norge AS</b>		Sign.:		<b>BAa</b>	Dato:	<b>23. mai 2010</b>
Nr:	Km	K <sub>skade</sub>	K <sub>Rydding</sub>	K <sub>personer</sub>	K <sub>Forsinkelse</sub>	K <sub>Miljø</sub>	K <sub>Renommé</sub>	Konsekvens K (1000 kr)
1	32,675	187	68	0	1	0	0	256
2	36,560	492	204	506	21	3	0	1225
3	37,615	127	68	0	1	0	0	196
4	37,678	696	1018	716	21	3	0	2453
5	37,715	696	1018	716	21	3	0	2453

Figur 4 Resultatark for beregnet konsekvens for skred.

### 5.3.3 Tiltakskostnad

I resultatarket for tiltakskostnad er kostnadene for tiltakene beregnet for hver enkelt lokalitet. Figur 5 viser resultatarket for tiltakskostnad.

<b>TILTAKSKOSTNAD</b>									
Banestrekning:		<b>EKSEMPEL</b>		Baneprioritet:		<b>4</b>			
km start:		<b>31,54</b>	km slutt:		<b>102,25</b>				
Lengde av strekning:		<b>70711</b> meter							
Tunnel/skjæring		<b>Skjæring</b>		Navn på tunnel:					
Kartlagt av:		<b>SWECO Norge AS</b>		Sign.:		<b>BAa</b>	Dato:	<b>23. mai. 2010</b>	
Nr:	Km	TILTAK			Kostnad andre tiltak	Tiltakskostnader, kr			NVT (1000 kr) inkl. mva
		Bolter [ant.]	Rensk [m <sup>2</sup> ]	Sprengn. [m <sup>3</sup> ]		Bolting	Rensk	Sprengn.	
1	32,675	0	1	0	0	0	160	0	6
2	36,560	0	0	8	0	0	0	8000	15
3	37,615	0	10	0	0	0	1600	0	6
4	37,678	0	5	0	0	0	800	0	6
5	37,715	2	5	0	0	10000	800	0	20

Figur 5 Resultatark for tiltakskostnad.

### 5.3.4 Nytte-/kost-verdi

Resultatarket for nytte-/kostverdi er gitt i figur 6.

<b>NYTTE-/KOSTVERDI</b>													
Banestrekning:		<b>EKSEMPEL</b>				Baneprioritet:		<b>4</b>					
km start:		<b>31,54</b>		km slutt:		<b>102,25</b>							
Lengde av strekning:		<b>70711</b>				meter							
Tunnel/skjæring:		<b>Skjæring</b>				Navn på tunnel:							
Kartlagt av:		<b>SWECO Norge AS</b>		Sign.:		<b>BAa</b>		Dato: <b>23.5.2010</b>					
Kalkulasjonsrente benyttet i beregninger:		<b>5</b>				%							
Nr:	Km	Konsekvens K (1000 kr)	P (k)	Risiko K*P(k) (1000 kr)	E(t)	Sum tiltakskostn ad (1000 kr) eks. mva.	NVR (1000 kr)	RVR (% av NVR)	NVT (1000 kr) inkl. mva	VEDLIKEHOLD (1000 kr)			Nytte/kost- verdi
										NVVT	NVV <sub>F</sub>	NVV <sub>E</sub>	
1	32,675	256	0,2	51	53,3	5,0	4	0	6	0	0	0	1
2	36,560	1225	1	1225	1,0	12,0	1167	0	15	0	0	0	78
3	37,615	196	0,8	156	23,3	5,0	50	0	6	0	0	0	8
4	37,678	2453	1	2453	2,0	5,0	2225	0	6	0	0	0	356
5	37,715	2453	0,8	1963	19,0	8,7	777	0	11	0	0	0	71

Figur 6 Resultatark for nytte-/kost-verdi

Resultatarket for nytte-/kostverdi er det viktigste resultatarket, og er grunnlaget for de valg av tiltak som skal gjøres med bakgrunn i beslutningsverktøyet.

Dersom det er mange lokaliteter som er kartlagt, vil det være nødvendig å sortere lokalitetene etter kolonnen for nytte-/kostverdi for å få oversikt over hvilke lokaliteter som gir høyest nytte-/kostverdi. Da dette regnearket er låst for redigering, må Jernbaneverket eller konsulent kontaktes for å få utført sorteringen.

Når sorteringen etter nytte/kost er gjort, må det også foretas en vurdering av hvilke delparseller som gir størst effekt i reduksjon av risiko målt i forhold til tiltakskostnaden. Dette vil blant avhenge av adkomstmuligheter for anleggsutstyr. Det må også vurderes hvilke krav til nytte/kost som skal betinge at tiltaket gjennomføres.

## SKREDFAREKARTLEGGING I BERGSKJÆRING

Banestrekning: \_\_\_\_\_

Parsell: \_\_\_\_\_

Km:

venstre/høyre

Km:

<i>For enkelthendelser:</i> - Vurder sannsynligheten for skred i løpet av 30 år. - Gjør trippelanslag for når hendelsen antas å inntreffe. - Velg mest konservative verdi dersom verdi er ulik for de to kjøreretningene.		M 1:200						
		8						
		6						
		4						
		2						
Størrelse, m <sup>3</sup> :		<b>Skredparti 1</b>		<b>Skredparti 2</b>		<b>Skredparti 3</b>		
Enkelthendelse	Sannsynlighet for skred:	Km:		Km:		Km:		
	Når antas skredet å inntreffe?	Tidligst:	TILTAK, angi mengde		TILTAK, angi mengde		TILTAK, angi mengde	
		Antatt:	Bolter, stk. : _____ Rensk, m <sup>2</sup> : _____ Sprengn., m <sup>3</sup> : _____ _____ : _____		Bolter, stk. : _____ Rensk, m <sup>2</sup> : _____ Sprengn., m <sup>3</sup> : _____ _____ : _____		Bolter, stk. : _____ Rensk, m <sup>2</sup> : _____ Sprengn., m <sup>3</sup> : _____ _____ : _____	
		Senest:	_____ : _____		_____ : _____		_____ : _____	
Konsekvensfaktorer:		<b>BESKRIVELSE:</b>						
Tilgjengelighet	kf <sub>1</sub> :							
Terrengform	kf <sub>2</sub> :							
Siktavstand (kf <sub>5</sub> ) i [m]								
		Maks høyde skjæring: ____ m						
<b>VURDERT:</b>								
Dato:		Firma:			Sign.:			

# SKREDFAREKARTLEGGING I TUNNEL

Banestrekning: \_\_\_\_\_

Parsell: \_\_\_\_\_

*Km:*

*Km:*

<p><i>For enkelthendelser:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vurder sannsynligheten for skred i løpet av 30 år.</li> <li>- Gjør trippelanslag for når hendelsen antas å inntreffe.</li> <li>- Velg mest konservative verdi dersom verdi er ulik for de to kjøreretningene</li> </ul>	VEGG	
	HENG	
	VEGG	

Størrelse, m <sup>3</sup> :		Skredparti 1	Skredparti 2	Skredparti 3	
Enkelthendelse	<i>Sannsynlighet for skred:</i>	Km:	Km:	Km:	
	Når antas skredet å inntreffe?	Tidligst:	TILTAK, angi mengde	TILTAK, angi mengde	TILTAK, angi mengde
		Antatt:	Bolter, stk. : _____ Rensk, m <sup>2</sup> : _____ Sprengn., m <sup>3</sup> : _____ _____ : _____	Bolter, stk. : _____ Rensk, m <sup>2</sup> : _____ Sprengn., m <sup>3</sup> : _____ _____ : _____	Bolter, stk. : _____ Rensk, m <sup>2</sup> : _____ Sprengn., m <sup>3</sup> : _____ _____ : _____
		Senest:			

Konsekvensfaktorer:		<b>BESKRIVELSE:</b>
Tilgjengelighet	kf <sub>1</sub> : _____	
Terrengform	kf <sub>2</sub> : _____	
Siktavstand (kf <sub>5</sub> ) i [m]	_____	

**VURDERT:**  
 Dato: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_ Sign.: \_\_\_\_\_

## JERNBANEVERKET, TEKNISK AVDELING

### BEREGNING AV KONSEKVENNS SOM FØLGE AV STEINSKRED

$$K = K_{\text{Skade}} + K_{\text{Rydding}} + K_{\text{Personer}} + K_{\text{Forsinkelse}} + K_{\text{Miljø}} + K_{\text{Renommé}}$$

$$K_{\text{Skade}} = K_1 \times (kf_2 + kf_3 + kf_4 + kf_5 - 3)$$

$$K_{\text{Rydding}} = K_2 \times (kf_1 + kf_2 - 1)$$

$$K_{\text{Personer}} = K_3 \times (kf_1 + kf_2 + kf_3 + kf_4 + kf_5 - 4)$$

der

$K_1$  = Materielle skader på tog

$K_2$  = Fjerning/opprydding/infrastruktur

$K_3$  = Skadde/døde personer

#### Konsekvensfaktorene er

$kf_1$  = Tilgjengelighet av skredsted

$kf_2$  = Terrengform på skredsted

$kf_3$  = Trafikktype

$kf_4$  = Hastighet av tog

$kf_5$  = Siktavstand

$K_1$ ,  $K_2$  og  $K_3$  = Direkte kostnader som følge av skredet. ("Skredet skjer på lett tilgjengelig sted"):

Beskrivelse av skredsted	Størrelse på skred	$K_1$ Materielle skader på tog <sup>1)</sup>		$K_2$ Fjerning/ opprydding/ infrastruktur	
		lav	høy	lav	høy
Tunnel og skj.	< 0,5 m3	0	60	0	135
Tunnel og skj.	0,5 - 5	16	120	7	400
Skjæring	5 - 25	16	240	35	600
Skjæring/dalside	25 - 100	40	675	135	1350
Skjæring/dalside	100 - 500	40	675	200	2025
Dalside	>500	40	675	400	2700

Tall i 1000 kr

<sup>1)</sup> Det er tatt hensyn til at påkjøring av skred skjer i 15% av skredtilfellene

Beskrivelse av skredsted	Størrelse på skred	Konsekvenskostnader som benyttes		
		$K_1$ <sup>3)</sup>	$K_2$	$K_3$ <sup>2)</sup>
		Middel av min/(0,5 x maks)		
Tunnel og skj.	< 0,5 m3	30	67,5	0
Tunnel og skj.	0,5 - 5	68	203,5	70
Skjæring	5 - 25	128	317,5	270
Skjæring/dalside	25 - 100	357,5	742,5	400
Skjæring/dalside	100 - 500	357,5	1112,5	400
Dalside	>500	357,5	1550	400

Tall i 1000 kr

<sup>2)</sup> Det er tatt hensyn til at skade/død skjer i ca 1% av skredtilfellene

<sup>3)</sup> For hastighet av tog < 40 km/t settes  $K_1 = 0$

**$K_{\text{Forsinkelse}}$  = Kostnader som følge av togforsinkelser**

= Forsinkelse i min. x kostnad per min. forsinkelse x tilgjengelighet ( $kf_1$ ) =  $t_{\text{fors}} \times k_{\text{fors}} \times kf_1$

		Forsinkelse, $t_{\text{fors}}$ , som følge av skred i område med god tilgjengelighet (min., timer og døgn)				
Sted for hendelse	Størrelse på skred	Baneprioritet				
		5	4	3	2	1
Tunnel og skj.	< 0,5 m3	4	4	4	4	4
Tunnel og skj.	0,5 - 5	80	70	50	40	30
Skjæring	5 - 25	24 t	20 t	10 t	5 t	3 t
Skjæring/dalside	25 - 100	2 d	36 t	24 t	20 t	10 t
Skjæring/dalside	100 - 500	3 d	3 d	3 d	2 d	1 d
Dalside	>500	>3 døgn	>3 d	>3 d	>3 d	> 3 døgn
		Kostnad, $k_{\text{fors}}$ = kostnad per tidsenhet for forsinkelsen				
Kostnad pr min forsinkelse		100	300	800	2000	4000
Kostnad pr time forsinkelse		6 000	18 000	48 000	120 000	240 000
Kostnad per døgn forsinkelse		144 000	432 000	1 152 000	2 880 000	5 760 000

Tall i kr

**Konsekvensen  $K_{\text{Forsinkelse}}$  ut fra forsinkelsen som nedfallet forårsaker, når  $kf_1 = 1$ :**

		Baneprioritet				
Størrelse på skred		5	4	3	2	1
		Tunnel og skj.	< 0,5 m3	0,4	1,2	3,2
Tunnel og skj.	0,5 - 5	8	21	40	80	120
Skjæring	5 - 25	144	360	480	600	720
Skjæring/dalside	25 - 100	288	648	1 152	2 400	2 400
Skjæring/dalside	100 - 500	432	1 296	3 456	5 760	5 760
Dalside*	>500	576	1 728	4 608	11 520	23 040

\* Antatt: 4 døgn stopp i trafikken

Tall i 1000 kr

**Konsekvensen  $K_{\text{Miljø}}$ :**

	Størrelse på skred	
Tunnel og skj.	< 0,5 m3	0
Tunnel og skj.	0,5 - 5	3
Skjæring	5 - 25	7
Skjæring/dalside	25 - 100	20
Skjæring/dalside	100 - 500	40
Dalside	>500	95

Tall i 1000 kr

**Konsekvensen  $K_{\text{Renomme}}$ :**

		Baneprioritet				
Størrelse på skred		5	4	3	2	1
		Tunnel og skj.	< 0,5 m3			
Tunnel og skj.	0,5 - 5					135
Skjæring	5 - 25				135	675
Skjæring/dalside	25 - 100			135	675	1350
Skjæring/dalside	100 - 500		135	675	1350	2700
Dalside	>500		675	1350	2700	6750

Tall i 1000 kr

## JERNBANEVERKET, TEKNISK AVDELING

### BEREGNING AV KONSEKVENSN SOM FØLGE AV STEINSKRED

#### KONSEKVENSAKTORER

$kf_1$  = Tilgjengelighet av skredsted for redning og opprydding

Sted for hendelse, avstander fra stasjon og veg	Faktor, $kf_1$
Avstand fra nærmeste bemannede stasjon/stasjon med sidespor < 1 km	1
Avstand fra nærmeste bemannede stasjon/stasjon med sidespor > 1 km. Praktisk greit å nå skredstedet med kjøretøy	1,5
Avstand fra nærmeste bemannede stasjon/stasjon med sidespor > 1 km. Utilgjengelig fra veg med kjøretøy	2,5
<b>Ekstra tillegg for hendelse i tunnel:</b>	
0 m < inn i tunnel < 250 m	0,5
I tunnel > 250 m	1,0

$kf_2$  = Terrengform på skredsted (inntil 20 m fra spor)

Beskrivelse av terrengform på motsatt side av der skredet går	Faktor, $kf_2$ <sup>4)</sup>
Relativt flatt terreng m/skråningshøyde < 2 m	1
Skråningshøyde 2 til 8 m	2
Skråningshøyde 8 til 25 m	4
Skråningshøyde > 25 m	6
Bratt skråning som ender i sjø/vann med dybde > 5m	10
Tosidig bergskjæring og tunnel	1,5

4) Ved varierende terrengform velges faktor ut i fra den terrengform som gir høyest konsekvens inntil 50 m fra skredstedet.

$kf_3$  = Trafikktype

$kf_3 = t_M \times \text{andel motorvognsett} + t_L \times \text{lok.vogner} + t_G \times \text{godsvogner}$

Togtype	Andel av trafikken	Vekting
Motorvognsett	Andel i prosent/100	$t_M = 4$
Lok.vogner		$t_L = 2$
Godsvogner		$t_G = 0,5$

$kf_4$  = Hastighet av tog

Tillatt største grunnhastighet på strekningen	Faktor, $kf_4$
Lavhastighet, < eller = 40 km/t	0,0
< eller = 60 km/t	0,5
< eller = 90 km/t	1,0
< eller = 120 km/t	2,0
< eller = 160 km/t	2,5
< eller = 210 km/t	3,0

$kf_5$  = Siktavstand

Kort siktavstand øker sjansen for påkjørsel.

Muligheter for fri sikt	Sikt	Faktor, $kf_5$
Åpent landskap, eller lang rett tunnel	> 300 m	1
Kurver med ensidig/tosidig skjæring	300 - 100 m	2
Liten sikt pga. vegetasjon, berg eller lignende	< 100 m	4



## NÅVERDIRISIKO KNYTTET TIL SKRED

Beregning av konsekvens og sannsynlighet for en hendelse gjør det mulig å beregne risikoen knyttet til hendelsen. For å kunne sammenligne hendelser som antas å skje på forskjellige tidspunkt, er det nødvendig å beregne nåverdirisikoen, NVR. Nedenfor er nåverdien beregnet for enkelthendelse.

$$\text{NVR} = \frac{P(K) \cdot K}{(1 + r)^{E(t)}}$$

der

P(K)	sannsynligheten for hendelsen
K	konsekvensen
r	rentefoten
E(t)	forventet tid før hendelsen inntreffer

Etter at et tiltak er gjennomført, kan risikoen være eliminert. I noen tilfeller kan det fortsatt være en viss risiko til stede etter at tiltaket er gjennomført. Da bør det beregnes en restrisiko etter tiltaket. I regnearket er det mulig å sette inn en verdi for restrisiko, men oftest kan denne settes til null uten å ha nevneverdig innvirkning på vurderingen.

En nytte/kost-betraktning gir at:

*En investering (tiltak) for å redusere risikoen er lønnsom(t) når summen av investeringen og risikoen (restrisikoen) er mindre enn eksisterende risiko uten tiltak.*

$$\text{NVR} > I + \text{RVR}$$

## NYTTE/KOST AV ENKELTTILTAK

Proseduren for utarbeidelse av akseptkriterier benytter følgende definisjon i forbindelse med nytte-/kostvurderingene [Jernbaneverket, Sikkerhetshåndbok, Dok. Nr. 1B-Sikkerhet, Kapittel 7.9]:

$$\text{Netto gevinst/kost} = (N - K)/K = ((R_{FT} - R_{ET}) - T)/T$$

der

R <sub>FT</sub>	en potensiell årlig ulykkeskostnad for den aktuelle uønskede hendelsen før tiltak er iverksatt
R <sub>ET</sub>	en potensiell årlig ulykkeskostnad for den aktuelle uønskede hendelsen etter at tiltak er iverksatt
T	summen av de årlige investerings- og vedlikeholdskostnadene for tiltaket

Dersom vanlige nytte-/kostvurderinger legges til grunn, skal kravet til restrisiko og tiltakskostnaden være slik at

$$((R_{FT} - R_{ET}) - T)/T > 0$$

Kanskje den vanligste formen å formulere det på er at

$$(R_{ET} + T) / R_{FT} < 1, \text{ altså at kostnaden skal være mindre enn nytten.}$$

Uttrykket blir det samme dersom diskonterte verdier benyttes, altså nåverdien av risiko og tiltak.

$$NVR > NVT + RVR$$

eller

$$(NVR - RVR) / NVT > 1 \text{ som er nytte/kost} > 1.$$

der

NVR	Nåverdirisiko, dvs. før tiltak
RVR	Restrisiko etter tiltak
NVT	Nåverdi av tiltakskostnad, dvs. investering og nåverdi av vedlikeholdskostnader

De vedlikeholdskostnadene som inngår i NVT er direkte knyttet opp mot tiltaket, og oppstår som følge av at tiltaket iverksettes. Disse vedlikeholdskostnadene må skilles fra kostnadene knyttet til vedlikehold som utføres før tiltaket iverksettes.

Dersom det utføres årlig vedlikehold på den aktuelle strekningen, må det antas at behovet for vedlikehold reduseres etter at tiltak er iverksatt. Det kan hende at de totale vedlikeholdskostnadene ikke reduseres, men at vedlikeholdet på strekningen blir konsentrert om andre lokaliteter. For den enkelte lokalitet vil det likevel være tilfelle at det årlige vedlikeholdet reduseres, som følge av at tiltaket iverksettes. Denne reduksjonen i vedlikeholdskostnader må tas med som nytte når nytte/kost av enkelttiltak vurderes.

Det kan derfor identifiseres tre typer vedlikeholdskostnader som skal inngå i uttrykket for nytte/kost. Disse er følgende:

$NVV_F$	:	Nåverdi av årlig vedlikehold før tiltak
$NVV_E$	:	Nåverdi av årlig vedlikehold etter tiltak
$NVVT$	:	Nåverdi av årlig vedlikehold knyttet til tiltaket (vedlikehold av tiltak)

Uttrykket for nytte/kost kan nå settes opp på ny, og med NVT splittet opp i NVT og NVVT.

$$\frac{(NVR + NVV_F) - (RVR + NVV_E)}{NVT + NVVT} > 1$$

Uttrykket kan formuleres på flere måter:

$$\frac{NVR - RVR + (NVV_F - NVV_E)}{NVT + NVVT} > 1$$

$$\frac{NVR - RVR + NVV_D}{NVT + NVVT} > 1$$

der

$NVV_D$	:	Nåverdi av differanse mellom årlig vedlikehold før og etter tiltak, eller reduksjon i årlig vedlikehold for den aktuelle lokaliteten.
---------	---	---

## ESTIMERING AV SANNSYNLIGHET FOR SKRED VED KARTLEGGING I FELT

For å kunne bruke kartleggingsverktøyet er det nødvendig å foreta estimat for sannsynligheten for skred. Såkalt "skredfare" har tidligere blitt angitt som en vurdering; "moderat", "liten" osv. Hensikten var å angi sannsynligheten for at skred skulle skje innen en viss (undefinert) tidsperiode. For å beregne risiko er det nødvendig at sannsynligheten angis med en tallverdi. Nedenfor er det gitt en beskrivelse av hvordan en slik tallverdi kan anslås under kartlegging i felt og hvordan sannsynligheten for skred på en parsell må vurderes opp mot statistiske verdier.

Det har vist seg i praksis at den restrisikoen som vurderes å eksistere, ikke har nevneverdig innvirkning på vurderingen. Dersom ikke restrisikoen er spesielt stor, settes denne til null.

I kartleggings skjemaet som benyttes i felt er det bare enkelthendelser som angis. For f.eks. iskjøving vil beregning av frekvens være mer aktuelt. Dette er ikke omtalt her.

### Tidshorisont

Hvis det skal ha noen hensikt å snakke om sannsynligheten for et skred, må man definere en tidshorisont fra analysetidspunktet ( $t_1$ ) fram til analyseperiodens slutt ( $t_2$ ), og stille spørsmålet: "Hva er sannsynligheten for at hendelsen inntreffer i løpet av denne perioden?"

30 år er valgt som tidshorisont i kartleggingsverktøyet.

### Sannsynlighet $P(k)$

Dersom  $t_1$  er observasjonstidspunktet og  $t_2$  analyseperiodens slutt, må altså sannsynligheten for at hendelsen skal inntreffe mellom  $t_1$  og  $t_2$  vurderes. Et foreløpig estimat på dette må alltid vurderes under feltkartleggingen.

Enkelte "løse blokker" kan med stor sikkerhet antas å rase ut i løpet av 30 år. Dermed kan sannsynligheten for at hendelsen inntreffer settes til 1. Den andre ytterligheten er at det er "helt usannsynlig" at hendelsen inntreffer i løpet av 30 år. Verdien  $P(k)$  kan da settes til for eksempel 0,01. Uttrykt på en annen måte betyr dette at kun 1 av 100 liknende tilfeller vil rase i løpet av 30 år. I praksis kan dette for eksempel være en del av en fjellside, som skal vurderes i et langt tidsperspektiv.

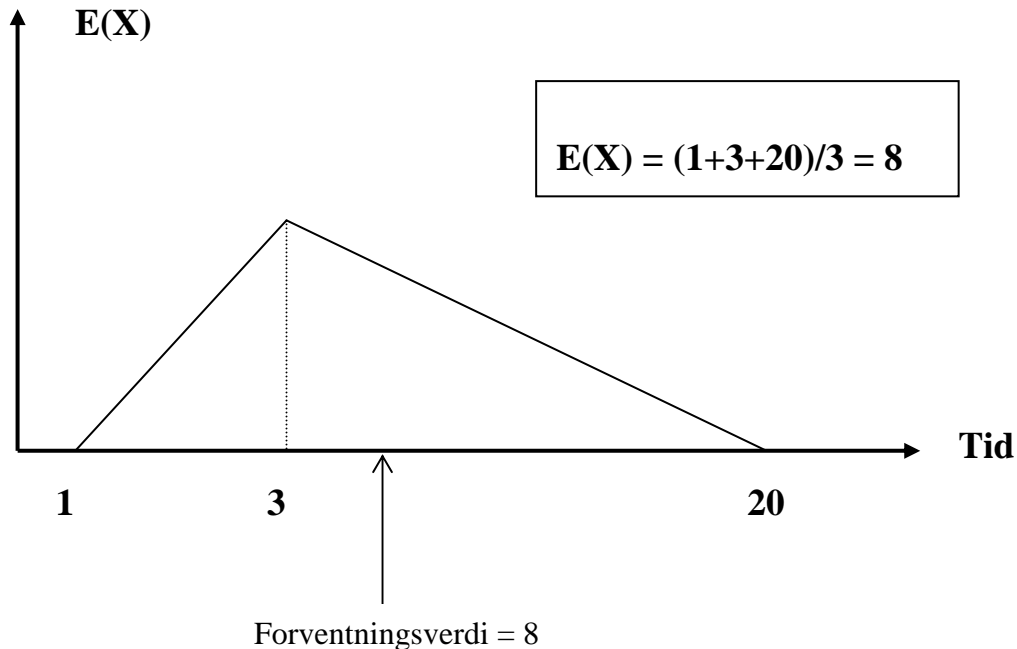
Mellom disse verdiene fins det da et stort variasjonsområde som indikerer varierende grad av sannsynlighet. En verdi 0,5 kan bety at det er "trolig, men ikke sikkert", 0,1 indikerer kanskje "lite trolig" osv.

### Trippelanslag $E(t) = (t_{\min} + t_{\text{ant}} + t_{\text{maks}})/3$

Det neste punktet som må besvares er: Hvis et skred inntreffer, når antas dette å skje? Dette er en nærmest umulig oppgave, men det er like fullt det ingeniørgeologen/kartleggeren forventes å ha svar på eller i det minste er den nærmeste til å gi en kvalifisert vurdering av. For å hjelpe på muligheten for å komme i nærheten av riktig svar, kan det være fornuftig å angi et trippelanslag. Laveste anslag er "den korteste tiden det går inntil skredet kommer,  $t_{\min}$ ". Deretter angis antatt verdi,  $t_{\text{ant}}$ , og til slutt "den lengste tiden som kan gå før skredet

kommer,  $t_{maks}$ ". Forventningsverdien kan da beregnes som  $E(t) = (t_{min} + t_{ant} + t_{maks})/3$ , og illustreres i figur 1.

Figur 1 Trippelanslag for forventet tidspunkt for skred



### Sammenheng mellom $P(k)$ og $E(t)$

Det vil ofte være praktisk å gjøre trippelanslaget først, for deretter å gi sannsynligheten en tallverdi. I alle tilfeller bør det sjekkes at sannsynlighet og trippelanslaget stemmer overens. Dette kan gjøres på kontoret etter at kartleggingen i felt er utført.

$P(k)$  angir sannsynligheten for at et skred inntreffer innenfor en gitt tidsperiode (30 år) og  $E(t)$  forventet hendelsestidspunkt ut fra et trippelanslag.

For vurdering av sannsynlighet for hendelse opp mot forventningsverdi, kan det være interessant med noen eksempler på hvordan  $P(k)$  og  $E(t)$  må ha en viss sammenheng. Dette er vist i tabell 1.

Tabell 1 Talleksempel for sammenheng mellom  $P(k)$  og  $E(t)$ .

Gitt $P(k)$	Tolkning		Talleksempel			
	$E(t)$	$t_{maks}$	$t_{min}$	$t_{ant}$	$t_{maks}$	$E(t)$ beregnet
0,8	Kan være større eller mindre enn 30 år	>30 år	1	20	40	20,3
0,5	Like sannsynlig at skredet skjer før som etter 30 år. Forventningsverdien bør ligge mellom 20-40 år	>30 år	1	20	50	23,7
0,3	Stor sannsynlighet for at skredet skjer etter at 30 år er gått, og forventningsverdien bør være større enn 30 år.	>30 år	5	40	70	37,3
1	Forventningsverdien må være mindre enn 30 år.	$\leq 30$ år	1	10	20	10,3

Det har vist seg at potensielle skred med liten størrelse og med liten sannsynlighet for å inntre tidlig,  $E(t) > 50$  år, ikke blir tatt med i kartleggingen i felt.

#### Kontroll mot statistiske verdier

Sannsynlighetsberegningene for skred kan benyttes for å sammenligne med statistiske verdier for antall skred pr. år på en kartlagt strekning. Som en konservativ antagelse kan det også antas at skred som har en forventningsverdi på for eksempel 8 år gjentar seg etter 16 og 24 år, altså som en jevn frekvens. Det må antas at denne konservative verdien skal være høyere enn statistisk verdi.

## TILTAK

Kartleggingstidspunktet er som regel det beste tidspunktet for å vurdere tiltak for å forbedre sikkerheten. En videre bearbeiding er ofte nødvendig å gjøre på kontoret, men strategi for sikringen velges som regel under kartleggingen.

I kartleggingsskjemaet er det plass til å føre opp mengde for følgende tiltak: Bolting, rensk og sprengning. Det er dessuten satt av plass til "andre tiltak", som for eksempel kan være steinsprangnett.

For store deler av banestrekningene er avstanden mellom spor og bergskjæring så liten at nesten alt nedfall når sporet. Permanente tiltak for å utelukke slike hendelser på alle strekningene er praktisk talt umulig å få gjennomført. Det er derfor viktig å ta med i betraktningen i forbindelse med tiltak om et jevnlig vedlikehold med rydding og rensk, som er en del av det som gjennomføres i dag, kan være tilstrekkelig også som et permanent tiltak. Dersom dette vedlikeholdet fører til økte vedlikeholdskostnader for lokaliteten, skal denne ekstra vedlikeholdskostnaden tas med i regnearket som NVVT (beskrevet i vedlegg 4). I et slikt tilfelle utgjør NVVT hele tiltaket.

Dersom sikringen ikke reduserer risikoen for skred til null, er det en viss restrisiko knyttet til denne lokaliteten. Dermed må både konsekvens og sannsynlighet for skred vurderes for situasjonen som oppstår etter at tiltaket er gjennomført.

Det har vist seg i praksis at den restrisikoen som vurderes å eksistere, ikke har nevneverdig innvirkning på vurderingen. Dersom ikke restrisikoen er spesielt stor, settes denne til null.

### Kostnader "vanlige tiltak"

Enhetsprisene som vanligvis anvendes for bolting, rensk og sprengning på nåværende tidspunkt er angitt i tabellen under. Prisene finnes også øverst på registreringsskjemaet.

Tiltak	Enhet	Enhetspris
Bolter	stk	5.000,-
Rensk	m <sup>2</sup>	160,-
Sprengning	m <sup>3</sup>	1.000,-

### Kostnader "andre tiltak"

I tabellen under følger prisforslag for noen andre tiltak. Tiltakskostnadene vil være avhengig av blant annet de anleggstekniske forutsetningene for gjennomføring av tiltakene, entreprenørmarkedet osv. Prisforslaget under er kun ment som et grovt anslag og må endres etter behov.

Tiltak	Enhet	Enhetspris
Dybler	stk	2.000,-
Fjellbånd	m	300,-
Steinsprangnett	m <sup>2</sup>	500,-
Sprøytebetong	m <sup>3</sup>	10.000,-
Fanggjerde (h = 5 m) <sup>1)</sup>	m	25.000,-
Vann/frostsikring (PE-skum med brannsikring) <sup>2)</sup>	m <sup>2</sup>	2.000,-
Skredvarslingsgjerde <sup>3)</sup>	lm	2.000,-
Forlengelse av portal tunnel/skredoverbygg	lm	200.000,-

- 1) Kostnaden inkluderer frakt av materiale og oppsetting
- 2) Gjelder for tunneler
- 3) For etablering av nytt skredvarslingsgjerde kommer en tilleggskostnad på ca. kr 200.000,- for etablering av signalkiosk og lyssignal for togene i begge retninger.

Mobiliseringskostnader i for eksempel vanskelig tilgjengelig sideterreng kan være dyrere enn samme tiltak utført i vanlige bergskjæringer. Et arbeidslag vil koste i størrelsesorden 30.000,- pr. dag. Dette omfatter tilkomst, tilrigging og utførelse. Lokalteter med dårlig tilgjengelighet vil derfor bli dyrere enn de vanlige enhetsprisene.

En del av tiltakene, for eksempel skredvarslingsgjerde, vil ikke eliminere skredfaren og det må settes opp en restrisiko i regnearket.