

## Kort om RMI (rock mass index) systemet

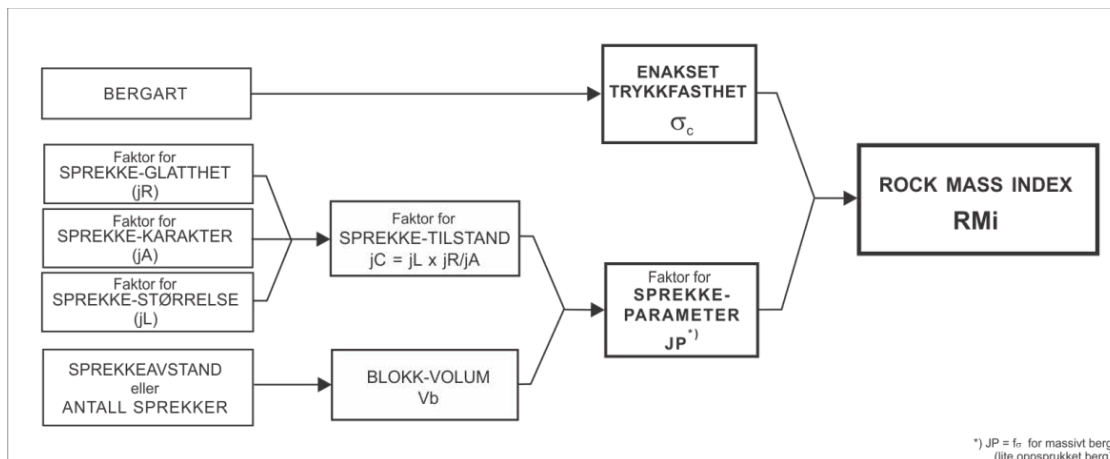
RMI benytter stort sett de samme forholdene i berggrunnen som Q-systemet. Den er en volumetrisk parameter som omtrentlig indikerer trykkfastheten til en bergmasse. System ble første gang presentert av Arild Palmstrøm i 1995 og senere noe videreutviklet gjennom flere publiserte artikler. Det baserer seg på bergartens fasthet ( $\sigma_c$ ) og den reduserende effekten oppsprekningen (JP) har. Dette uttrykkes ved:

- For oppsprukne bergmasser:  $RMI = \sigma_c \times JP$
- For massive bergmasser (der blokkstørrelsen er større enn ca. 5 m<sup>3</sup>):  $RMI = \sigma_c \times f_\sigma$   
der  $f_\sigma$  er skalaeffekten fra prøvestykke til aktuell blokkstørrelse.

Sprekkeparameteren JP er relatert via empiriske relasjoner til en faktor for sprekketilstanden (jC) og blokkstørrelsen (Vb). jC finnes ut fra følgende parametre, se Tabell 1.

- sprekkeruheten, jR (som er den samme som Jr i Q-systemet);
- sprekkarakteren, jA (som er omtrent den samme som Ja i Q-systemet);
- sprekestørrelsen, jL, se Figur B.

Massivitetsparameteren,  $f_\sigma$ , representerer skalaeffekten av trykkfastheten (som i forhold til prøvestykket i laboratoriet på 50 mm og blokker på en eller flere m<sup>3</sup>, har en verdi  $f_\sigma \approx 0,5$ ). Kombinasjonen med de forskjellige parametrene i RMI systemet er vist i Figur A.

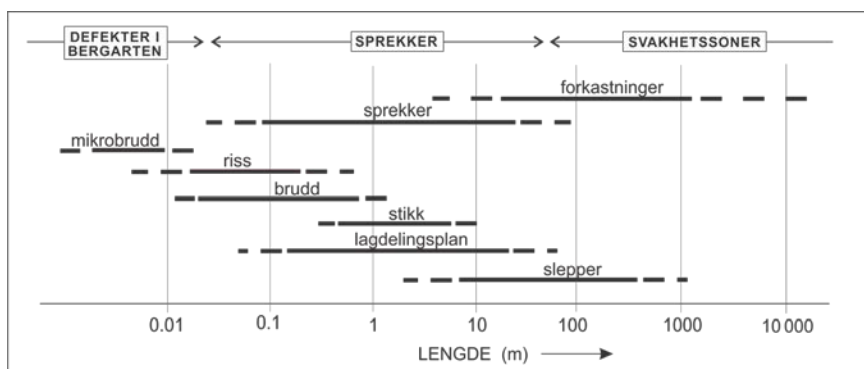


Figur A: Parametrene i RMI-systemet (fra Palmstrøm, 2000).

Parametrene kan finnes på same måte som ved Q-systemet, fra observasjoner i terrenget eller i tunnelen. Da verdiene for RMI er funnet ut fra regressberegninger fra fasthetstester av store bergartsprøver, er uttrykket for JP, vist under, blitt noe komplisert:

$$JP = 0,2\sqrt{jC} \times Vb^D \quad (\text{hvor } D = 0,37 jC^{-0,2})$$

Det er imidlertid utarbeidet regneark og diagram som forenkler beregningen av JP, samt at det er presentert diagrammer for det samme.



Figur B: De vanligste typer diskontinuiteter.

Tabell 1: Faktorene som inngår i sprekketilstanden, jC (fra Palmstrøm, 1995, 2000)

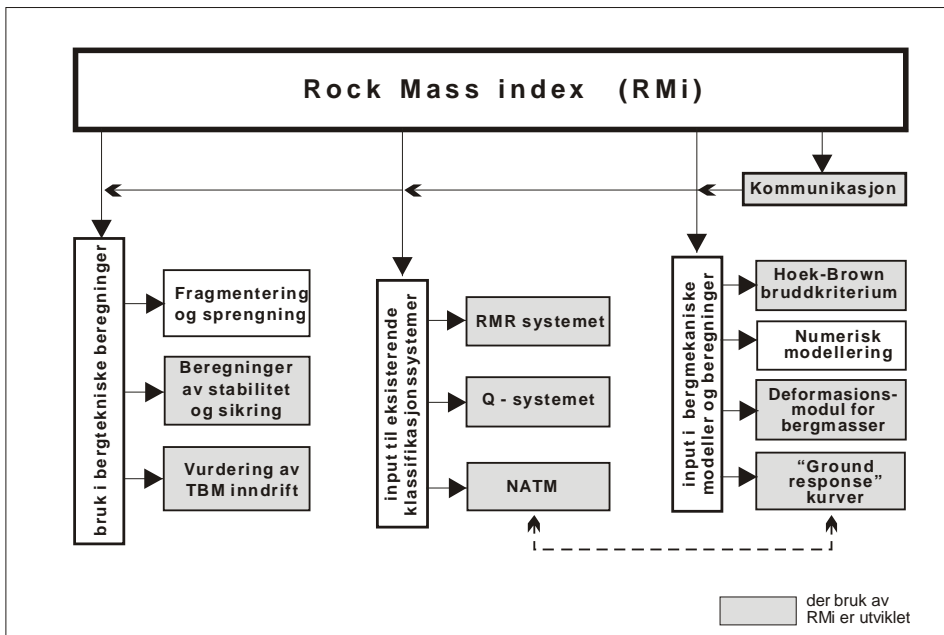
Sprekkestilstand ( jC )		$jC = jR \times jL / jA$ (verdiene for jR, jA og jL finnes fra tabellene under)				
<b>jR - Faktor for sprekkeruhet</b> (tilsvarer Jr in Q-systemet)						
(Verdiene i <i>uthevet kursiv</i> er de same som for Jr )		<b>Storskala ruhet (undulering) av sprekkeplanet</b>				
		Plan	Svakt undulerende	Undulerende	Sterkt undulerende	Hakket eller sammenlåst
<b>Småskala ruhet av sprekkflatene</b>	Svært ru	2	3	4	6	6
	Ru	<b>1,5</b>	2	<b>3</b>	4,5	6
	Glatt	<b>1</b>	1,5	<b>2</b>	3	4
	Polert eller med glidespeil <sup>*)</sup>	<b>0,5</b>	1	<b>1,5</b>	2	3
For fylte sprekker jR = 1 For irregulære sprekker brukes jR = 6						
*) For sprekkelater med glidespeil er verdiene angitt for mulig bevegelse langs lineasjonen						
<b>jA - Faktor for sprekkarakteren</b> (Verdiene er basert på Ja i Q-systemet)						
Kontakt mellom sprekkflatene	RENE SPREKKE FLATER:	Gjengrodd sprekk	fylling av kvarts, epidot, etc.			jA = 0,75
		Friske sprekkelater	Ikke belegg eller fylling, unntatt rust			1
		Forvitrede sprekkelater	- en grad mer forvitring enn det bergarten har			2
	- to grader mer forvitring enn i bergarten			4		
BELEGG eller TYNN FYLLING AV:	Friksjonsmaterialer	sand, silt kalsitt, etc. uten leirinnhold			3	
	Kohesive materialer	leire, kloritt, talk, etc.			4	
Delvis eller ingen kontakt	TYKK FYLLING AV:	Friksjonsmaterialer	sand, silt kalsitt, etc. (uoppbløtelig)	<b>Tynn fylling (&lt; 5 mm)</b> jA = 4	<b>Tykk fylling</b> jA = 8	
		Harde, kohesive materialer	leire, kloritt, talk, etc.	6	5 - 10	
		Bløte, kohesive materialer	leire, kloritt, talk, etc..	8	12	
		Svelleleire	materialer med svulle-egenskaper	8 - 12	13 - 20	
<b>jL - Faktor for sprekkelengde</b>			<b>Kontinuerlige sprekker</b>	<b>Diskontinuerlige sprekker<sup>1)</sup></b>		
Oppspalting langs foliasjon eller lagdeling	lengde < 0,5 m		jL = 3	jL = 6		
Sprekker	med lengde 0,1 - 1 m		2	4		
	med lengde 1 - 10 m		1	2		
	med lengde 10 - 30 m		0,75	1,5		
Sleppe eller stor sprekk <sup>**) </sup>	lengde > 30 m		0,5	1		
*) Diskontinuerlige sprekker ender in massivt berg **) Ofte en singularitet og bør in slike tilfeller betraktes/vurderes separat						

Ut fra karakterisering av bergmassen (byggematerialet) kombinert med viktige parametre for berggrunnen (spenninger og grunnvann) fremkommer uttrykket for berggrunnens kvalitet, Gc (ground condition). Denne, sammen med geometriske forhold mellom tunnelen og berg-blokker, brukes i sikringsdiagrammet for oppsprukket berg. Sikringsdiagrammet er vist i Figur E. Det er som vist (for sprakefjell), et eget sikringsdiagram for bergtrykksproblemer og er enkelt å bruke:

Når det f. eks. opptrer "moderat sprakefjell" (som også er en av inngangsverdiene i Q-systemet) finnes sikringen direkte som 50 – 70 mm sprøytebetong og bolter i avstand 1,5 x 1,5 m.

Diagrammet er utarbeidet på grunnlag av mer enn 25 tunnelanlegg, de fleste i Norge, samt forfatterens erfaring fra sikring i flere hundre anlegg.

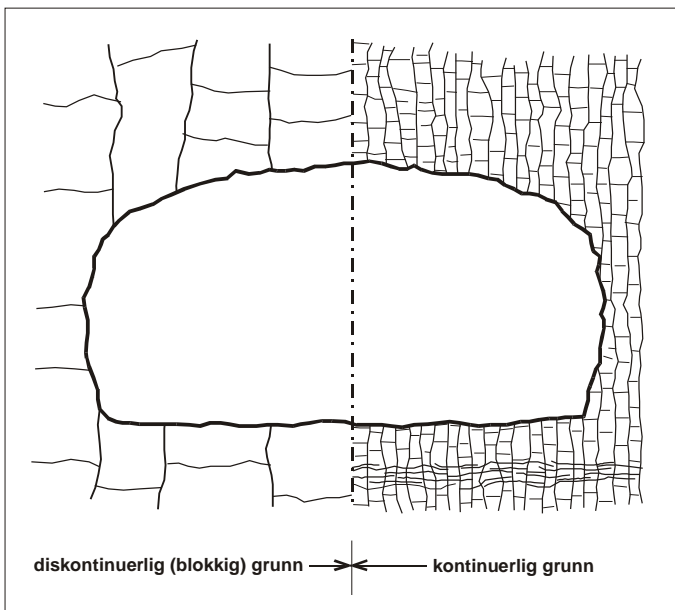
Som vist i Figur C, kan R<sub>Mi</sub> benyttes som input til diverse forhold i bergteknikk og bergmekanikk, blant annet til estimering av bergmassens deformasjonsmodul.



Figur C:

Da RMI karakteriserer bergmassens fasthet, kan den inngå i en rekke bergmekaniske og bergtekniske beregninger (Palmström, 2000).

Systemet virker best i oppsprukne bergmasser, men er også egnet for enkle spenningsrelaterte stabilitetsproblemer. Dette fordi den skiller mellom såkalte kontinuerlig og diskontinuerlige bergmasser (se Figur D). Sistnevnte omfatter særlig oppsprukket berg, mens førstnevnte gjelder massivt berg og sterkt oppsprukket/oppknust berg. Det er også (i RMI sikringsmetode) gitt mulighet for estimering av sikring i svakhetssoner der tykkelsen er en viktig inngangsparameter. Svellende berg er ikke medtatt i RMI systemet, da denne egenskapen som regel krever spesiell oppmerksomhet og beregning.



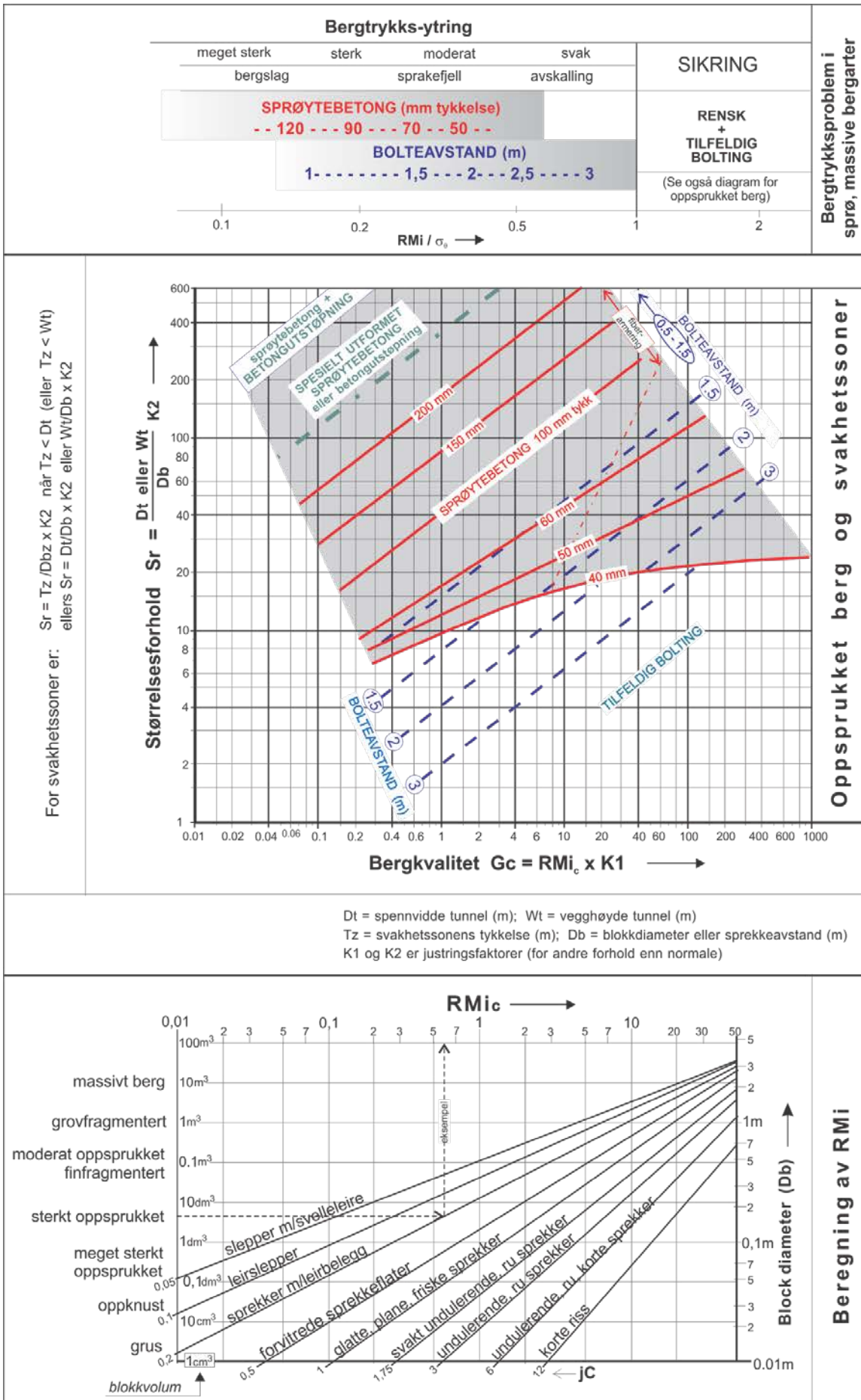
Det er viktig å vite hva slags bergmasse som forekommer når beregninger skal foretas, da det er beregningsmodellene som best dekker kontinuerlige bergmasser (der det er samvirke mellom partiklene eller blokkene i massen) er forskjellige fra dem som dekker diskontinuerlige bergmasser (der det er egenskapene til den enkelte sprekken som har størst betydning). Det er derfor i RMI systemet for sikring to diagram for sikring, et for oppsprukne bergmasser og svakhetszone, og et for massive samt for sterkt oppsprukne (kontinuerlige) berg-masser.

Figur D: Prinsippskisse som viser sterkt oppsprukne bergmasser til høyre som oppfører seg som en bulk-masse.

Tilsvarende som for de andre klassifikasjonssystemer, er ikke nøyaktigheten av sikringen estimert ved RMI mulig å beregne.

#### Begrensning:

RMI systemet virker mer komplisert enn de andre systemene, da det både inneholder et generelt uttrykk (for å karakterisere bergmassen) og dernest bruk av RMI til ulike bergmekaniske beregninger. Som det fremgår nedenfor, kan systemet lett forenkles slik at det faktisk burde være like lett å bruke som Q- og RMR-systemene.



Figur E: Diagram for å finne  $Rm_i$  samt sikringsdiagram for oppsprukne bergmasser og for sprakefjell. Eksempel: for sterkt oppsprukket berg med leirbelagte sprekker er  $JP = 0,6$ . Øverste diagram brukes når det er sprakefjell.

Tabell 2: Justeringsfaktorer for bruk i sikringsdiagrammet i Figur E.

<b>K1</b>	Heng // vegg etc. ( C )				heng	45° heng (i skråsjaakt)	vegger		
					<b>1</b>	<b>2,2</b>	<b>5</b>		
	Spenningsnivå ( SL )		meget lavt	lavt	moderat	høyt	m. høyt		
			<b>0,1</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>		
Grunnvann ( GW )				Innvirkning på stabilitet →					
				liten	moderat	stor			
				<b>1</b>	<b>2,5</b>	<b>5</b>			
<b>K2</b>	Orientering av sprekker og svakhetssoner ( Co )				m. gunstig	gunstig	på skrå	ugunstig	m. ugunstig
					<b>0,75</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Antall sprekkesett ( Nj )		1 sett	1+villspr.	2 sett	2+villspr.	3 sett	3+villspr.	4 sett
<b>3</b>			<b>2</b>	<b>1,5</b>	<b>1,2</b>	<b>1</b>	<b>0,85</b>	<b>0,75</b>	<b>0,5</b>
<b>K1 = C x SL x GW; K2 = Co / Nj</b>									

## RMi sikringsmetode

Både RMi-verdi og sikring kan finnes fra Figur E. I diagrammet er det innført en ny verdi for RMi, nemlig  $RMi_c$  som er en normalisert verdi for trykkfasthet  $\sigma_c = 100$  MPa (som dekker mange av de vanlige bergartene i Norge). Dvs.  $RMi = RMi_c \times \sigma_c / 100$ .

For vanlige forhold er kvaliteten av berggrunnen,  $G_c = RMi$ . Dette fordi inngangsparametre for spenninger og grunnvann har verdi = 1 ved normale forhold. Se Tabell 2 der det også er gitt verdier av sprekkeorientering og antall sprekkesett som inngår i størrelsesforholdet på Y-aksen. Også for disse er det verdi = 1 for vanlige forhold. Som det er angitt på diagrammet, kan sikringen av svakhetssoner (helst ikke meget kompliserte soner) estimeres. Dette er også vist i siste eksempel under.

## Referanser

Palmstrøm A. (1995). RMi - a rock mass characterization system for rock engineering purposes. Dr. avhandling Univ. i Oslo, 400 sider (også på web side [www.rockmass.net](http://www.rockmass.net))

Palmstrøm A. (2000). Recent developments in rock support estimates by the RMi. Journal of Rock Mechanics and Tunnelling Technology, Vol. 6, Nr. 1, mai 2000, side 1 – 19. Finnes også på [www.rockmass.net](http://www.rockmass.net)