

**Kontrollordningen For Asfaltgjenvinning;** KFA, er en frivillig bransjeordning som skal holde regnskap med innsamling og bruk av returasfalt og bidra til at knust asfalt anvendes på en best mulig måte.

## Blandeprosedyre for rejuvenator

**INNLEDNING** **DET ER MANGE** mulige scenarier for bruk av forynget returasfalt (RA) i ny asfalt. Det er ønskelig å få laget en innledende blandeprosedyre for å avklare relativt innhold av rejuvenator og granulatbitumen, for å oppnå ønsket bitumengrad i den endelige blandingen.

Målsetningen er å beskrive blandeprosedyre for 50 % tilsetning av asfaltgranulat til ny asfalt. Både RA og ny asfalt skal inneholde umodifisert bitumen. I RA'en skal oppherdnet bitumen forynges med en rejuvenator, eventuelt med en mykere bitumengrad enn den som benyttes i den ferske asfalten.

I denne studien beskrives hvordan bindemiddelet i fire RA med ulik bitumenhardhet kan mykes opp til 160/220 eller 70/100 bitumen. Det forutsettes at labblanding av bitumen og rejuvenatorer er noenlunde representativ for tilsetning og blanding i en asfaltfabrikk.

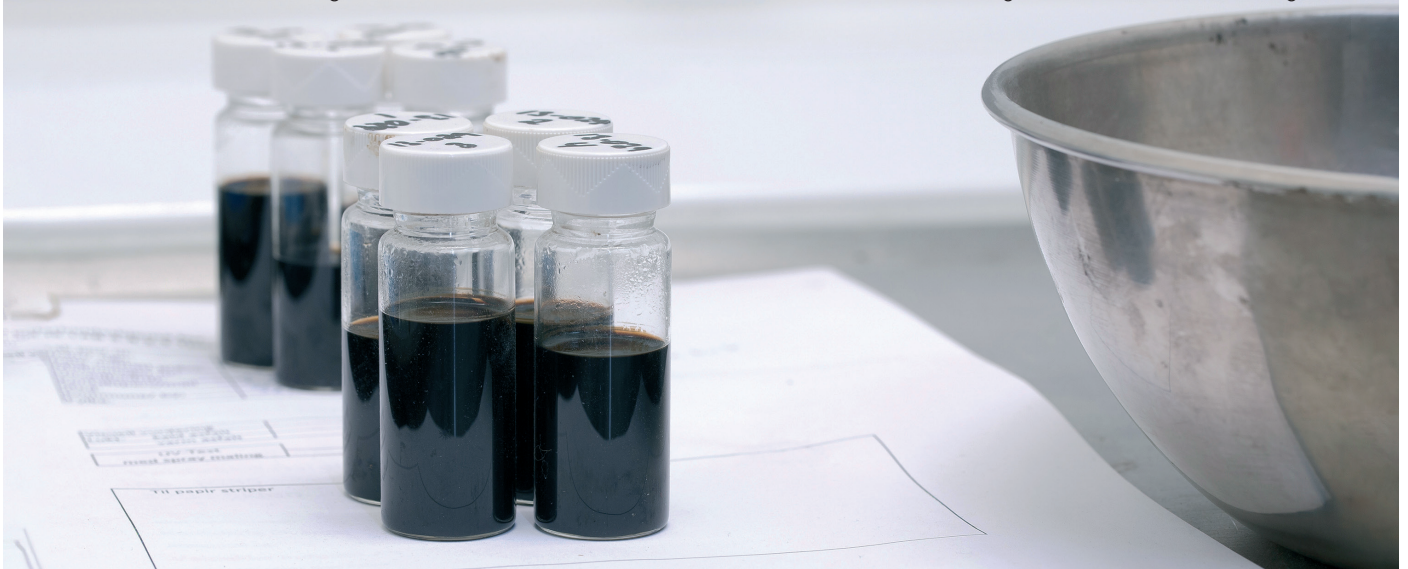
Oppmykning (forynging) av gammelt, hardt bitumen forventes å følge blandeskjemaer som benyttes til fluksing av bitumen. Standarden ASTM D4887 (2016) viser hvordan man kan finne mengde rejuvenator-tilsetning til RA-bitumen for å oppnå ønsket bitumenviskositet i blandingen. Blandingen må deretter undersøkes videre med

korttids- (RTFOT) og langtidsaldring (PAV) for å sikre at mykgjøringen (foryngingen) har varig karakter.

Det er en viss variasjon i egenskapene for den enkelte bitumengrad. En må også regne med variasjon i RA-granulatbitumen fra gamle vegdekker. Det velges derfor «passende» egenskaper til målbitumen og til RA-bitumen til bruk i blandeskjemaet. For rejuvenatorene velges viskositeter en vil finne på produkter i markedet.

I tillegg til å finne den riktige doseringen av rejuvenator, må man sørge for at den ferdige asfalten med 50 % RA-tilsetning får korrekt bindemiddelinnhold. I dette notatet justeres dette ved å endre mengde tilsatt målbitumen i den ferske massen. Det finnes også andre måter å korrigere på.

Hardt RA-bitumen begrenser bruk av en mykere bitumengrad pga. lavere oppmykningsevne enn en lavviskøs rejuvenator. Mykere bitumengrad vil også gi et for høyt bindemiddelinnhold i mykgjort granulat. Dette må deretter kompenseres for ved å tilsette mindre mengde ferskt bitumen i nyblandet asfaltmasse. Å gå lavt ned i bitumeninnhold i ny asfaltmasse kan være uheldig. For høyt bindemiddelinnhold i den utlagte massen er ikke ønskelig.



# TRINN 1

## Oppbygging av blandeskjema for mykgjøring av granulatbitumenet

### Granulatbitumen

Det er valgt fire «typiske» asfaltgranulater med ulik hardhet. Disse representerer enten ulik grad av aldring eller ulik bitumengrad i den opprinnelige asfalten (penetrasjonsgrad 30/50 – 160/220). Gjenvunnet RA-bitumen fra disse granulaterne betegnes GB15, GB30, GB45 og GB60, der GB står for granulatbitumen og tallet står for penetrasjonsverdi.

For å estimere viskositet ved 60 °C er det i tillegg til penetrasjon valgt sannsynlig mykningspunkt (MP) og penetrasjons-indeks (PI) for hver GB-type. Dynamisk viskositet (DV60) kan også estimeres ut fra DSR-kompleksmodul (G\*) målt ved 60 °C. Det er ønskelig å samle inn mer analysedata på gjenvunnet granulatbitumen (pen, MP, DSR G\* mv.).

Vi vet vi ikke om oppmykning av gammelt granulat-bitumen med PMB er vanskelig eller lett. Rejuvenatorer til PMB vil trolig kreve et litt annerledes opplegg for blandeskjemaer og dokumentasjon.

### Mykgjørere fra innledende arbeid granulatbitumen og målbitumen

I denne studien er 160/220 og 70/100 målbitumen for oppmykning av granulatbitumen. Det er valgt «typiske» verdier for penetrasjon, MP og DV60 for disse.

Mykgjørere er bitumen 250/330 og tre rejuvenatorprodukter fra det innledende arbeidet. DV60 for de tre rejuvenatorene er målte verdier. Valgte verdier for granulatbitumen, målbitumen og mykgjørere er vist i tabell 1.

**TABELL 1** Bindemiddel- og rejuvenator data

Bindemiddel/produkt	Penetrasjon, 0,1 mm	Mykningspunkt, °C	Viskositet 60 °C, mPas
GB15	15	68	4 700 000
GB30	30	60	1 430 000
GB45	45	55	700 000
GB60	60	48	310 000
70/100	85	44	200 000
160/220	175	38	57 900
250/330	274	32	34 500
Rejuv - Revive			3
Rejuv - Sylvaroad			22
Rejuv - Nygen			32

Det er valgt å beregne blandeforhold granulatbitumen og rejuvenator basert på DV60.

**En dobbelt-logaritmisk fremstilling vil gi en lineær blandekurve:**

$$\log\log(V) = A \log\log(V_a) + B \log\log(V_b)$$

**V:** Viskositet i blanding

**V<sub>a</sub>:** Viskositet komponent a

**V<sub>b</sub>:** Viskositet komponent b

**A:** andel granulatbitumen

**B:** andel rejuvenator

**A + B = 1,00**

**Andel rejuvenator (B) i blandingen beregnes etter:**

$$B = (\log\log(V_a) - \log\log(V)) / (\log\log(V_a) - \log\log(V_b))$$

## Blandetabeller

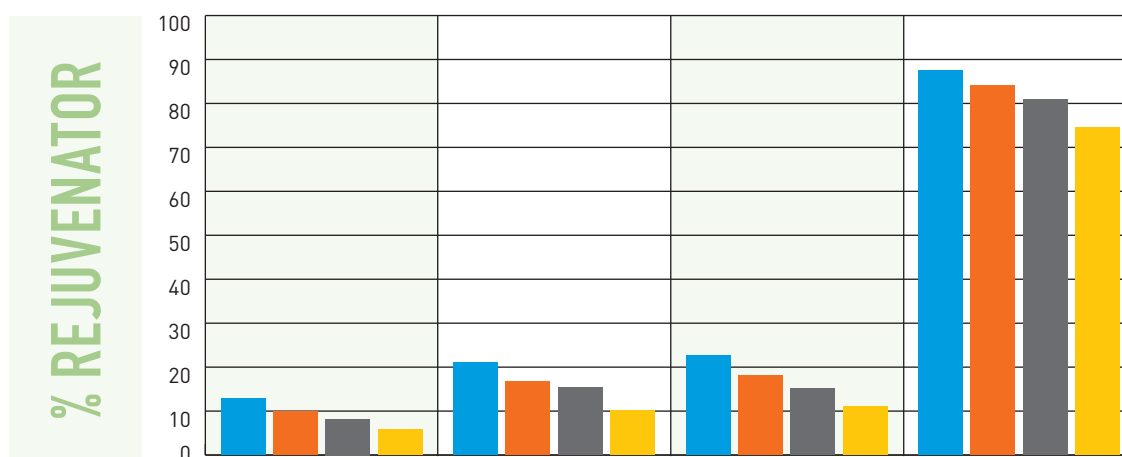
**TABELL 2** Prosent rejuvenator i blandingen som gir ønsket bitumengrad

Blanding til 160/220	Rej 3, %	Rej 22, %	Rej 32, %	250/330, %
Granulat GB15	12,8	21,0	22,6	87,4
Granulat GB30	10,0	16,8	18,2	84,1
Granulat GB45	8,2	15,3	15,1	80,8
Granulat GB60	5,8	10,1	11,0	74,6
Blanding til 70/100				
Granulat GB15	8,7	14,3	15,4	59,7
Granulat GB30	5,8	9,8	10,6	49,0
Granulat GB45	3,9	6,6	7,2	38,6
Granulat GB60	1,4	2,5	2,7	18,5

Tabell 2 viser blandeforhold for fire granulatbitumen og fire mykgjørere for å oppnå DV60 tilsvarende bitumen 160/220 og 70/100. Figur 1 og 2 gir grafisk fremstilling av rejuvenator-tilsetningene.

Blandetabellen viser tydelig hvor mye mer bitumen 250/330 som må tilsettes sammenlignet med rejuvenatorene.

### Granulatbitumen mykgjort til 160/220



**FIGUR 1**

Prosent rejuvenator i blandingen som gir ønsket penetrasjonsgrad 160/220.

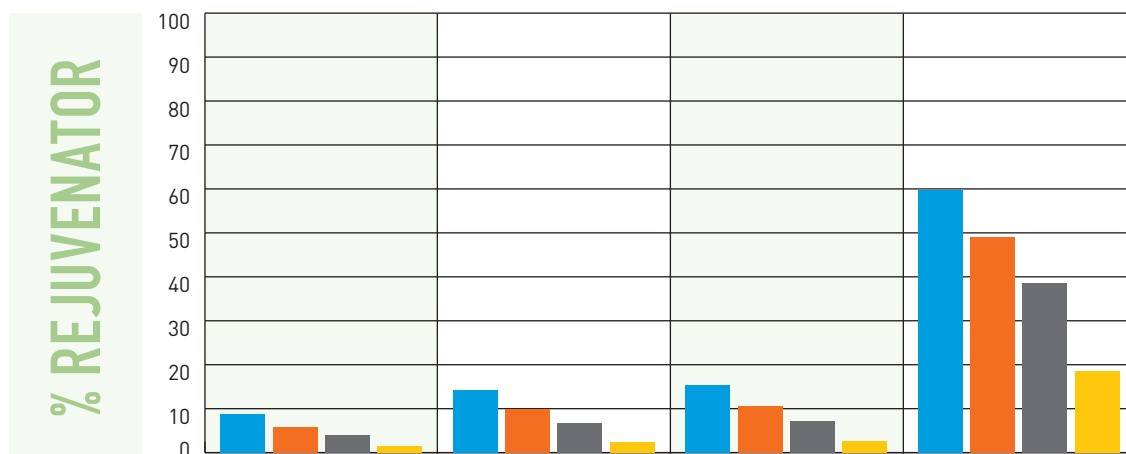
	Rej 3	Rej 22	Rej 32	pen 275
■ GB15	12,8	21	22,6	87,4
■ GB30	10,0	16,8	18,2	84,1
■ GB45	8,2	15,3	15,1	80,8
■ GB60	5,8	10,1	11,0	74,6



## Granulatbitumen mykgjort til 70/100

**FIGUR 2**  
Prosent rejuvenator i blandingen som gir ønsket penetrasjonsgrad 70/100.

■ GB15  
■ GB30  
■ GB45  
■ GB60



	Rej 3	Rej 22	Rej 32	pen 275
■ GB15	8,7	14,3	15,4	59,7
■ GB30	5,8	9,8	10,6	49,0
■ GB45	3,9	6,6	7,2	38,6
■ GB60	1,4	2,5	2,7	18,5

Det er også laget blandetabeller for fem rejuvenatorer med DV60 i området 5 – 50 mPas.

Tabell 3 viser generelle blandeforhold for fire granulatbitumen og fem rejuvenatorer med viskositet fra 5 til 40 mPas, for å oppnå DV60 tilsvarende bitumen 160/220 og 70/100.

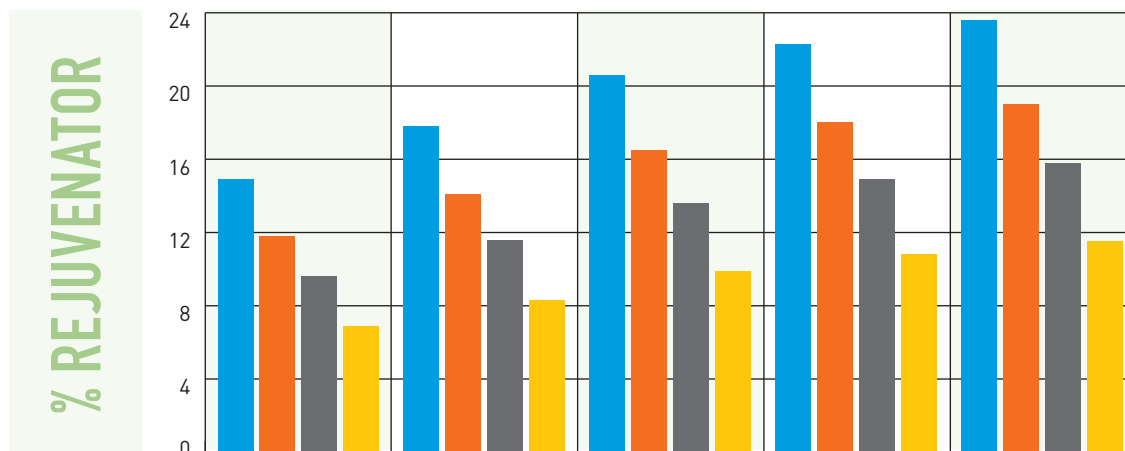
Figur 3 og 4 gir en grafisk fremstilling av rejuvenator-tilsetningene.

**TABELL 3** Prosent rejuvenator i blandingen for å oppnå ønsket bitumengrad

Blanding til 160/220	Rej 5 mPas, %	Rej 10 mPas, %	Rej 20 mPas, %	Rej 30 mPas, %	Rej 40 mPas, %
Granulat GB15	14,9	17,8	20,6	22,3	23,6
Granulat GB30	11,8	14,1	16,5	18,0	19,0
Granulat GB45	9,6	11,6	13,6	14,9	15,8
Granulat GB60	6,9	8,3	9,9	10,8	11,5
Blanding til 70/100					
Granulat GB15	10,2	12,1	14,1	15,3	16,1
Granulat GB30	6,9	8,2	9,6	10,5	11,1
Granulat GB45	4,6	5,5	6,5	7,1	7,5
Granulat GB60	1,7	2,1	2,5	2,7	2,9

# BLANDEPROSEDYRE FOR REJUVENATOR

## Granulatbitumen mykgjort til 160/220



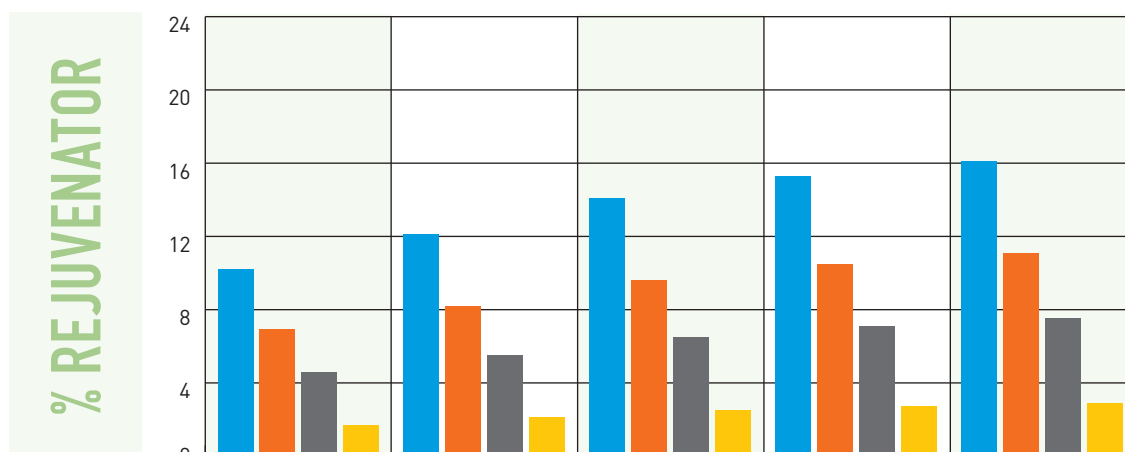
**FIGUR 3**

Prosent rejuvenator i blandingen som gir ønsket penetrasjonsgrad 160/220.

■ GB15  
■ GB30  
■ GB45  
■ GB60

	Rej 5	Rej 10	Rej 20	Rej 30	Rej 40
GB15	14,9	17,8	20,6	22,3	23,6
GB30	11,8	14,1	16,5	18,0	19,0
GB45	9,6	11,6	13,6	14,9	15,8
GB60	6,9	8,3	9,9	10,8	11,5

## Granulatbitumen mykgjort til 70/100



**FIGUR 4**

Prosent rejuvenator i blandingen som gir ønsket penetrasjonsgrad 70/100.

■ GB15  
■ GB30  
■ GB45  
■ GB60

	Rej 5	Rej 10	Rej 20	Rej 30	Rej 40
GB15	10,2	12,1	14,1	15,3	16,1
GB30	6,9	8,2	9,6	10,5	11,1
GB45	4,6	5,5	6,5	7,1	7,5
GB60	1,7	2,1	2,5	2,7	2,9

## Vurdering av blandeusikkerhet

Det er beregnet mengden tilsetning av rejuvenator som gir enten 20 % økning eller 20 % reduksjon i viskositet for målbitumenet, se tabell 4 og 5.



**TABELL 4** Viskositetsendring på ± 20 % for 160/220 og 70/100 bitumen

Målbitumen	Viskositet 60°C, mPas	20 % økt visk, mPas	20 % redusert visk, mPas
160/220	58 000	69 600	46 400
70/100	200 000	240 000	160 000

**TABELL 5** Økt/ redusert tilsetning av rejuvenator som gir 20 % høyere eller 20 % lavere viskositet til målbitumenet

Granulatbitumen Rejuvenator	160/220, DV60 ± 20 % rejuvenator, masse-%				70/100, DV60 ± 20 % rejuvenator, masse-%			
	GB15	GB30	GB45	GB60	GB15	GB30	GB45	GB60
Rej 5	0,80	0,80	0,85	0,90	0,75	0,75	0,80	0,80
Rej 10	0,95	1,00	1,05	1,10	0,90	0,90	0,95	1,00
Rej 20	1,15	1,20	1,25	1,30	1,00	1,05	1,10	1,15
Rej 30	1,20	1,30	1,40	1,40	1,10	1,20	1,20	1,25
Rej 40	1,30	1,40	1,45	1,50	1,15	1,15	1,30	1,35

**EKSEMPEL:** Tabellen viser at for Rej 10 vil 1,0 % økt dosering til GB30 gi viskositet 46400 mPas (målbitumen er 160/220). For målbitumen 70/100, vil 0,9 % økt dosering av Rej 10 til granulat GB30 gi viskositet 160 000 mPas.

Beregningene viser at 0,8-1,5 % lavere/høyere dosering av rejuvenator enn den utregnede, vil gi ca. 20 % økning/reduksjon i viskositet til målbitumenet. For bitumen pen 85 og pen 175 vil en variasjon på ± 20 % i viskositet som oftest ligge innenfor graden.

## Beregne nytt bindemiddelinnhold i granulatet etter tilsetning av rejuvenator

Når man tilpasser bitumenstivheten i granulatet ved å blande inn rejuvenator, øker bindemiddelinnholdet. Det økte bindemiddelinnholdet kan beregnes med følgende formel:

$$X = A / (1,00 - b)$$

**X** = nytt bindem-innhold      **A** = bindem-innhold i granulat      **b** = andel rejuvenator i blandingen

**EKSEMPEL:** Bindemiddelinnhold i granulat er 5,4 %. I blandingen til ønsket penetrasjon blir det 15 % rejuvenator og 85 % granulatbitumen. Bindemiddelinnholdet i det mykgjorte granulatet blir:  $5,4 / (1,00 - 0,15) = 6,35$  %.  
Tilsatt rejuvenator pr. 100 kg granulat blir 0,92 kg.

## Blandinger med 50 % ny asfalt og 50 % mykgjort granulat

**EKSEMPEL:** Når planlagt bindemiddelinnhold i den ferdigblandede asfaltmassen (50/50 %) skal være 5,8 % og mykgjort granulat har 6,4 %, blir dosering i nyblandet asfalt:  
 $(2 \times 5,8 \%) - 6,4 \% = 5,2 \%$

Man «øker» bindemiddelinnholdet i granulatet, og reduserer bindemiddelinnholdet i nyblandet masse. Det er foreløpig ikke avklart om alt tilført rejuvenator aktiverer granulatbitumenet. Det kan forekomme svinn under påføring av rejuvenator, og aktiveringsgraden kan være lavere enn 100 %. Produsenten av asfaltmassen må proporsjonere massen nøye, og sørge for at bindemiddelinnhold i utlagt masse blir riktig.

## Utføre prøveblandinger for å sikre riktige blandeforhold

Den teoretiske beregning bør etterprøves med prøveblandinger så lenge man ikke har veldokumenterte råmaterialer. Et flytdiagram i figur 5 gir eksempel på hvordan man kan gå fram.

### Prøveuttak av granulater

Det må tas ut representativ prøver fra lagerhaug eller fra dekke som skal gjenbrukes. En må ta høyde for at det er variasjoner i RA-massen mht. aldringsgrad og bindemiddelinhold. Hvis det er stor variasjon i granulaterbitumenet (pen, MP mv.), bør en vurdere å gå ned i gjenbruksprosent eller gjøre tiltak for å homogenisere granulateret.

### Ekstraksjonsanalyse av granulater

Bindemiddelinhold og korngradering bestemmes som input til proporsjonering. Det kan bli aktuelt å korrigere for bitumeninnhold og kornkurve i endelige arbeidsresept/kontrollgrunnlag.

### Gjenvinning av bitumen

Er nødvendig for å kunne vite type og mengde rejuvenator som skal til for å få en blanding med tilsiktet bitumengrad. Det må minimum bestemmes penetrasjon og mykningspunkt. Med fordel kan også viskositet og DSR (G\*) ved 60 °C, samt Fraass bruddpunkt bestemmes.

### Dokumentasjon på rejuvenator

Viskositeten på rejuvenatoren er svært viktig for blandeforholdet og har stor effekt på resultatet. Produktdatabladet vil ofte angi maks/min verdier, eller verdi for andre temperaturer enn 60 °C. Det anbefales at viskositet 60 °C blir bestemt.

### Teoretisk blandeforhold til ønsket bitumengrad

Blandeforholdet (teoretisk forhold) til ønsket bitumengrad beregnes i masse-% av granulaterbitumen og rejuvenator. Tabellverdi kan ev. benyttes hvis man likevel skal utføre prøveblandinger.

### Kontroll og korreksjon av blandeforhold

Det utføres prøveblanding av gjenvunnet granulaterbitumen og rejuvenator (over og under) teoretisk forhold. Det måles penetrasjon og ev. mykningspunkt på blandingene. Riktig blandeforhold for ønsket bitumengrad bestemmes ved interpolering.

### Korreksjon av tilsatt bitumenmengde

Kalkuleres ut fra % gjenbruk og ev. overskudd/underskudd bindemiddel i mykgjort granulaterbitumen i forhold til den ferdige asfalten.

### Korreksjoner etter proporsjonering av asfaltmasse

Det kan bli aktuelt å fininnstille dosering av rejuvenator og fersk bitumen for å tilfredsstille krav til hulrom, stabilitet, deformasjon, bestandighet mv. ved proporsjonering av den nye asfaltmassen.

### Produksjonsbetingelser

En må ha planlagt hvordan rejuvenatoren og granulateret tilsettes. Vil f.eks. en lavviskøs rejuvenator kunne renne av granulateret før det blir blandet inn i ny masse?

Forvarmingstemperatur på granulateret: er det forskjell på kaldt og forblandet granulater mht. dosering og innblanding av rejuvenator?

Krever blanding av granulater med asfalt justering av temperatur, blandetid mv.? Påvirkes doseringen av dette?



**FIGUR 5**  
Flytskjema for planlegging av gjenbruksasfalt med tilsatt rejuvenator.

