

---

<b>1 HENSIKT OG OMFANG .....</b>	<b>2</b>
<b>2 FORMÅL.....</b>	<b>3</b>
<b>3 ANVENDELSE AV KRAVENE.....</b>	<b>4</b>
<b>4 AKSEPTERTE SETNINGER AV BANELEGEMET I DRIFTSFASEN .....</b>	<b>5</b>
4.1 Prinsipper.....	5
4.2 Krav til økning av formasjonsplanets bredde.....	6
4.3 Akseptable differansesetninger på langs av banelegemet.....	6
4.3.1 Kravspesifikasjon .....	6
4.3.2 Inngangsverdier og bruk av kravene.....	7
4.4 Akseptabel variasjon av sideskjevheter (skjevsetninger) langs banelegemet.....	7
4.4.1 Kravspesifikasjon .....	7
4.4.2 Inngangsverdier og bruk av kravene.....	8
4.5 Akseptable setninger i enkeltprofiler .....	9
4.5.1 Kravspesifikasjon .....	9
4.5.2 Inngangsverdier og bruk av kravene.....	9
4.6 Akseptable avvik mellom opptredende setninger og krav.....	10
4.7 Illustrasjon av tillatt setningsutvikling i driftsperioden .....	10
4.7.1 Tillatte setninger i lengdeprofilet .....	10
4.7.2 Tillatte skjevsetninger .....	11
<b>5 FORUTSETNINGER SPESIELT FOR MASTEFUNDAMENTENE.....</b>	<b>12</b>
<b>6 KRAV TIL DEN GEOTEKNISKE PROSJEKTERINGEN .....</b>	<b>13</b>
6.1 Trinnvise undersøkelser og analyser.....	13
6.2 Setningskravene varierer med ambisjonsnivået.....	13
6.3 Setningsutjevning av kritiske partier .....	13
<b>7 SYSTEM FOR SETNINGSOPPFØLGING .....</b>	<b>15</b>
7.1 Utførelse av setningsoppfølging med setningsslanger .....	15
7.1.1 Materialer .....	15
7.1.2 Utlegging av slanger .....	15
7.1.3 Målehyppighet .....	16
7.1.4 Måling.....	16
7.1.5 Fastmerker .....	16

## 1 HENSIKT OG OMFANG

Et hovedproblem med nye jernbaneanlegg på bløt leire er utvikling av terrengsetninger lenge ut over byggeperioden. Setninger som utvikles i driftsfasen vil bidra til raskere forringelse av sporets og kontaktledningens geometriske tilstand, og gi økt behov for overvåking og vedlikehold av anlegget.

Vanskelige grunnforhold med bløt og kompressibel leire kan ofte medføre behov for spesielle hensyn og tiltak ved fundamenteringen. Teknisk sett er det mulig å bygge jernbaneanlegg med minimale setninger i driftsfasen selv på meget bløt grunn. Dette krever imidlertid omfattende bruk av setningsreduserende tiltak og dermed betydelig økte utbyggingskostnader.

For å sikre at nye jernbaneanlegg på bløt grunn får akseptable bygge- og vedlikeholdskostnader er det funnet formålstjenlig å innføre setningskrav. I tillegg til setningskrav for banelegemet omfatter kapitlet hvilke forutsetninger som skal ligge til grunn for mastefundamentene. Videre stilles det krav til den geotekniske prosjekteringen, samt at et system for setningsoppfølging er angitt.

## 2 FORMÅL

Målet med å stille setningskrav ved utbygging er at jernbaneanleggene skal få en akseptabel og tilstrekkelig kontrollert setningsutvikling i driftsfasen. Dette er nødvendig for å unngå uforutsett og uakseptabelt stort vedlikehold for sporet og kontaktledningen. Samtidig er setningskravene et virkemiddel for å hindre unødig store byggekostnader.

Kravene tar spesielt sikte på å sikre en akseptabel setningsutvikling av nye jernbaneanlegg anlagt på bløt grunn. Hovedvekten er lagt på å oppnå tilfredsstillende kontroll med utviklingen av differansesetningene på langs og på tvers av sporet de første årene av driftsfasen.

### 3 ANVENDELSE AV KRAVENE

Setningskravene gitt i dette regelverket er setningskrav for utbygging av nye K0-baner (dvs. baner med strekningshastighet  $\geq 145$  km/h). Setningskravene skal anvendes både ved prosjektering av nyanlegg og ved ombygginger av eksisterende banestrekninger til K0-standard. Setningskravene skal søkes innfridd med lavest mulige byggekostnader.

Disse kravene er forventet å gi en økonomisk gunstig utbygging av banestrekninger hvor bløt leire i grunnen representerer et betydelig problem. Det kan imidlertid være aktuelt å gjennomføre en egen økonomisk analyse av større utbyggingsprosjekters totaløkonomi for å undersøke om kravene resulterer i lavest mulig samlede kostnader til utbygging og drift. Med grunnlag i en slik analyse kan baneutbygger finne det aktuelt å innføre strengere setningskrav. Det vil ikke være aktuelt å fastlegge egne krav til setninger for en enkelt anleggsparsell.

Mindre strenge setningskrav enn kravene skal ikke legges til grunn på banestrekninger som skal bygges ut til K0-standard.

## 4 AKSEPTERTE SETNINGER AV BANELEGEMET I DRIFTSFASEN

### 4.1 Prinsipper

Utvikling av ujevne setninger i grunnen vil ha stor betydning for banedriften. Banestrekninger hvor det oppstår ujevne setninger i driftsfasen vil få økt behov for kontroll og justering av spor og kontaktledning. Da setningsutviklingen i grunnen avtar sterkt med tiden, er det vanskeligst å oppnå akseptable setninger de første årene etter at anlegget tas i bruk.

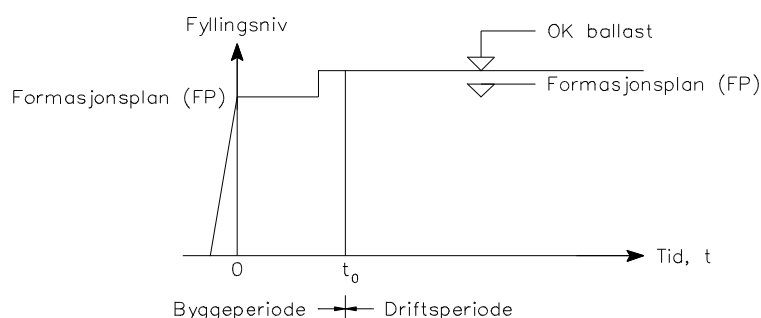
Aksepterte setninger for banelegemet i driftsfasen er gitt i tabell 7.1, 7.2 og 7.3. Setningskravene i tabell 7.1 og 7.2 er knyttet til variasjoner i setningsutviklingen på langs og på tvers av banelegemet. I tabell 7.3 er det gitt krav til maksimale setninger i enkeltprofiler. Følgende prinsipper er lagt til grunn ved utformingen av kravspesifikasjonene:

- det aksepteres visse variasjoner av midlere setning og visse variasjoner av skjevsetningene fra tverrprofil til tverrprofil langs banelegemet (tabell 7.1 og 7.2)
- det er i tillegg satt begrensning på hvor store gjennomsnittlige setninger og skjevsetninger som aksepteres i et enkelt tverrprofil (tabell 7.3)
- aksepterte verdier beskriver hvor raskt differansesetningene, sideskjevhetene og midlere setning tillates å utvikle seg med tiden
- kravene er innrettet mot driftsperioden (det er derfor ikke stilt setningskrav det første året setningsutviklingen pågår)

Ved vurdering av setningene på et gitt sted må følgende tidspunkter klarlegges:

- tidspunktet når setningsutviklingen starter ( $t = 0$ )
- tidspunktet når sporet ferdigjusteres før banedrift ( $t = t_0$ )

Ved oppfylling på bløt grunn defineres normalt disse tidspunktene med utgangspunkt i figur 7.1.



Figur 7.1 *Definisjon av setningsgivende tid ( $t$ ) og setningsgivende periode før banedrift ( $t_0$ )*

Lengden av den setningsgivende perioden før banedriften starter ( $t_0$ ) influerer sterkt på setningshastigheten de første årene av driftsperioden. Innvirkning av byggeperiodens lengde på setningene i driftsperioden skal alltid tas i betraktning ved prosjektering.

Det er stilt setningskrav i tidsperiodene fra 1 - 4 år og fra 4 - 10 år regnet fra starten av setningsutviklingen ( $t = 0$ ). Normal innvirkning av setningsutviklingen i byggeperioden er bygd inn ved at de tillatte verdier for differansesetninger, skjevsetninger og midlere setninger for disse tidsperiodene er gjort avhengig av  $t_0$ . Dersom spesifikke vurderinger av setningsutviklingen helt fra oppfyllestidspunktet ( $t = 0$ ) likevel blir utført, kan verdiene angitt for  $t_0 = 1$  år legges til grunn som tillatte setninger i driftsperioden.

Det er gitt alternative krav til differansesetninger og skjevsetninger avhengig av om lengden av det partiet som vurderes er 100 m, 50 m eller 25 m. Kravene er strengere dess lengre parti som vurderes med henblikk på utvikling av setningsdifferanser. Endelig vurdering av kritiske partier skal normalt baseres på kravene gitt for lengdeintervall 25 m.

Partier med fare for kritiske variasjoner av setningene i driftsfasen vil ofte være lokalisert til fyllinger på varierende grunnforhold. Spesielt overganger fra fast grunn til bløt leirgrunn, tilløpsfyllinger inn mot bruer og kulverter, og andre overganger mot faste konstruksjoner, er kritiske. Partier med variasjoner i setningspotensialet må derfor vektlegges spesielt under prosjekteringen. Setningsvariasjoner bør vektlegges ved prosjektering av sporvekselsløyfer, da man her må ha tilgang til begge sporene ved justeringsarbeider.

## 4.2 Krav til økning av formasjonsplanets bredde

Ved forventede setninger større enn 20 cm skal bredden av formasjonsplanet vurderes øket, slik at krav til skulderbredde, plassering av kabelkanal mv. ved evt. løfting av sporet i driftsfasen blir ivare tatt.

## 4.3 Akseptable differansesetninger på langs av banelegemet

### 4.3.1 Kravspesifikasjon

Med henblikk på varierende setninger i banens lengderetning gjelder tabell 7.1 som setningskrav.

Tabell 7.1 Akseptert utvikling av differansesetninger på langs av nyanlagte banelegemer

Tidsperioder hvor det stilles setningskrav <sup>1)</sup>	Setningsgivende periode før banedrift, $t_0$ <sup>2)</sup>	Tillatt differansesetning over lengdeintervall $\Delta L$ <sup>3)</sup> i aktuelle tidsperioder <sup>4)</sup>		
		$\Delta L = 100$ m	$\Delta L = 50$ m	$\Delta L = 25$ m
fra $t = 1$ år til $t = 4$ år	0,5 år <b>1 år</b> 2 år	10 cm <b>14 cm</b> 21 cm	8 cm <b>11 cm</b> 16 cm	5 cm <b>7 cm</b> 11 cm
fra $t = 4$ år til $t = 10$ år	0,5 år <b>1 år</b> 2 år	6 cm <b>9 cm</b> 15 cm	4 cm <b>7 cm</b> 11 cm	3 cm <b>5 cm</b> 7 cm

1) Tiden ( $t$ ) regnes normalt fra oppfylling er utført opp til formasjonsplanet (FP).

2)  $t_0$  regnes normalt som tiden mellom oppfylling opp til FP og ferdigjustering av sporet før banedriften starter.

- 3) Dersom setningskravet blir funnet å være tilfredsstillt for ett av de tre angitte lengdeintervallene (f.eks.  $\Delta L = 100$  m), kan kravet for de øvrige lengdeintervallene (f.eks.  $\Delta L = 50$  m og  $\Delta L = 25$  m) normalt anses oppfylt.
- 4) Dersom det verifiseres at differansesetningene er mindre enn 70 % av tillatt i tidsperioden fra  $t = 1$  år til  $t = 4$  år, kan kravet for tidsperioden fra  $t = 4$  år til  $t = 10$  år også anses oppfylt.

### 4.3.2 Inngangsverdier og bruk av kravene

Tillatt differansesetning på langs av banelegemet varierer med

- tidsperiode som betraktes
- setningsgivende tidsperiode før banedriften starter ( $t_0$ )
- banelengde som betraktes ( $\Delta L$ )

Tillatte differansesetninger er angitt for tidsperiodene fra 1 - 4 år og 4 - 10 år etter start av setningsutviklingen. For det første året med setningsutvikling er det ikke stilt setningskrav. For partier som blir funnet å få klart mindre differansesetninger enn tillatt ( $< 70$  % av tillatt) i perioden fra 1 - 4 år etter at setningene starter, er det ikke nødvendig å verifisere at setningene er akseptable på senere stadium i setningsutviklingen. For partier hvor det må treffes spesielle tiltak for å tilfredsstille setningskravet, må begge de angitte tidsperiodene alltid undersøkes.

Setningene utvikles fra det tidspunkt oppfyllingen skjer. I finkornig grunn er setningsutviklingen langvarig, men er desidert størst like etter oppfylling. Setningsgivende tidsperiode før banedriften starter ( $t_0$ ) påvirker derfor setningshastigheten i driftsperioden betydelig. I setningskravene er effekten av dette bygd inn. Det er bare kravene for  $t_0 = 1$  år som samsvarer med tillatt utvikling av differansesetninger fra starten av driftsperioden (henholdsvis de 3 første og 6 påfølgende årene av driftsperioden).

Det er gitt mulighet for å verifisere at differansesetningene blir akseptable for alternative lengdeintervaller,  $\Delta L$ , henholdsvis 100 m, 50 m og 25 m. Kravene anses altså normalt oppfylt når de er funnet tilfredsstillt for ett av lengdeintervallene. Kravene er imidlertid satt strengere jo større lengdeintervall som betraktes. På partier hvor det må treffes spesielle tiltak for å oppfylle setningskravet, forutsettes det at lengdeintervall  $\Delta L = 25$  m betraktes.

## 4.4 Akseptabel variasjon av sideskjevheter (skjevsetninger) langs banelegemet

### 4.4.1 Kravspesifikasjon

Med henblikk på varierende sideskjevheter langs banelegemet gjelder tabell 7.2 som setningskrav.

Tabell 7.2 Akseptert utvikling av varierende sideskjevheter (skjevsetninger) langs nyanlagte banelegemer

Tidsperioder hvor det stilles setningskrav <sup>1)</sup>	Setningsgivende periode før banedrift, $t_0$ <sup>2)</sup>	Tillatt forskjell i skjevsetning mellom naboprofiler i avstand $\Delta L$ <sup>3)</sup> i aktuelle tidsperioder <sup>4)</sup>		
		$\Delta L = 100$ m	$\Delta L = 50$ m	$\Delta L = 25$ m
fra $t = 1$ år til $t = 4$ år	0,5 år <b>1 år</b> 2 år	14 ‰ <b>20 ‰</b> 30 ‰	11 ‰ <b>15 ‰</b> 23 ‰	7 ‰ <b>10 ‰</b> 15 ‰
fra $t = 4$ år til $t = 10$ år	0,5 år <b>1 år</b> 2 år	9 ‰ <b>13 ‰</b> 20 ‰	6 ‰ <b>10 ‰</b> 15 ‰	4 ‰ <b>7 ‰</b> 10 ‰

- 1) Tiden ( $t$ ) regnes normalt fra oppfylling er utført opp til formasjonsplanet (FP).
- 2)  $t_0$  regnes normalt som tiden mellom oppfylling opp til FP og ferdigjustering av sporet før banedriften starter.
- 3) Dersom setningskravet blir funnet å være tilfredsstillt for en av de tre angitte avstandene mellom naboprofiler (f.eks.  $\Delta L = 100$  m), kan kravene for de to øvrige profilavstandene (f.eks.  $\Delta L = 50$  m og  $\Delta L = 25$  m) normalt anses oppfylt.
- 4) Dersom det verifiseres at skjevsetningene er mindre enn 70 % av tillatt i tidsperioden fra  $t = 1$  år til  $t = 4$  år, kan kravet for tidsperioden fra  $t = 4$  år til  $t = 10$  år også anses oppfylt.

#### 4.4.2 Inngangsverdier og bruk av kravene

Tillatt forskjell i skjevsetning mellom naboprofiler varierer med

- tidsperiode som betraktes
- setningsgivende tidsperiode før banedriften starter ( $t_0$ )
- banelengde som betraktes ( $\Delta L$ )

Tillatt forskjell i skjevsetninger er angitt for tidsperiodene fra 1 - 4 år og fra 4 - 10 år etter start av setningsutviklingen. For det første året med setningsutvikling er det ikke stilt setningskrav. For partier som blir funnet å få klart mindre skjevsetninger enn tillatt (< 70 % av tillatt) i perioden fra 1 - 4 år etter at setningene starter, er det ikke nødvendig å verifisere at skjevsetningene er akseptable på senere stadium i setningsutviklingen. For partier hvor det må treffes spesielle tiltak for å oppfylle setningskravet, må begge de angitte tidsperiodene alltid undersøkes.

Skjevsetningene utvikles fra det tidspunkt oppfyllingen skjer. I finkornig grunn er setningsutviklingen langvarig, men er desidert størst like etter oppfylling. Setningsgivende tidsperiode før banedriften starter ( $t_0$ ) påvirker derfor setningshastigheten i driftsperioden betydelig. I setningskravene er effekten av dette bygd inn. Det er bare kravene for  $t_0 = 1$  år som samsvarer med tillatt utvikling av skjevsetninger fra starten av driftsperioden (hhv. de 3 første og 6 påfølgende årene av driftsperioden).

Det er gitt mulighet for å verifisere at forskjellene i skjevsetning blir akseptable for alternative lengdeintervaller,  $\Delta L$ , henholdsvis 100 m, 50 m og 25 m. Kravene anses altså normalt oppfylt når de er funnet tilfredsstillt for ett av lengdeintervallene. Kravene er imidlertid satt strengere jo større lengdeintervall som betraktes. På partier hvor det må treffes spesielle tiltak for å unngå for store variasjoner i skjevsetningene, forutsettes det at lengdeintervall  $\Delta L = 25$  m betraktes.



## 4.5 Akseptable setninger i enkeltprofiler

### 4.5.1 Kravspesifikasjon

Med henblikk på setninger i enkeltprofil gjelder tabell 7.3 som setningskrav.

Tabell 7.3 Akseptert utvikling av maksimale setninger i enkeltprofil (tverrprofil) på nyanlagte banelegemer

Tidsperioder hvor det stilles setningskrav <sup>1)</sup>	Setningsgivende periode før banedrift, $t_0$ <sup>2)</sup>	Tillatt midlere setning i enkeltprofil <sup>3)</sup>	Tillatt skjevsetning (sideskjevhet) i enkeltprofil <sup>3)</sup>
fra $t = 1$ år til $t = 4$ år	0,5 år <b>1 år</b> 2 år	17 cm <b>24 cm</b> 35 cm	12 ‰ <b>17 ‰</b> 25 ‰
fra $t = 4$ år til $t = 10$ år	0,5 år <b>1 år</b> 2 år	10 cm <b>16 cm</b> 25 cm	7 ‰ <b>11 ‰</b> 18 ‰

- 1) Tiden (t) regnes normalt fra oppfylling er utført opp til formasjonsplanet (FP).
- 2)  $t_0$  regnes normalt som tiden mellom oppfylling opp til FP og ferdigjustering av sporet før banedriften starter.
- 3) Dersom det verifiseres at differansesetningene er mindre enn 70 % av tillatt i tidsperioden fra  $t = 1$  år til  $t = 4$  år, kan kravet for tidsperioden fra  $t = 4$  år til  $t = 10$  år også anses oppfylt.

### 4.5.2 Inngangsverdier og bruk av kravene

Tillatt midlere setning og skjevsetning i enkeltprofiler lokalisert langs banelegemet varierer med

- tidsperiode som betraktes
- setningsgivende tidsperiode før banedriften starter ( $t_0$ )

Tillatte midlere setninger og skjevsetninger i tverrprofiler er angitt for tidsperiodene fra 1 - 4 år og 4 - 10 år etter start av setningsutviklingen. For det første året med setningsutvikling er det ikke stilt setningskrav. For partier som blir funnet å få klart mindre differansesetninger enn tillatt (< 70 % av tillatt) i perioden fra 1 - 4 år etter at setningene starter, er det ikke nødvendig å verifisere at setningene er akseptable på senere stadium i setningsutviklingen. For partier hvor det må treffes spesielle tiltak for å tilfredsstille setningskravet, må begge de angitte tidsperiodene alltid undersøkes.

Setningene utvikles fra det tidspunkt oppfyllingen skjer. I finkornig grunn er setningsutviklingen langvarig, men er desidert størst like etter oppfylling. Setningsgivende tidsperiode før banedriften starter ( $t_0$ ) påvirker derfor setningshastigheten i driftsperioden betydelig. I setningskravene er effekten av dette bygd inn. Det er bare kravene for  $t_0 = 1$  år som samsvarer med tillatt utvikling av setning og skjevsetning fra starten av driftsperioden (henholdsvis de 3 første og 6 påfølgende årene av driftsperioden).

## 4.6 Akseptable avvik mellom opptredende setninger og krav

Ved prosjektering av jernbaneanlegg skal setningskravene gitt i tabellene 7.1, 7.2 og 7.3 oppfattes som en målsetting på kritiske partier. Det innebærer at følgende tilstrebtes:

1. at ingen partier får vesentlig større setninger enn tillatt
2. at kritiske partier får setninger omtrent som tillatt

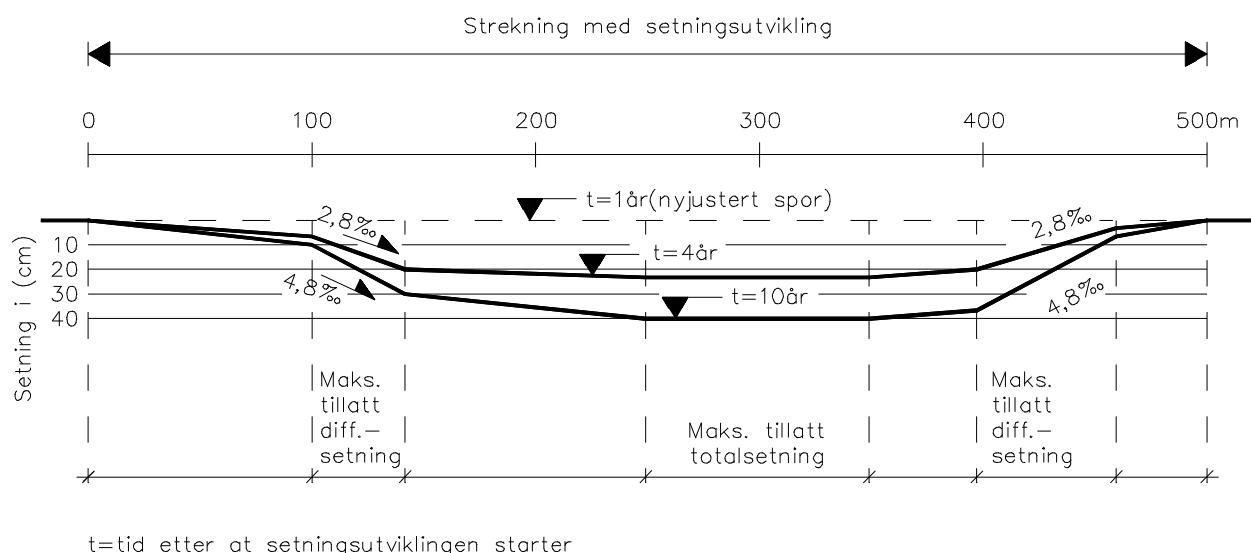
På kritiske partier aksepteres et avvik på inntil  $\pm 25\%$  mellom prognoserte og opptredende setninger. Byggherren kan imidlertid bestemme strengere krav for enkeltpartier.

Den geoteknisk prosjekterende skal varsle byggherren dersom usikkerheten av setningsprognosene på kritiske partier vurderes å være større enn akseptgrensene.

## 4.7 Illustrasjon av tillatt setningsutvikling i driftsperioden

### 4.7.1 Tillatte setninger i lengdeprofilet

Akseptert utvikling av differansesetninger og maksimale setninger på langs av nyanlagte banelegemer i henhold til tabellene 7.1 og 7.3 er illustrert i figur 7.2. Setningene som er angitt i figuren ventes å gi behov for 2 - 3 justeringer av sporet og kontaktledningen i løpet av de 10 første driftsårene. De viste setningene gjelder altså for et spor som ikke blir justert.



Figur 7.2 Lengdeprofil av parti med utvikling av maksimalt tillatte setninger og differansesetninger i driftsperioden (setningsgivende periode før banedrift,  $t_0$ , forutsatt lik 1 år)



## 5 FORUTSETNINGER SPESIELT FOR MASTEFUNDAMENTENE

Setningskravene i dette regelverket er knyttet til differansesetninger, skjevsetninger og maksimalsetninger av banelegemet i driftsperioden. Ved prosjektering og utbygging av jernbaneanlegg etter disse setningskravene skal det legges til grunn en del forutsetninger spesielt for mastefundamentene.

Ved fundamentering av mastene på setningsgivende partier skal en av følgende tre målsettinger legges til grunn avhengig av de stedlige forholdene:

- alternativ 1: mest mulig lik setningsutvikling av mastefundament og banelegeme i driftsperioden (harmonisert fundamentering)
- alternativ 2: mindre setning av mastefundamentene enn av banelegemet
- alternativ 3: minst mulig setning av mastefundamentene i driftsperioden

Valg av alternativ forutsetning for mastefundamenteringen skal baseres på tabell 7.4.

*Tabell 7.4 Målsetting som tilstrebes for mastefundamenteringen avhengig av stedlige forhold*

Lengde av setningsgivende parti	Setninger av banelegemet	Målsetting for mastefundamenteringen		
		Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
Kortere enn ca. 150 m	Klart mindre enn tillatt <sup>1)</sup>		(x)	x
	Omtrent som tillatt <sup>2)</sup>		x	(x)
Lenger enn ca. 150 m	Klart mindre enn tillatt <sup>1)</sup>	(x)	x	
	Omtrent som tillatt <sup>2)</sup>	x	(x)	

1) Setninger av banelegemet er akseptable uten bruk av spesielle setningsreducerende tiltak

2) Parti som er kritisk med hensyn på setninger av banelegemet

For korte setningsgivende partier (kortere enn ca. 150 m) er det en fordel om mastefundamentene setter seg mindre enn sporet i driftsperioden. Der fundamenteringsforholdene ligger til rette for det, bør det på slike korte partier velges en fundamenteringsmåte som gir minst mulig setning av mastefundamentene i driftsperioden.

På lengre setningsgivende partier (lenger enn ca. 150 m) skal det, avhengig av fundamenteringsforholdene, velges en fundamenteringsmåte som enten gir lik eller noe mindre setning av mastefundamentene sammenlignet med banelegemet. Større setninger av mastefundamentene enn av sporet må alltid søkes unngått. Utgangspunktet for mastefundamenteringen på lengre setningsgivende partier er imidlertid harmonisk setningsutvikling med banelegemet i driftsperioden. Omfattende tiltak for å redusere setningene spesielt for mastefundamentene er derfor sjelden aktuelt over lengre strekninger.

## 6 KRAV TIL DEN GEOTEKNISKE PROSJEKTERINGEN

Setningskravene er innført for å sikre tilfredsstillende teknisk standard på nye K0-baner. Hovedvekten er lagt på at banelegemet ikke skal få større differansesetninger eller skjevsetninger enn akseptabelt de første årene anlegget er i drift. De angitte kravene til kontrollert deformasjonsutvikling innebærer behov for systematisk og målrettet behandling av setningsspørsmålene på prosjekteringsstadiet. Nedenfor gis noen viktige forutsetninger som normalt skal legges til grunn for den geotekniske prosjekteringen.

### 6.1 Trinnvise undersøkelser og analyser

Så langt det er hensiktsmessig skal grunnundersøkelsene og den geotekniske prosjekteringen baseres på en trinnvis arbeidsgang. Arbeidsgangen bør normalt tilpasses de tre forskjellige ambisjonsnivåene som må nås for å avklare setningsutviklingen, nemlig:

- identifisering av mulige problempunkter (med fare for større setninger enn tillatt)
- fastlegging av punkter som trenger spesielle tiltak
- valg av fundamenteringsløsning på kritiske punkter/partier

### 6.2 Setningskravene varieres med ambisjonsnivået

Bruken av kravene til differansesetninger og sideskjevheter på ulike stadier i prosjekteringen skal tilpasses ambisjonsnivået på det aktuelle prosjekteringsstadiet. Normal tilpassing mellom ambisjonsnivå og setningskrav er som vist i tabell 7.5.

Tabell 7.5      *Anbefalt bruk av setningskravene på ulike stadier under prosjekteringen*

Ambisjonsnivå for geotekniske undersøkelser og analyser	Setningskrav som legges til grunn <sup>1)</sup>		
	Krav gitt for $\Delta L = 100$ m	Krav gitt for $\Delta L = 50$ m	Krav gitt for $\Delta L = 25$ m
a) Mulige problempunkter identifiseres	x	(x)	
b) Fastlegging av kritiske partier (som trolig trenger spesielle tiltak)		x	(x)
c) Valg av fundamenteringstiltak på kritiske partier			x

1) Jf. kravspesifikasjonene i tabell 7.1 og 7.2

### 6.3 Setningsutjevning av kritiske partier

Det skal normalt bare benyttes setningsreducerende tiltak på partier som forventes å få større differansesetninger, skjevsetninger eller maksimalsetninger enn angitt i tabellene 7.1, 7.2 og 7.3. For å unngå unødig store kostnader til fundamenteringstiltak på kritiske partier må følgende prinsipper følges:

---

**Setninger**

---

- der maksimalsetningene ikke er kritiske, skal nødvendig setningsutjevning vektlegges framfor generell setningsreduksjon
- økonomisk gunstige tiltak velges for å oppnå nødvendig setningsreduksjon og setningsutjevning
- byggeperioden utnyttes til setningsutjevning der dette er mulig

## 7 SYSTEM FOR SETNINGSOPPFØLGING

Det er viktig å skaffe erfaringsgrunnlag om setninger av nye banestrekninger.

En setningsoppfølging vil gi grunnlag for å

- følge opp setningene i anleggsfasen, spesielt ved trinnvis oppbygging av fyllinger
- sammenligne opptredende og prosjekterte setninger
- undersøke effekten av ulike setningsreducerende tiltak
- følge setningsutviklingen mellom banelegeme og master
- følge setningsutviklingen over tid
- følge sammenhengen mellom sporfeil og setninger
- identifisere problemområder for drift og vedlikehold pga. setninger
- evaluere setningskravene

Et system for oppfølging av setninger i anleggs- og driftsfasen skal vurderes for nye banestrekninger på bløt grunn. Systemet bør beskrives i anbudsdocumentene.

Da setningskravene konsentrerer seg om avstander på hhv. 25, 50 og 100 m som intervaller for setningsberegninger, bør setningsmålingene utføres med de samme intervaller for å få et grunnlag som kan sammenlignes med de utførte beregninger.

Alternative metoder for setningsmåling kan være slanger lagt under hele fyllingsbredden (slik at setningene kan måles i hele profilet), setningsmåling i enkeltpunkter, samt nivellement og målinger tilknyttet banens geodetiske fastmerkepunkter.

### 7.1 Utførelse av setningsoppfølging med setningsslanger

For å kunne følge setningsutvikling på spesielt utsatte partier, og for å vinne erfaring med evt. setningsreducerende tiltak som gjøres, kan det legges ut slanger for måling av setning under fyllinger mv.

#### 7.1.1 Materialer

Det kan f.eks. benyttes fleksible polyetylenrør med diameter 75 mm eller større. Disse må ha glatt overflate innvendig. Slangeendene skal utstyres med avtakbart lokk.

#### 7.1.2 Utlegging av slanger

Slangene kan legges under fylling på naturlig grunn, slik at en helt unngår innvirkning av egensetning i overliggende fylling. Rørene omfylles med grus, slik at de er beskyttet mot skader. Det må nøyaktig angis hvor slangeender befinner seg, lengde på utlagt slange o.l.

Det kan ofte anleggsmessig være lettere å komme til når fylling er lagt ut opp til traubunn. Som regel vil egensetningene i fyllingen være beskjedne i forhold til setning i undergrunnen, og det er

derfor tilstrekkelig å måle på traubunn. Imidlertid går en da glipp av de setninger som evt. har utviklet seg mens fylling opp til traubunn bygges, og det må derfor være en avveining i det enkelte tilfelle hva som er den beste praktiske løsningen. Slinger bør uansett legges så tidlig som mulig under anleggsarbeidene.

### 7.1.3 Målehyppighet

Måling bør komme i gang så raskt som mulig, da setningene ofte går raskest til å begynne med. Særlig er det viktig at en referansemåling utføres tidlig, slik at en har et «0-punkt» for øvrige målinger.

### 7.1.4 Måling

Måling kan gjøres med hydraulisk slangesetningsmåler, som i prinsippet er en væskefylt slange med en målesonde i enden. Høydeforskjell mellom målesonde og måleapparat registreres etter hvert som målesonden skyves inn i slangen.

### 7.1.5 Fastmerker

Måling i forhold til tilfeldig valgte «fastpunkter» kan ofte vise seg å være problematisk, i det merkene forsvinner under anleggsarbeidene. Høydebestemmelse av merkene så tidlig som mulig er derfor viktig, slik at den eksakte høyden for setningsslangene blir bestemt. Der G-VUL etableres langs banen skal dette benyttes som høydereferanse for setningsslangene.