

1	HENSIKT OG OMFANG	3
1.1	Hensikt	3
1.2	Omfang	3
1.3	Grunnleggende krav	4
1.3.1	Utfestingsmetode	4
1.3.2	Fastmerkenett	4
2	VARIG UTFESTING AV LINJEN	5
2.1	Generelt	5
2.2	VUL-merker	5
2.2.1	Generelt	5
2.2.2	Plassering og montering	5
2.2.2.1	Elektrifiserte strekninger	6
2.2.2.2	Ikke-elektrifiserte strekninger	6
2.2.3	Nummerering	6
2.2.4	Koordinatbestemmelse	7
2.3	Sporets teoretiske beliggenhet	7
2.3.1	Kilometrering	7
2.3.2	Pilhøyder	7
2.3.3	VUL-data	7
2.3.4	Baksekorridor	8
2.3.5	Beregning	8
2.4	Sporets faktiske beliggenhet	9
2.4.1	Sporjustering og nøytralisering	9
2.4.2	Registrering av sporets beliggenhet	9
2.5	Rapportering	9
2.5.1	Sentralt nivå	9
2.5.2	Lokalt nivå	10
3	GEODETISK VARIG UTFESTING AV LINJEN	11
3.1	Generelt	11
3.2	Sporets teoretiske beliggenhet	11
3.2.1	Nye baner/linjeomlegginger	11
3.2.2	Eksisterende baner	11
3.2.2.1	Registrering av nåværende beliggenhet	12
3.2.2.2	Beregning av ny teoretisk beliggenhet	12
3.3	Sporets faktiske beliggenhet	12
3.3.1	Sporjustering og nøytralisering	12
3.3.2	Registrering av sporets beliggenhet	13
3.4	Rapportering	13
3.4.1	Sentralt nivå	13
3.4.2	Lokalt nivå	13
4	GEODETISK FASTMERKENETT	14
4.1	Generelt	14
4.2	Tidspunkt for etablering av fastmerkenett på nyanlegg	14
4.3	Fysiske krav	15
4.3.1	Fastmerkernes utforming og merking	15
4.3.1.1	4.3.1.1 Sikrings- og brukspunkt	15
4.3.1.2	4.3.1.2 Nivellamentspunkt	15
4.3.1.3	4.3.1.3 Nummerering og merking	16
4.3.2	Fastmerkernes tetthet og plassering	17

4.4 Geodetiske krav	18
4.4.1 Geodetisk referanse	18
4.4.1.1 Horisontalt datum og kartprojeksjon	18
4.4.1.2 Vertikalt datum/høydesystem	18
4.4.2 Geodetisk kvalitet	18
4.4.2.1 Grunnriss	18
4.4.2.2 Høyde	19
4.4.3 Målinger	20
4.4.3.1 Sikringspunkt	20
4.4.3.2 Nivellements punkter	21
4.4.3.3 Brukspunkt	21
4.4.4 Beregninger	22
4.5 Dokumentasjon	22
4.6 Rapportering	23
4.6.1 Sentralt nivå	23
4.6.2 Lokalt nivå	23

1 HENSIKT OG OMFANG

Kapitlet omhandler prosjektering og etablering av

- varig utfesting av linjen
- geodetisk varig utfesting av linjen
- geodetisk fastmerkenett

1.1 Hensikt

Utfesting av linjen har som formål å registrere et spenningsnøytralisert helsveist spors ideelle beliggenhet og geometriske forløp i et ytre referansesystem. Dette skal utføres på en slik måte at resultatene er til nytte for kontroll og justering av sporets beliggenhet i ettertid.

Metoden skal gi en beskrivelse av sporets teoretiske (ideelle) beliggenhet. Ved senere kontroller registreres sporets faktiske beliggenhet i det samme referansesystemet. Tidligere registreringer av sporets faktiske beliggenhet benyttes for å overvåke sporets beliggenhet over tid.

Ved å sammenstille tilhørende verdier for sporets teoretiske og faktiske beliggenhet beregnes sporets avvik fra teoretisk beliggenhet. Verdiene benyttes, sammen med resultater fra målevognskjøring, for å vurdere om det er behov for justering av sporet og gir følgelig korreksjonsverdier ved sporjustering. Dette danner dermed utgangspunkt for rekonstruksjon av sporets teoretiske beliggenhet.

1.2 Omfang

Utfesting av linjen skal gjennomføres på alle hovedspor i det offentlige jernbanenettet.

Arbeidet skal prioriteres på følgende steder:

- Nye baner/linjeomlegginger
- Høyhastighetsbaner og baner med stor trafikkbelastning
- Strekninger som trafikkeres med krengetogsmatriell
- Strekningsavsnitt hvor det skal utføres operasjoner som kan påvirke skinnenenes nøytraltemperatur, f.eks. ballastrensing, svillebytte, skinnebytte, større baks/løft og helsveising.
- Strekningsavsnitt hvor det er registrert tendenser til solslyng, særlig hvor sporet ligger på fylling slik at en avsporing kan få store konsekvenser.

1.3 Grunnleggende krav

1.3.1 Utfestingsmetode

Utfesting av linjen kan utføres på to måter:

- varig utfesting av linjen - VUL
- geodetisk varig utfesting av linjen - GVUL

Valg av system gjøres etter følgende kriterier:

- GVUL: K0-baner/strekninger
nye baner/strekninger
strekninger med større linjeomlegginger
- VUL: øvrige baner

1.3.2 Fastmerkenett

I forbindelse med etablering av VUL / GVUL på en strekning, skal det også etableres et geodetisk fastmerkenett langs hele strekningen.

Fastmerkenettets oppbygning og kvalitet er avhengig av aktuelt system for utfesting. Krav til fastmerkenettet er beskrevet i avsn. 4.

2 VARIG UTFESTING AV LINJEN

2.1 Generelt

Varig utfesting av linjen (VUL) har som formål å definere og etablere sporets beliggenhet i et ytre referansesystem. Metoden baseres på at sporets teoretiske beliggenhet refereres som relativ beliggenhet i forhold til egne VUL-merker langs banen. Disse merkene skal igjen koordinatbestemmes fra et geodetisk fastmerkenett.

VUL skal resultere i horisontal og evt. vertikal avstand mellom VUL-merkene og sporet, samt kilometerte verdier for sporets karakteristiske trasépunkter (OB, OE, FOB, KP, FKP, HBP, LBP, SE). Kombinert med tilhørende geometriparametre (radier, lengde på overgangskurver, overhøyder) danner denne informasjonen basis for kontroll og vedlikehold av sporets geometri. VUL-/traséinformasjonen skal forvaltes sentralt gjennom Banedatabanken og gjennom lokale registre.

Følgende operasjoner inngår i VUL på et strekningsavsnitt:

- Etablering av geodetisk fastmerkenett
- Etablering av VUL-merker
- Registrering av sporets nåværende beliggenhet
- Beregning av sporets nye beliggenhet (teoretisk)
- Etablering av sporets nye beliggenhet (faktisk)
- Rapportering av VUL-/traséinformasjon til Banedatabanken og lokalt register

2.2 VUL-merker

2.2.1 Generelt

Langs sporet etableres VUL-merker som danner utgangspunkt for utfestingen. For å gjøre systemet mest mulig pålitelig må VUL-merkene gis mest mulig stabil forankring, helst fjell.

Det er utviklet to hovedtyper VUL-merker, ett for montering på vertikale flater og ett for montering på horisontale flater. Både sidemerket og toppmerket har et fast referansepunkt til bruk under utfestingen. Se vedlegg 5.a for beskrivelse/tegning av VUL-merkene.

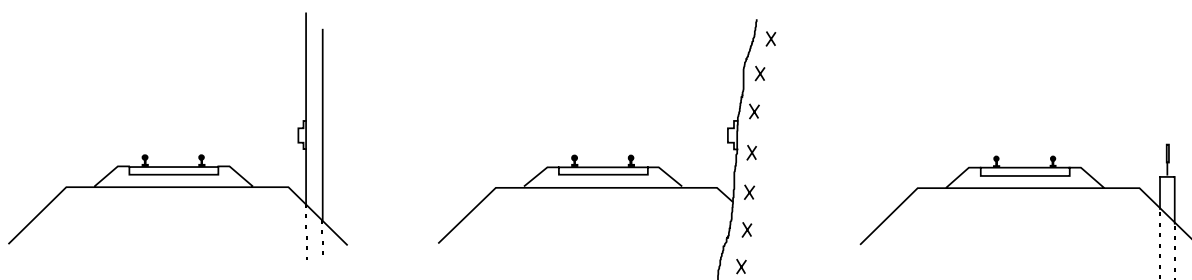
2.2.2 Plassering og montering

VUL-merkene skal plasseres i umiddelbar nærhet av sporet. Avstanden fra VUL-merkene til spormidtd bør være 3,0 - 4,5 m avhengig av de lokale forhold. Tabell 13.1 viser anbefalt innbyrdes avstand mellom VUL-merkene.

Tabell 13.1 Anbefalt avstand mellom VUL-merkene

Kurveradius[m]	- 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 -
Avstand [m]	30	35	40	45	50	55	60

På lange rettstrekninger kan imidlertid VUL-merkene plasseres med opptil 250 m mellomrom. VUL-merkene bør plasseres utenfor karakteristiske trasépunkter (OB, OE, FOB, KP osv). I kurver bør VUL-merkene plasseres på yttersiden av kurven. Horisontal og vertikal avstand fra VUL-merket til sporet (nærmeste skinne) kan variere noe fra merke til merke. Den vertikale avstanden kan likevel gjøres konstant fra merke til merke dersom det er ønskelig.



Figur 13.1 Plassering av VUL-merker på kontaktledningsmast, fjell og eget fundament

2.2.2.1 Elektrifiserte strekninger

På elektrifiserte strekninger er det som regel hensiktsmessig å plassere VUL-merkene på kontaktledningsmastene. Avstanden mellom VUL-merkene kan derfor avvike noe fra tabell 13.1. I tunneler og fjellskjæringer skal VUL-merkene festes i fjell/betong. I begge tilfeller brukes VUL-merket for montering på vertikale flater (sidemerke). VUL-merkene plasseres ca 25 cm over skinnetopp til nærmeste skinne.

2.2.2.2 Ikke-elektrifiserte strekninger

På ikke-elektrifiserte strekninger skal VUL-merkene festes i fjell ca 25 cm over skinnetopp til nærmeste skinne. Dersom feste i fjell ikke kan oppnås, benyttes eget fundament. Fundamentene skal plasseres slik at de står stabilt og skal være forankret i telesikker grunn.

Normalt bør maksimalt 25 cm av fundamentet stikke opp over bakken for å unngå at fundamentet blir for høyt. Toppmerket festes på toppen av fundamentet. Dersom forholdene tilsier at høye fundamenter kan benyttes (ca 25 cm over skinnetopp til nærmeste skinne), kan sidemerke benyttes.

2.2.3 Nummerering

VUL-merkene skal nummereres slik at de lett kan identifiseres i ettertid. På elektrifiserte strekninger brukes mastenummeret, med prefiks "VUL-", også som nummer på VUL-merkene. Dersom VUL-merket ikke er festet til masten, benyttes mastenummer for den nærmeste masten. I tillegg brukes bokstavene M, F og A som for å markere om merket er festet i mast, i fjell eller til andre objekt.

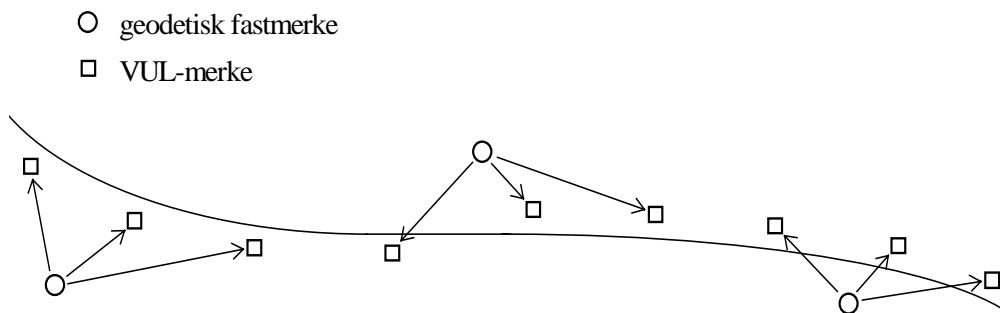
Eks:	VUL-1714M	VUL-merke på mast nr 1714
	VUL-1715F	VUL-merke ved mast nr 1715, festet i fjell
	VUL-1716A	VUL-merke ved mast nr 1716, festet i annet enn mast/fjell

På ikke-elektrifiserte strekninger gis VUL-merkene egne 5-sifrede nummer, sammensatt av to deler: Kilometerangivelse (3 siffer) og fortløpende nummer innen hver km (2 siffer).

Eks:	313-01	VUL-merke nr 1 på km 313
------	--------	--------------------------

2.2.4 Koordinatbestemmelse

Alle VUL-merker som ikke er festet i fjell skal koordinatbestemmes fra et geodetisk fastmerkenett. I tillegg bør også VUL-merker festet i fjell også koordinatbestemmes. Som referanse for koordinatene benyttes midtpunktet på skjæringslinjen mellom horisontal og vertikal referanseflate på hvert VUL-merke. Hvert VUL-merke skal koordinatbestemmes med dobbeltmåling fra nærmeste fastmerke i det geodetiske fastmerkenettet som vist i figur 13.2.



Figur 13.2 Koordinatbestemmelse av VUL-merker

Krav til geodetisk kvalitet (maksimal deformasjon) for VUL-merkens koordinater i forhold til det geodetiske fastmerkenettet er gitt i tabell 13.2. (Se for øvrig avsnitt 4.4.2 om geodetisk kvalitet)

Tabell 13.2 Krav til geodetisk kvalitet for VUL-merkens koordinater

p (ppm)	k (mm)
0	5

2.3 Sporets teoretiske beliggenhet

2.3.1 Kilometrering

For å kunne registrere sporets nåværende beliggenhet er det nødvendig med nøyaktig kilometer på den aktuelle strekningen. I forbindelse med kilometreringsarbeidet skal det også registreres nøyaktig kilometer for hvert VUL-merke.

2.3.2 Pilhøyder

Sporets pilhøyder måles for å danne grunnlag for beregning av ny teoretisk beliggenhet. Pilhøydene kan måles manuelt, men bør helst utføres maskinelt med målevogn.

2.3.3 VUL-data

Den horisontale og vertikale avstanden mellom spor og VUL-merke (VUL-data) måles umiddelbart før eller etter pilhøydemåling med en VUL-målestav. Målestaven skal typegodkjennes av banesjefen på den aktuelle strekning. Målingene gjøres fra referansepunktet på VUL-merket til innerkant nærmeste skinne, 14 mm under sporplanet. Målingene skal utføres minst to ganger fra hvert VUL-merke og deretter midles. Maks tillatt avvik mellom målingene er 5 mm.



Figur 13.3 Måling av VUL-data med VUL-målestav (prinsipp)

Av praktiske grunner velges ikke spormidtd som referanse. Ved å velge kjørekanten, vil det som følge av sporutvidelse og skinnslitasje over tid bli en viss endring av sporets beliggenhet. Denne endringen kan imidlertid neglisjeres.

2.3.4 Baksekorridor

Baksekorridoren angir for hvert delavsnitt av sporet den maksimalt mulige bakseverdi til hver side. Verdiene fastsettes etter ulike vurderinger og ved fastsettelse av baksekorridoren er følgende forhold særlig viktige å ta hensyn til:

- dobbeltsporet strekning
- innskrenkninger i minste tverrsnitt
- smale fyllinger
- kontaktledningen
- faste bruer og brukar
- sporveksler
- plattformer
- planoverganger

På steder hvor faste gjenstander danner innskrenkninger i eller har liten klaring til minste tverrsnitt, bestemmes baksekorridorens størrelse på grunnlag av utførte profilmålinger eller egne målinger foretatt med mal, landmåling eller liknende. Referansepunkter i forbindelse med profilmålinger skal kontrolleres dersom det er usikkerhet om sporets beliggenhet i forhold til dem.

2.3.5 Beregning

Utarbeidelse av ny teoretisk beliggenhet vil ofte innebære en forskyvning/justering av eksisterende spor for å oppnå en gunstigere trasé. Med dette menes i alminnelighet en trasé med færre kurver, lengre overgangskurver og jevnere krumningsforløp gjennom kurvene.

Sporets nye teoretiske beliggenhet, dvs. nye karakteristiske trasépunkter og traségeometri, beregnes på grunnlag av målte verdier i eksisterende spor. I tillegg beregnes avviket mellom nåværende beliggenhet og ny beliggenhet i form av justeringsverdier. Under arbeidet skal det tas hensyn til den fastsatte baksekorridoren.

Nye VUL-data beregnes ved å korrigere målte VUL-data med justeringsverdiene. De nye VUL-data definerer sporets nye teoretiske beliggenhet.

2.4 Sporets faktiske beliggenhet

2.4.1 Sporjustering og nøytralisering

Etter beregning av ny teoretisk beliggenhet skal sporet justeres etter denne. Umiddelbart før justeringen skal alle karakteristiske trasépunktets type og beliggenhet merkes i hht. den nye teoretiske beliggenheten. Dette skal gjøres både på selve skinnen (høyre skinne) og med sikrings-/orienteringsmerke til side for sporet. Evt. gammel merking skal fjernes.

Avvikene mellom målte VUL-data (faktisk beliggenhet) og beregnede VUL-data (teoretisk beliggenhet) skal være innenfor kravene til nyjustert sporsa beliggenhet i kap. 13 [JD 532].

Når sporet er ferdig justert skal det nøytraliseres i hht. kap. 6 [JD 531].

2.4.2 Registrering av sporets beliggenhet

Det nøytraliserte sporets nye faktiske beliggenhet skal snarest måles inn fra VUL-merkene. Sporets faktiske beliggenhet i forhold til teoretisk beliggenhet skal dokumenteres.

De karakteristiske trasépunktene bør også koordinatbestemme med overbestemmelse, helst med innmåling fra minst to forskjellige fastmerker i det geodetiske fastmerkenettet. Som referanse for koordinatene skal det benyttes spormid i grunnriss og laveste skinnestreng i høyde. Krav til geodetisk kvalitet (maksimal deformasjon) for endelige koordinater i forhold til det geodetiske fastmerkenettet er lik kravene for VUL-merkene, beskrevet i kap. 13 [JD530].

2.5 Rapportering

Etter at sporets nye beliggenhet er etablert, skal opplysninger om teoretisk og faktisk beliggenhet arkiveres på både sentralt og lokalt nivå.

2.5.1 Sentralt nivå

Det skal rapporteres et utvalg av VUL-/traséinformasjonen til Banedatabanken. Informasjonen skal omfatte data om VUL-merkene, karakteristiske trasépunkter og tilhørende sporgeometri:

VUL-merker

For hvert VUL-merke rapporteres

- baneidentitet
- nummer
- kilometer
- koordinater (nord, øst, høyde)
- teoretiske VUL-data (horisontal og evt. vertikal avstand fra VUL-merke til spor)

Trasépunkter

For hvert karakteristiske trasépunkt rapporteres

- baneidentitet
- type trasépunkt (OB, OE, FOB, KP, FKP, SE, HBP, LBP, RB, RE)
- kilometer
- evt. koordinater (nord, øst, høyde)

Sporgeometri

For traségeometrien rapporteres

- radier
- lengder på overgangskurver
- overhøyder

2.5.2 Lokalt nivå

På lokalt nivå arkiveres mer utfyllende informasjon:

- observasjonsdata til grunn for beregning av ny teoretisk beliggenhet
- nøytralisert spors faktiske beliggenhet
- kart og riss

rapporter over øvrige VUL-arbeider

3 GEODETISK VARIG UTFESTING AV LINJEN

3.1 Generelt

Geodetisk varig utfesting av linjen (GVUL) har som formål å definere og etablere sporets beliggenhet i et ytre referansesystem. Metoden baseres på at sporets teoretiske beliggenhet defineres som en matematisk linjeberegning, koordinatfestet i et geodetisk fastmerkenetts referansesystem.

GVUL skal resultere i koordinatbestemt informasjon i grunnriss og høyde om sporets karakteristiske trasépunkter (OB, OE, FOB, KP, FKP, HBP, LBP, SE). Kombinert med tilhørende geometriparametre (radier, lengde på overgangskurver, overhøyder) danner denne informasjonen basis for kontroll og vedlikehold av sporets geometri. GVUL/trasé-informasjonen skal forvaltes sentralt gjennom Banedatabanken og gjennom lokale registre.

Følgende operasjoner inngår i GVUL for et strekningsavsnitt:

- Etablering av geodetisk fastmerkenett
- Registrering av sporets nåværende beliggenhet (gjelder oftest eksisterende baner)
- Beregning/prosjektering av sporets nye beliggenhet (teoretisk)
- Etablering av sporets nye beliggenhet (faktisk)
- Rapportering av GVUL-/traséinformasjon til Banedatabanken og lokalt register

3.2 Sporets teoretiske beliggenhet

3.2.1 Nye baner/linjeomlegginger

På nye baner, samt ved større linjeomlegginger, prosjekteres, utstikkes og justeres sporets beliggenhet på grunnlag av en linjeberegning. Linjeberegningen gir koordinatbasert informasjon om karakteristiske trasépunkter i tillegg til sporgeometrisk informasjon. Disse opplysningene skal adopteres som sporets teoretiske beliggenhet.

I noen tilfeller vil prosjekteringsgrunnlaget (bakgrunnskartet etc.) ikke ha tilstrekkelig kvalitet i forhold til det geodetiske fastmerkenettet eller de videre prosesser som skal gjøre bruk av GVUL-informasjonen. Videre kan stikningsarbeidene være basert på et fastmerkenett av dårligere kvalitet enn det geodetiske fastmerkenettets sikringspunkter. Ved slike tilfeller skal linjeberegningen og utstikningsarbeidene verifiseres på basis av målinger fra/til det geodetiske fastmerkenettet.

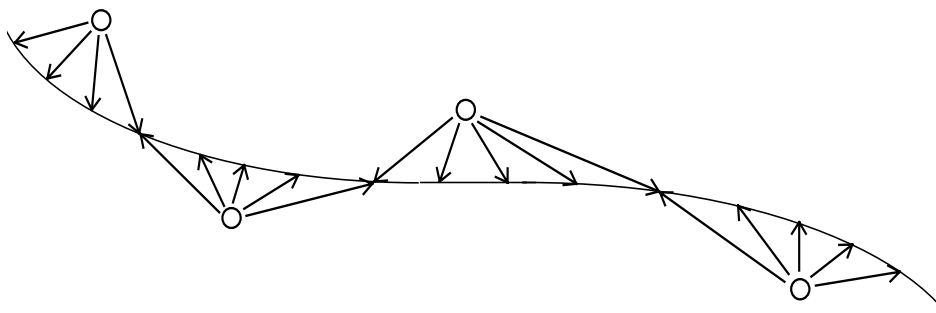
Dersom linjeberegningen og/eller stikningsarbeidene ikke gir tilstrekkelig kvalitet i linjeføringen, skal det utarbeides ny linjeberegning med utgangspunkt i ny innmåling av spor. Innmålingen skal gjøres med utgangspunkt i det endelige geodetiske fastmerkenettet langs banen som beskrevet i avsnitt 3.3.2.

3.2.2 Eksisterende baner

Ved etablering av sporets teoretiske beliggenhet der denne i utgangspunktet er ukjent (eller ikke kjent med tilstrekkelig sikkerhet), er det ofte hensiktsmessig å korrigere sporet i forbindelse med GVUL. For å etablere GVUL utføres registrering/innmåling av sporets nåværende beliggenhet. Dette skal igjen danne grunnlag for beregning av sporets nye teoretiske beliggenhet.

3.2.2.1 Registrering av nåværende beliggenhet

Sporet skal måles inn med polar innmåling med utgangspunkt i et geodetisk fastmerkenett. Alle karakteristiske trasépunkter, stokkskinneskjøter, bakkant hovedspor/avvik skal måles inn. I tillegg skal sporet måles inn for hver 10. meter. I krappe kurver og ved komplisert kurvatur bør sporet måles inn med noe kortere intervall.



Figur 13.4 Innmåling av spor

Ved innmålingen skal enten begge skinnestrenger måles eller så skal det benyttes metode/utstyr som gjør det mulig å registrere spormidt i grunnriss, laveste skinnestreng i høyde samt overhøyde. Geodetiske krav til registreringen er gitt i tabell 13.3. (Se for øvrig avsnitt 4.4.2 om geodetisk kvalitet)

Tabell 13.3 Krav til geodetisk kvalitet ved innmåling av spor

Kvalitetsklasse	p (ppm)	k (mm)
K0	0	3
K1-K5	0	5

I tillegg til sporet skal det også måles inn detaljer som kan komme i konflikt med minste tverrsnitt ved mindre sporjusteringer, f.eks. plattformkant, master, fjellskjæringer, tvangspunkter og tvangsnivåer mm. Eventuelle profilmålinger kan også være av interesse.

3.2.2.2 Beregning av ny teoretisk beliggenhet

Ved hjelp av innmålte spor- og detaljpunkter utarbeides en linjeberegning for sporets nye beliggenhet. Utarbeidelse av ny teoretisk beliggenhet vil ofte innebære en forskyvning/justering av eksisterende spor for å oppnå en gunstigere trasé. Med dette menes i alminnelighet en trasé med færre kurver, lengre overgangskurver og jevnere krumningsforløp gjennom kurvene.

Det bør etterstrebes minst mulig justering av sporets beliggenhet samt at sporet bør få en enklest mulig kurvatur. Det må også tas hensyn til eksisterende overhøyde i kurvene samt evt. tvangspunkter/-nivåer i linjeføringen.

3.3 Sporets faktiske beliggenhet

3.3.1 Sporjustering og nøytralisering

Etter beregning av ny teoretiske beliggenhet skal sporet justeres etter denne. Umiddelbart før sporjusteringen skal alle karakteristiske trasépunktets type og beliggenhet merkes iht. den nye

teoretiske beliggenheten. Dette skal gjøres både på selve skinnen (høyre skinne) og med sikrings/orienteringsmarkering til side for sporet (høyre side). Evt. gammel merking skal fjernes.

Avvikene mellom teoretisk og faktisk beliggenhetene skal være innenfor kravene til nyjustert spors beliggenhet i kap. 13 [JD 532].

Når sporet er ferdig justert skal det nøytraliseres i hht. kap. 6 [JD 531].

3.3.2 Registrering av sporets beliggenhet

Det ferdig nøytralisererte sporets faktiske beliggenhet måles inn for hver 20. meter fra et geodetisk fastmerkenett. Sporets faktiske beliggenhet i forhold til teoretisk beliggenhet skal dokumenteres.

3.4 Rapportering

Etter at sporets nye beliggenhet er etablert, skal opplysninger om teoretisk og faktisk beliggenhet arkiveres på både sentralt og lokalt nivå.

3.4.1 Sentralt nivå

Det skal rapporteres et utvalg av GVUL-/traséinformasjon til Banedatabanken. Informasjonen skal omfatte data om karakteristiske trasépunkter samt tilhørende sporgeometri:

Trasépunkter

For hvert karakteristisk trasépunkt i traséen rapporteres

- baneidentitet
- type trasépunkt (OB, OE, FOB, KP, FKP, SE, HBP, LBP, RB, RE)
- kilometer
- koordinater (nord, øst, høyde)

Sporgeometri

For traségeometrien rapporteres

- radier
- lengder på overgangskurver
- overhøyder

3.4.2 Lokalt nivå

På lokalt nivå arkiveres mer utfyllende informasjon:

- observasjonsdata til grunn for beregning av ny teoretisk beliggenhet
- nøytralisert spors faktiske beliggenhet
- kart og riss

rapporter over øvrige GVUL-arbeider

4 GEODETISK FASTMERKENETT

4.1 Generelt

Det geodetiske fastmerkenettet er et selvstendig teknisk anlegg som skal tjene som felles og uavhengig referanse ved bygging og vedlikehold av ulike banetekniske anlegg.

Fastmerkenettet består av fastmerker delt inn i tre kategorier:

- sikringspunkt
- nivellements punkt
- brukspunkt

Sikringspunktene er hovednett i grunnriss og skal knytte fastmerkenettet til nasjonalt geodetisk grunnlag i grunnriss og danne grunnlag for brukspunktene (grunnriss og høyde).

Nivellements punktene er hovednett i høyde og skal knytte fastmerkenettet til nasjonalt geodetisk grunnlag i høyde samt sikre høydeoverføring til sikringspunktene.

Brukspunktene er de fastmerkene som i første rekke blir benyttet ved landmålingsarbeidene og skal knyttes til sikringspunktene.

Fastmerkene deles inn i fire klasser:

- A Sikrings- og nivellements punkt
- B1 Brukspunkt - høy kvalitet
- B2 Brukspunkt - middels kvalitet
- B3 Brukspunkt - lav kvalitet

Et komplett fastmerkenett består av fastmerker i klasse A samt én av B-klassene (B1-B3). Hvilken av de tre B-klassene som velges er avhengig av ønsket nøyaktighet og pålitelighet. Som regel vil krav til utfesting av linjen/sporjustering være dimensjonerende. Tabell 13.4 viser valg av kvalitetsklasse ved de ulike utfestingsmetodene. Ved bruk av GVUL skiller det mellom K0-strekninger og øvrige strekninger.

Tabell 13.4 Valg av kvalitetsklasse

Kvalitets- Klasse	Utfestingsmetode		
	GVUL (K0)	GVUL (K1-K5)	VUL
A + B1	x		
A + B2		x	
A + B3			x

4.2 Tidspunkt for etablering av fastmerkenett på nyanlegg

Fastmerkenettets sikrings- og nivellements punkter skal benyttes som grunnlag for stikningsarbeider på nyanlegg. Fastmerkene etableres (dvs. oppføres, koordinatbestemmes og dokumenteres) derfor så tidlig i byggefasen som mulig. Brukspunktene etableres senest i siste del av byggefasen (ved sluttjustering av sporet) før anlegget settes i drift.

4.3 Fysiske krav

4.3.1 Fastmerkernes utforming og merking

4.3.1.1 4.3.1.1 Sikrings- og brukspunkt

Fastmerkene skal utformes og plasseres slik at observatør enkelt kan sentrere måleinstrumentet i forhold til fastmerket og deretter utøve aktuelle observasjoner effektivt. Tabell 13.5 viser utforming og fundamentering av fastmerkene.

Tabell 13.5 *Utforming og fundamentering av sikrings- og brukspunktene*

Kvalitets-klasse	Fjell/Betong	Løsmasse	Tunnel	Bru
A + B1	Søyle	Søyle (telesikker)	Søyle/tunnelmerke	Søyle/lokal tilpassing
A + B2	Bolt	Bolt i telesikkert fundament	Bolt/hylsemerke	Bolt/lokal tilpassing
A + B3	Bolt	Bolt i telesikkert fundament	Bolt/hylsemerke	Bolt/lokal tilpassing

Fastmerkene skal være fundamentert til et så stabilt underlag som mulig. Sikringspunktene skal fortrinnsvis fundamenteres til fast fjell. På bruer tilstrebes en fundamentering og utforming av fastmerkene som er hensiktsmessig i forhold til bruas utforming. Tunnelmerke skal ha avviserbøyler merket med refleks. Eksempler på utforming og fundamentering av fastmerker er vist i vedlegg 13.b.

På søyler og tunnel-/hylsemerker skal det etableres en instrumentplate. I senter av platen skal det være en 5/8" UNC-skrue, der senter av skruen er grunnrissreferansen. Høydereferansen skal være en kul i ytterkanten av instrumentplaten, slik at entydig høyde sikres. På hylsemerker kan imidlertid kula sløyfes pga. liten plass på instrumentplaten.

Ved bruk av bolt er det boltens sentrum (markert med kors eller tilsvarende i boltens topp) som er grunnrissreferansen, mens høydereferansen er topp bolt.

4.3.1.2 4.3.1.2 Nivellements punkt

Nivellementsspunktene skal alltid være stabilt fundamentert, fortrinnsvis i fast fjell. Fundamentering i løsmasse skal bare forekomme dersom fast fjell ikke er tilgjengelig.

Fastmerkene skal plasseres slik at observatør enkelt kan benytte nivellementutstyr og utøve aktuelle observasjoner effektivt.

Fastmerket etableres med særskilt bolt der høydereferansen er topp bolt.

4.3.1.34.3.1.3 Nummerering og merking

Nummereringen av fastmerker skal utføres i hht. Statens kartverks standard "Fastmerke-nummerering og fastmerkeregister". Hvert fastmerke tildeles et fastmerkenummer med 11 tegn som fordeles slik:

4 siffer	kommunennummer
1 bokstav	institusjon
1 bokstav	punkttype
4 siffer	nummer
1 siffer(/bokstav)	indikator

Kommunennummer:

Det skal benyttes offisielt kommunenummer for den kommunen fastmerket ligger i.

Institusjon:

Følgende bokstav skal benyttes:

B: Jernbaneverket (bane)

Punkttype:

Følgende bokstaver skal benyttes:

N: Nivellements punkt

P: Brukspunkt (polygonpunkt), for nr. 0001-9999

T: Sikringspunkt (trekantpunkt)

Nummer:

Følgende nummerserie skal benyttes:

0001-9999 (for nummer lavere enn 1000 skal venstrestilte nuller registreres)

Indikator:

Følgende siffer skal benyttes:

0: Sentrumsfastmerket

I spesielle tilfeller kan også bokstavene a-z (A-Z) benyttes

Eks: 0211BT02540	Vestby kommune, sikringspunkt (trekantpunkt) etablert av JBV, nummer 245, sentrumsmerke
0605BP23710	Ringerike kommune, brukspunkt (polygonpunkt) etablert av JBV, nummer 2371, sentrumsmerke
1804BN78460	Bodø kommune, nivellements punkt etablert av JBV, nummer 7846, sentrumsmerke

Fastmerkenummeret skal være angitt på fastmerket, på metallskive eller på annen varig måte, slik at observatør på stedet kan forvise seg om identiteten til fastmerket. Eksisterende fastmerker (også de som ble etablert av infrastrukturen i tidl. NSB) bør omnummereres og tilpasses de samme reglene.

Sikrings- og nivellementfastmerker som etableres i umiddelbar nærhet av hverandre (ca 10 m) bør få sammenfallende numre.

4.3.2 Fastmerkernes tetthet og plassering

Generelt skal fastmerkenettet ha tilstrekkelig antall fastmerker langs og omkring linjen for å dekke ulike behov for fastmerker over tid. Fastmerkene skal ha en tetthet og plassering som i første rekke er tjenlig for de som etablerer, kontrollerer og vedlikeholder sporets trasé. Samtidig skal fastmerkene være til minst mulig sjenanse og plasseres slik at de ikke forringes under bygge- og vedlikeholdsarbeider. Tabell 13.6 viser anbefalt tetthet og plassering av fastmerkene.

Tabell 13.6 Anbefalt tetthet og plassering av fastmerker

Kvalitets-klasse	Sikringspunkt		Nivellements punkt		Brukspunkt	
	Avstand fra spor	Gjensidig avstand	Avstand fra spor	Gjensidig avstand	Avstand fra spor	Gjensidig avstand
A + B1	4 - 100 m	400 - 600 m	4-100 m	400-600 m	4 - 50 m	75 - 125 m
A + B2	4 - 100 m	800 - 1200 m	4-100 m	400-600 m	4 - 50 m	100 - 200 m
A + B3	4 - 100 m	1500 - 2000 m	4-100 m	400-600 m	4 - 50 m	150 - 250 m

Den gjensidige avstanden mellom fastmerker av samme kategori skal være mest mulig jevn for å oppnå homogen geodetisk kvalitet i fastmerkenettet.

Sikringspunktene skal plasseres slik at det kan utføres satellittobservasjoner for tilknytning til nasjonalt, geodetisk grunnlag.

Nivellements punktene skal plasseres slik at de er lett tilgjengelig med presisjonsnivellementutstyr. På strekninger der det er planlagt/etablert sikringspunkter, bør nye nivelleringspunkter etableres i nærhet av disse.

Brukspunktene bør plasseres annen hver gang på høyre og venstre side av sporet. I krappe kurver bør de imidlertid plasseres på yttersiden. Videre skal brukspunktene gis en plassering som minimum sikrer gjensidig sikt til foregående og etterfølgende fastmerke. Det bør ikke være mer enn 10 brukspunkter mellom to etterfølgende sikringspunkter.

Fastmerkene bør plasseres på jernbanens grunn.

Ved plassering av fastmerker skal det tas hensyn til at målepersonell og måleutstyr ikke kommer nærmere kjøreledningen enn tillatt i gjeldene regler for el-sikkerhet [Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av høyspenningsanlegg med veiledning].

Fastmerkenettet kan gis en annen utforming enn det som er beskrevet over, f.eks. i lange tunneler. Likevel skal det sikres at de geodetiske kvalitetskravene i avsn. 4.4.2 tilfredsstilles. Dette bør gjøres ved geodetiske simuleringer.

4.4 Geodetiske krav

4.4.1 Geodetisk referanse

4.4.1.1 Horisontalt datum og kartprojeksjon

Følgende kombinasjon av datum og kartprojeksjon skal benyttes:

- EUREF89/UTM

Lokale systemer skal ikke benyttes.

4.4.1.2 Vertikalt datum/høydesystem

Følgende vertikale datum/høydesystem skal benyttes:

NN 1954 (Normalnull 1954)

Lokale systemer skal ikke benyttes.

4.4.2 Geodetisk kvalitet

4.4.2.1 Grunnriss

Som mål for geodetisk kvalitet i grunnriss brukes *vinkelfeil* og *målestokkdifferanser* mellom tre fastmerker, nærmere definert under:

- Sikringspunkt:
aktuelt sikringspunkt (interessepunkt) og to fastmerker (sikringspunkt el. Stamnett-/Landsnettpunkt)
- Brukspunkt (både a og b):
a) aktuelt brukspunkt (interessepunkt) og foregående + etterfølgende brukspunkt
b) aktuelt brukspunkt (interessepunkt) og foregående + etterfølgende sikringspunkt

To feilkilder er tatt i betraktning:

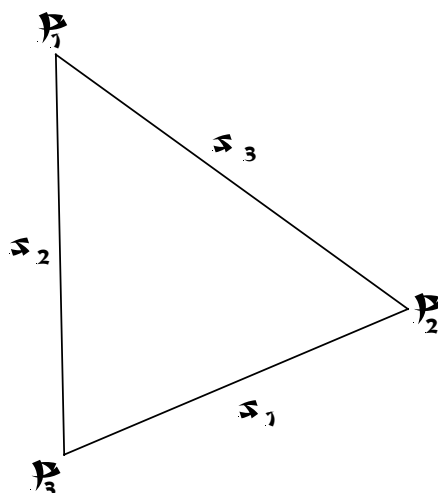
k - punktrelatert feil (sentreringsfeil mm)

p - avstandsrelatert feil (konstant for alle vinkler og målestokkdifferanser)

For to linjer s_1 og s_2 mellom et punkt (P_3), også kalt interessepunkt, og to andre punkter (P_1 og P_2) med innbyrdes avstand s_3 , blir grenseverdien Δ for vinkelfeil og målestokkdifferanse i P_3 beregnet etter følgende formel:

$$\Delta = \sqrt{p^2 + \frac{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2}{s_1^2 \cdot s_2^2} \cdot k^2} \quad (13.1)$$

der Δ = grenseverdi i ppm
 k = punktrelatert feil i mm
 p = avstandsrelatert feil i ppm
 s_1, s_2, s_3 = sidelengder i km



Figur 13.5 Punktkonfigurasjon for beregning av geodetisk kvalitet

Verdiene for k og p velges ut fra kravet som stilles til nettet, gitt i tabell 13.7.

Tabell 13.7 Krav til geodetisk kvalitet i grunnriss

Kvalitets- klasse	Geodetisk kvalitet i grunnriss	
	p (ppm)	k (mm)
A	10	10
B1	0	5
B2	0	10
B3	0	15

Nivellements punkter kvalitetstestes ikke i grunnriss.

Kravene gjelder også om det ikke er målt mellom punktene. Grenseverdien vil variere fra interessepunkt til interessepunkt og mellom ulike par av sider. Kravene gjelder øvre grense/toleranse for feil ved feilslutningssannsynlighet lik 0.05, jf. tabell 13.7.

4.4.2.2 Høyde

Som mål for geodetisk kvalitet i høyde brukes *feil i høydeforskjell* mellom to fastmerker, nærmere definert under:

- Sikrings- / nivellements punkt:
aktuelt sikrings- / nivellements punkt (interessepunkt) og ett fastmerke (sikringspunkt el. Stamnett-/Landsnett punkt)
- Brukspunkt (både a og b):
a) aktuelt brukspunkt (interessepunkt) og foregående eller etterfølgende brukspunkt
b) aktuelt brukspunkt (interessepunkt) og foregående eller etterfølgende sikringspunkt

To feilkilder tatt i betraktning:

k - punktrelatert feil (feil i instrument/antennehøyde mm)

p - avstandsrelatert feil (multipliseres med skråavstander mellom punktene)

For en skrålinje l mellom to punkt (P_1 og P_2) blir grenseverdien Δ for feil i høydeforskjell mellom punktene beregnet etter følgende formel:

$$\Delta = \sqrt{p^2 + \frac{2k^2}{l^2}} \quad (13.2)$$

der Δ = grenseverdi i ppm
 k = punktrelatert feil i mm
 p = avstandsrelatert feil i ppm
 l = skråmålt avstand i km

Verdiene for k og p velges ut fra kravet til nettet, gitt i tabell 13.8.

Tabell 13.8 *Krav til geodetisk kvalitet i høyde*

Kvalitets- klasse	Geodetisk kvalitet i høyde	
	p (ppm)	k (mm)
A	5	5
B1	0	3
B2	0	5
B3	0	10

Kravene gjelder også om det ikke er målt mellom punktene eller målt via omveier, for eksempel ved nivellement. Grenseverdien vil variere fra punktpar til punktpar. Kravene gjelder øvre grense/toleranse for feil ved feilslutningssannsynlighet lik 0.05, jf. tabell 13.8.

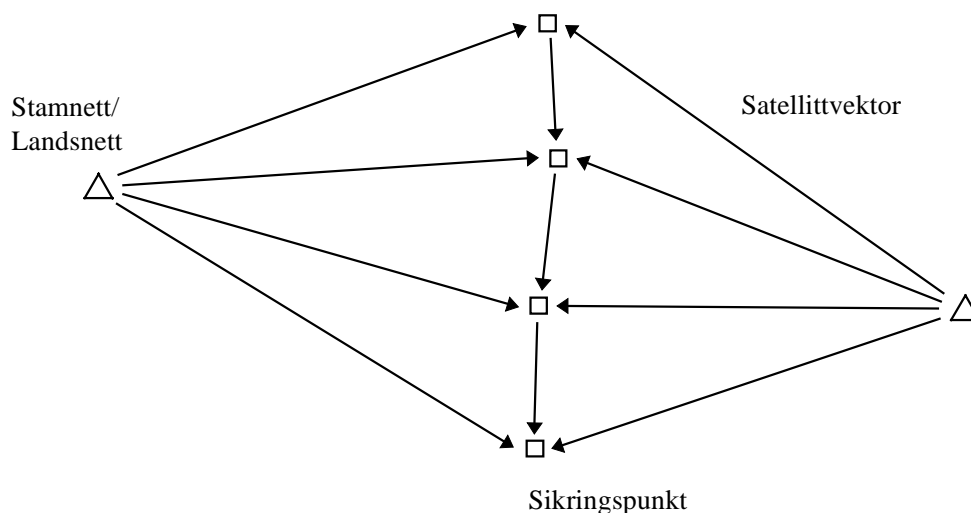
4.4.3 Målinger

4.4.3.1 Sikringspunkt

Sikringspunktene skal koordinatbestemmes i grunnriss med satellittobservasjoner (GPS, GLONASS eller tilsvarende) og i høyde med presisjonsnivellement.

I grunnriss skal hvert sikringspunkt knyttes direkte til minimum to fastmerker i nasjonalt geodetisk grunnlag. Tilknytningen skal gjøres til Stamnett/Landsnett. Dersom spesielle praktiske forhold tilsier det, kan gammelt nasjonalt geodetisk horisontalt grunnlag (1.-4. orden) benyttes. Videre skal hvert sikringspunkt knyttes direkte til foregående og etterfølgende sikringspunkt. Denne målekonfigurasjonen er illustrert i figur 13.6.

Andre målekonfigurasjoner kan benyttes, men målingene skal gjennomføres i tråd med det som er nødvendig for å tilfredsstille kvalitetskravene i avsnitt 4.4.2. I noen tilfeller medfører dette at det må måles utover ovennevnte målekonfigurasjon.



Figur 13.6 Målekonfigurasjon for sikringspunkter (grunnriss)

I høyde skal hvert sikringspunkt knyttes til minimum to fastmerker i nasjonalt geodetisk grunnlag og/eller Jernbaneverkets egne nivellements punkter.

4.4.3.2 Nivellements punkter

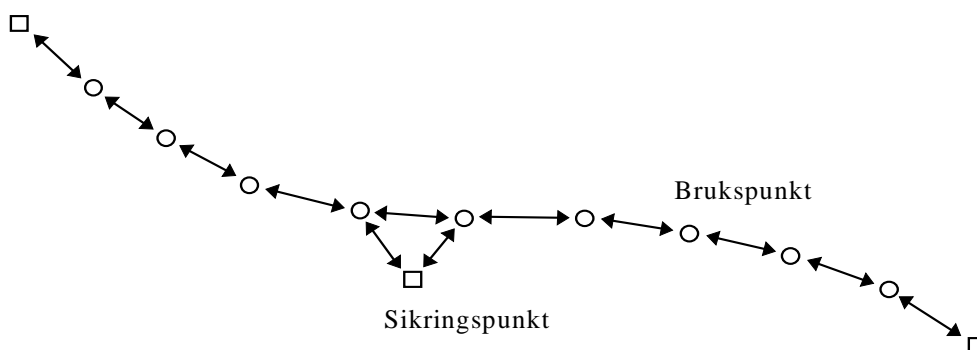
Nivellements punkter skal koordinatbestemmes i høyde med uavhengig dobbelmålt presisjonsnivellement. Som grunnlag benyttes Statens kartverks nivellements punkter, evt. Jernbaneverkets egne nivellements punkter.

Nivellements punkter bør også koordinatbestemmes i grunnriss, f.eks ved polar innmåling fra sikrings- eller brukspunkter.

4.4.3.3 Brukspunkt

Brukspunktene skal koordinatbestemmes i både grunnriss og høyde med utgangspunkt i sikringspunktene. Målingene bør utføres som uavhengig dobbelmålt polygondrag.

Andre målemetoder kan benyttes, men de geodetiske kvalitetskravene gitt i avsn. 4.4.2 skal tilfredsstilles. Geodetiske simuleringer vil ofte være nødvendig for å klarlegge nødvendig måleomfang. I lange tunneler uten tilknytning til sikringspunkter vil fagverksmålinger være aktuelt.



Figur 13.7 Målekonfigurasjon for brukspunkter

4.4.4 Beregninger

Beregning starter med sikrings- og nivellementspunktene. Brukspunktene beregnes med utgangspunkt i sikringspunktene.

Feilsøking i observasjonsmaterialet skal utføres. Kassering av målinger tillates bare etter fri utjamning og suksessivt etter statistisk test. Kassering etter største utjammingskorreksjon er ikke akseptabel metode.

Test av grunnlaget skal utføres hvis det ikke er av overlegen kvalitet eller testet tidligere. Vanlig måte er å sammenligne feilkvadratsummen fra fri og tvungen utjamning. Er det få eller ingen overbestemmelser ved fri utjamning kan det testes mot antatt standardavvik, forutsatt at denne er godt kjent og kan dokumenteres. Slår testen ut må grunnlagspunkter forsøksvis fristilles, evt. tilleggsukjente innføres, inntil testen passerer. Gamle koordinatverdier skal likevel beholdes med mindre endringene innebærer en signifikant forbedring. Tilleggsukjente skal kun innføres hvis disse er signifikante.

Analyse av fastmerkenettets geodetiske kvalitet skal utføres. Nøyaktighetsangivelse ved punktmiddelfeil o.l. er ikke tilstrekkelig. Kvalitetsanalysen må ta hensyn til at målingene kan inneholde grove feil av varierende størrelse avhengig av hvor godt målingene kontrollerer hverandre i nettet. Mulig deformasjon som følge av skjulte feil beregnes, sammenholdes med kravene i avsnitt 4.4.2 og dokumenteres.

Til slutt kan endelig beregning av koordinater og evt. tilleggsukjente foretas.

4.5 Dokumentasjon

Det skal gjøres rede for utførte arbeider med fastmerkenettet, fra planlegging til ferdige beregninger. Dokumentasjonen skal utformes slik at bruker og forvalter av fastmerkenettet enkelt kan se om, og i hvilken grad bestemmelsene er oppfylt.

Observasjonsprotokoll skal være på lister og elektronisk form. Fra analyse- og beregningsarbeidene skal det dokumenteres resultater av feilsøking i observasjoner og grunnlag. Videre skal nettets geodetiske kvalitet fremgå, som kan sammenholdes med kravene som er satt, samt beregnede koordinater og evt. tilleggsukjente. Endelige koordinater skal foreligge på lister og elektronisk form.

4.6 Rapportering

Etter at fastmerkenettet er ferdig etablert, skal opplysninger om dette arkiveres på både sentralt og lokalt nivå.

4.6.1 Sentralt nivå

Det skal rapporteres et utvalg av fastmerkedataene til Banedatabanken.

4.6.2 Lokalt nivå

På lokalt nivå skal det arkiveres mer utfyllende informasjon, bl.a.:

- observasjonsdata
- utlisting av analyse-/beregningsarbeidene
- kart/riss