

# 30 TONN på Ofotbanen



Rapport 4.6

## DRIFT OG VEDLIKEHOLD

**Overbygning**  
**Teknisk og økonomisk analyse av**  
**nåværende situasjon**



Jernbaneverket

Jernbaneverket  
Biblioteket

desember 1996

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>III</b>
<b>1. INNLEDNING.....</b>	<b>1</b>
1.1 Hensikt.....	1
1.2 Arbeidsmetode og avgrensninger.....	1
1.3 Tidligere arbeide .....	2
<b>2. BANEDATA OG TRAFIKKBELASTNING .....</b>	<b>3</b>
<b>3. VURDERING AV DE ENKELTE VEDLIKEHOLDSTILTAK .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Skinneskifte.....</b>	<b>4</b>
3.1.1 Årsaker.....	4
3.1.2 Sted for skinneskifting .....	7
3.1.3 Kriterier for skinneskifte .....	7
3.1.4 Levetid .....	7
3.1.5 Kostnader.....	8
<b>3.2 Skifte av isolerte skinneskjøter .....</b>	<b>9</b>
3.2.1 Årsaker.....	9
3.2.2 Kriterier for skifting .....	9
3.2.3 Levetid .....	9
3.2.4 Kostnader.....	9
3.2.5 Utvikling av nye isolerte skinneskjøter.....	9
<b>3.3 Smøring av skinner .....</b>	<b>10</b>
3.3.1 Plassering av skinnesmøreapparater .....	10
3.3.2 Forlenget levetid på skinner p.g.a. smøring .....	11
3.3.3 Kostnader.....	11
<b>3.4 Skinnesliping .....</b>	<b>11</b>
3.4.1 Årsaker til skinnesliping.....	11
3.4.2 Kriterier for sliping .....	12
3.4.3 Skinneslipingens omfang, - tidspunkt og frekvens .....	12
3.4.4 Kostnader.....	13
<b>3.5 Påleggsveising.....</b>	<b>13</b>
3.5.1 Årsaker til påleggsveising.....	14
3.5.2 Kriterier for påleggsveising.....	14
3.5.3 Kostnader.....	14
<b>3.6 Svilleregulering .....</b>	<b>14</b>
3.6.1 Årsaker til svilleregulering .....	15
3.6.2 Kriterier for utskifting av sviller.....	15

3.6.3 Svillers levetid .....	15
3.6.4 Svilleregulering.....	15
3.6.5 Kostnader.....	16
<b>3.7 Skinnebefestigelse / skinnevandring.....</b>	<b>16</b>
3.7.1 Årsaker til skinnevandring .....	16
3.7.2 Kostnader.....	17
<b>3.8 Ballastrensing.....</b>	<b>17</b>
3.8.1 Årsak til ballastrensing .....	17
3.8.2 Inngrepskriterier for ballastrensing .....	17
3.8.3 Mengde, tidspunkt og frekvens for ballastrensing .....	18
3.8.4 Bruk av ballastfordeler.....	18
3.8.5 Kostnader.....	19
<b>3.9 Sporvekselvedlikehold.....</b>	<b>19</b>
3.9.1 Årsaker til sporvekselvedlikehold .....	20
3.9.2 Tidspunkt og frekvens for vedlikeholdstiltak .....	21
3.9.3 Levetid .....	21
3.9.4 Kostnader.....	21
<b>3.10 Sporjustering .....</b>	<b>21</b>
3.10.1 Justeringsbehov .....	22
<b>4. DRIFTS- OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER.....</b>	<b>23</b>
<b>5. KONKLUSJONER.....</b>	<b>25</b>
<b>6. APPENDIKS.....</b>	<b>26</b>

## SAMMENDRAG

Studiet av vedlikeholdet på Ofotbanen omfatter perioden fra 1965 når 25 tonns aksellast ble innført. De fleste opplysningen er allikevel hentet fra tiden etter 1980. Økonomiske data er kun hentet fra de 2 siste årene.

Skinner, befestigelse og sporvekslene er de overbygningskomponentene som fører til og krever mest vedlikeholdsarbeider. 80 - 90% av skinnene skiftes p.g.a. slitasje, og det er særlig ytterstreng i kurver. 80% av Ofotbanen består av kurver. Gjennomsnittelig levetid for skinnene er 7 år, mens i en del kurver med  $R = 300$  m er den nede i 3 år. Utmatting av skinner og andre skinnefeil er et lite problem i forhold til skinneslitasje.

En hypotese er at boggikonstruksjoner med bedre løpeegenskaper og en optimalisering av skinnesmøringen, vil kunne forlenge skinnenes levetid.

Svak skinnebefestigelse fører til skinnevandring og forskyvning av sviller (skjev-kubb).

I sporvekslene er det særlig skinnekrysset og tungepartiet som slites. Hjul med doble flenser er et problem her.

Ballastprofilen tilfredstiller ikke retningslinjene på enkelte partier, og behovet for rensing er stort.

De totale drifts- og vedlikeholdsutgiftene for overbygningskomponentene skinner, sviller, ballast og sporveksler pr. år er på rundt 15 mill.kr. og av disse går 45 - 55% til skinner. Den nest største utgiftsposten er ballast (15 - 25%), tett fulgt av sporveksler (14 - 15%) og sviller (13 - 15%).

## 1. INNLEDNING

I forbindelse med prosjektet «30 tonns akasellast på Ofofbanen» er det utført en teknisk og økonomisk analyse av nåværende situasjon innenfor delprosjektet «Drift og vedlikehold; Overbygning». Den kartlegger nåværende situasjon på Ofofbanen m.t.p. drifts- og vedlikeholdsarbeider og hvilke kostnader disse medfører.

### 1.1 HENSIKT

Hensikten med analysen av den nåværende situasjonen har vært å finne hva som krever mest vedlikehold og dermed er de største kostnadsbærere innenfor overbygningen.

### 1.2 ARBEIDSMETODE OG AVGRENSNINGER

Vedlikeholdet under årene med 25 tonns aksellast er undersøkt og forsøkt relatert til kostnader og trafikkbelastning. Tillatt aksellast på 25 tonn ble innført ca. 1965 på Ofofbanen. Trafikkmengden blir oppgitt både i antall tonn transportert malm og i millioner brutto tonn (MBT) avhengig av hvilke opplysninger som har vært tilgjengelige. Det er regnet med at den vanligste vogntypen som er nyttet i perioden med 25 tonns aksellast, er dagens vogntype. I Norge finnes det ikke baner som Ofofbanen kan sammenliknes med, når det gjelder trafikkbelastning.

Innhenting av data for analysen er gjort ved å gå systematisk gjennom tidligere arbeidsplaner og regnskap (EPOK), og ved samtaler med ledelsen på banen i Narvik. Det har vært viktig å finne både årsaken til og omfanget av vedlikeholdstiltakene som er utført etter at 25 tonns aksellast ble innført rundt 1965. Den tekniske delen av analysen bygger allikevel hovedsakelig på skriftelige opplysninger fra 1980 og frem til idag. Dette skyldes vanskeligheter med å få tak i eldre data. Erfaringer fra banedriften for årene før 1980 som har kommet frem i samtaler med personalet, er imidlertid innarbeidet i analysen. Særlig har slitasjetyper og slitasjemekanismer på skinner, kriterier for utskifting av overbygningskomponenter og målemetoder blitt lagt vekt på under arbeidet.

De økonomiske opplysningene går bare tilbake til og med 1994 dvs. 2 år. Årsaken til dette er at Ofofbanen lå under Godsdivisjonen frem til 1994, og regnskapstall separat for banedelen er vanskelig å fremskaffe. Fordelingen av drifts- og vedlikeholdskostnadene er forsøkt knyttet opp mot utført vedlikehold. Kostnadsbærere som inngår, er hovedsakelig personalkostnader, materialforbruk, maskinleie og frakt. De indirekte kostnadene som ligger i størrelses orden 10 - 20% av totalkostnadene, er

ikke tatt med. Regnskapstallene som ble funnet i EPOK, er derfor redusert med 15%.

Trafikkforstyrrelser skulle også vært undersøkt for å finne ut om overbygningskomponenter som eventuelt bare bidrar med en liten del av vedlikeholdskostnadene, kanskje fører til store sekundære kostnader f.eks. togforsinkelser og avsporinger. Dette er blitt utelatt p.g.a. tidspress.

Så langt det har vært mulig, har datainnsamlingen omfattet følgende punkt:

- type tiltak
- årsak til tiltak
- fastsetting av hvor på banen tiltaket er satt iverk (kilometer)
- sporgeometrien på stedet (horisontalkurvatur, overhøyde, stigningsforhold)
- kriterier for tiltak
- mengde, tidspunkt og frekvens for tiltak
- kostnader for tiltak
- trafikkbelastning

### 1.3 TIDLIGERE ARBEIDE

I september 1995 utarbeidet Teknisk Avdeling, Region Nord et notat om Ofotbanens nåværende tilstand: «Situasjonsbeskrivelse av overbygningen på dagens bane». Den tekniske og økonomiske analysen henter mye av stoffet fra dette notatet. Der konkluderes det med at man må se nærmere på skinnene m.t.p. slitasje, skinnefestene p.g.a. skinnevandring og sporvekslene før 30 tonns aksellast kan tillates. Disse tre overbygningskomponentene krever i dag store ressurser både av arbeidsinnsats og budsjeterte midler.

## 2. BANEDATA OG TRAFIKKBELASTNING

Ofofbanen strekker seg fra Narvik H til Riksgrensen, - en strekning på 41 km. Avgreningen til LKAB's område i Narvik tar av ved Narvik stasjon (km 3,70). Utenom Narvik har banen fire stasjoner, - Straumsnes (km 13,76), Rombak (km 20,86), Katterat (km 29,73) og Bjørnfjell (km 40,42). Det er 22 tunneler på banen, og høydeforskjellen mellom Narvik H og Riksgrensen er på 522 m. Det er så å si ensidig stigning østover med største stigning på 17 o/oo. 80% av horisontalgeometrien er kurver, hovedsakelig med radier i området 300 - 500m.

Sporet er helsveist og har følgende data:

- Skinner S54
- Stålkvalitet 1200 / 900B
- Sviller Bøk med c/c 520 mm
- Befestigelse Hey-Back / Pandrol
- Ballast Pukk, varierende tykkelse under sville.
- Overhøyde Teoretisk beregnet med  $I = 0$  mm ved 50 km/h
- Sporveksler 1:9 R = 300 m og 1:12 R = 500 m, S49, stålkvalitet 900B, mangan skinnekryss, (1 veksler S54, stålkvalitet 1200), kurveveksler V/V nr. 2 og 4 på Katterat.

Trafikkbelastningen har ligget i området 20 - 25 MBT pr. år i perioden som er vurdert (gjennomsnittelig 23 MBT). Persontrafikken og annen godstransport utgjør forholdsvis liten del av dette. Lastede malmtog kjører med 50 km/h og tomme med 60 km/h.

### 3. VURDERING AV DE ENKELTE VEDLIKEHOLDSTILTAK

I det følgende vil vedlikeholdsoperasjonene som er nevnt under, bli analysert utfra de data som har vært tilgjengelige:

- skinneskifte
- skifte av isolerte skinneskjøter
- skinnesmøring
- skinnesliping
- påleggssveising
- svillebytte
- fornyelse/vedlikehold av skinnebefestigelse
- ballastrensing/-fornyelse og suplering
- sporvekselvedlikehold
- sporjustering

#### 3.1 SKINNESKIFTE

Slitasjen på skinnehodet fra vognhjulene er det som fører til de mest ressurskrevende vedlikeholdstiltakene på Ofotbanens overbygning. 80 - 90% av skinnene skiftes p.g.a. slitasje. De resterende 10 - 20% skyldes overflatefeil, sluresår, skinnebrudd, brudd i sveiser, problem med isolasjonsskjøter og feil som oppdages ved ultralydkontroll. Slitasjegrensene nås så raskt at utmatting av skinnene nesten ikke forekommer. Ulike stålqualiteter har vært forsøkt for å få ned vedlikeholdskostnadene. Nå ligger det hovedsakelig skinner med spesiallegeringer hvor strekkfastheten er 1.200 N/mm<sup>2</sup> (stålqualitet 1.200 naturherdet).

##### 3.1.1 Årsaker

Hovedårsaken til skinnbyttet som foregår, er som nevnt, den store slitasjen som oppstår mellom hjul og skinne. Det er både **topp- og sideslitasje** på skinnehodet, men den sist nevnte er dominerende.

Størrelsen på slitasjen er avhengig av mange faktorer bl.a. friksjons- og krypkreftene som oppstår i kontaktflaten mellom hjul og skinne. Slitasjeomfanget og størrelsen på disse kreftene påvirkes av følgende forhold:

- skinnens stålqualitet
- valsespenninger i skinnen
- skinneprofilet (S54)
- skinnehelningen (1:20)
- smøring av skinner og hjulflens (stasjonær og på lokomotiv)



- sporets kurveradier ( $25\% \leq 300$  m,  $50\% < 500$  m)
- overhøyden (teoretisk manglende overhøyde  $I = 0$  mm)
- stigningsforholdet (ensidig fall fra Riksgrensen og til Narvik på 12 - 17 o/oo)
- boggikonstruksjonen (kun primærfjæring, ingen dempning, stor dreiemotstand i opplagring som fører til dårlige løpeegenskaper, stiv gange, stor flenskontakt hjul/skinne (anløpsvinkel) og høye dynamiske krefter, ikke-radielt innstilte aksler.)
- hjulprofilen (bl.a. utvikling av «slitasjeprofil»)
- forhold skinneprofil/hjulprofil
- bremsearbeidet (bremsesystem som gir opprulling av kjøreflaten, temperaturøkning i hjulet o.l.)
- akseltrykkfordeling
- bruttotonnbelastning
- togets hastighet
- klimaet (nedbør, saltinnhold i luften)

Banverket (BV) mener at malmvognenes boggier genererer store krypkrefter som i kurver forårsaker skjær i kontaktpunktet hjul/skinne, spesielt på ytterstreng. Statistikk etter ultralydkontroller viser at skinnefeil opptrer sent i overgangskurven dvs. nær sirkelkurven og på ytterstreng. Årsaken vurderes å ligge i problem med hjul- og boggistyringen hos togene. Det er vanskelig å korrigere hjulets anløpsvinkel. Dette fører til utmatting av overflaten og slitasje på skinnen. Skjevstilte boggier kan også være med på å forklare redusert levetid for skinner på rettlinjler [BV-rapport, 30 ton Malmabanen, Underhåll, 12.03.96].

Slitasje målinger som er gjennomført på Ofotbanen i perioden 1985 - 1990, viser at slitasjeraten i en kurve med  $R = 300$  m, S54 (stålqualität 1.200), ytterstreng, stigning 13 o/oo ligger i området  $500 - 550 \text{ mm}^2/100$  MBT.

Andre skader på skinnene som kan føre til skinneskifte, er shelling, spalling, head-check sluresår og rifler/bølger.

Shelling, spalling og head-check er utmattingsfeil, og feilutviklingen kan deles inn i tre stadier:

- sprekkdannelse
- sprekkvekst under syklisk belastning
- endelig restbrudd

Utmattingsfeil kan initieres på tre ulike nivå i skinnene:

- på overflaten
- straks under overflaten
- dypere under overflaten

Feil som starter på overflaten eller 10 - 15 mm under overflaten, kalles utmattingsfeil i overflaten. De som begynner enda dypere, er rene indre feil. Avhengig av hvor feilen initieres og i hvilken retning tilveksten skjer innen eventuelt restbrudd eller avskalling inntreffer, gir navn til feilen.

**Shelling** starter inne i skinnhodet rett under kjøreflatten p.g.a. store skjærspenninger som igjen skyldes hjullasten og fører til avskallinger på overflaten. Shell er en liten, nesten horisontal, langsgående sprekke som vanligvis starter ved et mikroslagg ca. 10 mm under kjørekanten på skinnen. Etter en viss sprekkevekst løsner biter fra skinnhodet.

Sammenhengen mellom hjullasten og hjuldiameteren er viktig m.t.p. shelling. Teoretiske beregninger i notatet «30 tonns aksellast på Ofotbanen, Delprosjekt: Drift og vedlikehold; Overbygning - Beregning av skinnespenninger» kap. 6 viser at skinnespenning 900 ikke tåler 25 tonns aksellast uten at hjuldiameteren er på minst 1.190 mm. Hjuldiameteren på dagens malmvogner er 980 mm og vil gi utvalsing i skinnhodet. Dette viser seg også spesielt i sporvekslene hvor det er S49/900-kvalitet. Derimot skulle skinner av 1.200-kvalitet tåle både 25 og 30 tonns aksellast med hjuldiameterer på minimum 670 og h.h.v. 800 mm.

**Spalling** starter på skinneoverflaten p.g.a. spenninger i kontaktflaten mellom hjul og skinne som igjen fører til avskallinger.

**Head-check** er overflate initierte sprekker på skinnhodets kjørekant. De er skråstilte og heller i samme retning som den største trafikkbelastningen går. Head-check kan også innebære at biter løsner fra skinnhodet og er derfor ofte et forvarsel om spalling.

**Sluresår** som skyldes en glidning av skinnematerialet i kontaktflaten mellom hjul og skinne, synes å variere i antall og intensitet alt etter lokomotivtypen som nyttes. El15-lokene ser ut til å være de verste. Dm-lokene som har stangdrift, er betydelig mindre utsatt for sluring.

Enkelte ganger oppstår en lysbue mellom hjul og skinne når lokomotiv med lavere aksellaster slurer. Da får sluremerket mer et preg av å være et brennsår som ofte går dypt i skinnen.

Når flytegrensen i stålet mellom hjul og skinne nås, ligger årsaken først og fremst i den store aksellasten og spenningene som skapes. Disse kan bli forsterket p.g.a. dårlig tilpasning mellom hjul og skinne.

**Rifler og bølger** skyldes bl.a. krepkrefter og er avhengig av rulleradius på hjulet, skinneprofil, stålkvalitet, stigningsforhold (sluresår og bremsing) og underbygningens stivhet.

Nå er skinnebytte p.g.a. de nevnte skadene forholdsvis skjeldent, og rifler er så å si eliminert etter at skinnesliping er kommet igang mer regelmessig.

### 3.1.2 Sted for skinnereskifting

Skinnereskifting foretas oftest i de skarpeste kurvene med radier rundt 300 m. Overhøyden ligger her på 100 mm. Det er ytterstrengen som slites mest. Undersøkelser hos BV viser også at ytterstreng i skarpe kurver med fall og bremsing (sett i den retning hvor trafikkbelastningen er størst) er den dårligste kombinasjonen m.t.p. slitasje. Ellers foretas et jevnlig skifte av skinnene på hele Ofotbanen.

*Appendiks 1* viser en oversikt over innleggingsår og stålkvalitet sett i forhold til horisontalgeometrien.

### 3.1.3 Kriterier for skinnereskifte

Til måling av høyde- og sideslitasje anvendes sjabloner med målekiler som svarer til skinnerprofilen. Målepunktene velges så tett at maksimal slitasje registreres i tilfelle varierende slitasje.

Skinnerene på Ofotbanen (S54) skal byttes når den totale slitasjen  $t$  (summen av toppslitasjen midt på skinnerhodet og halvparten av sideslitasjen på begge sider av skinnerhodet målt 15 mm under toppunktet på hodet) har nådd grensen  $t_{maks} = 16$  mm.

Når det gjelder utskifting av skinner p.g.a. utmatting, avgjøres det utfra om antall skinnerbrudd pr. år er stigende: «En økning i antall skinnerbrudd med 30% over en 5 års periode, med utgangspunkt i en bruddfrekvens på min. 6 pr. 10 km pr. år, skal utløse skinnerbytte.» Feilfrekvensen er i dette tilfellet enten antall observerte brudd, eller antall indikasjoner i kl. 1 fra ultralydkontrollen.

Skinnereslitasjen på Ofotbanen er så stor at det er svært sjelden skinnerene må skiftes ut p.g.a. utmatting.

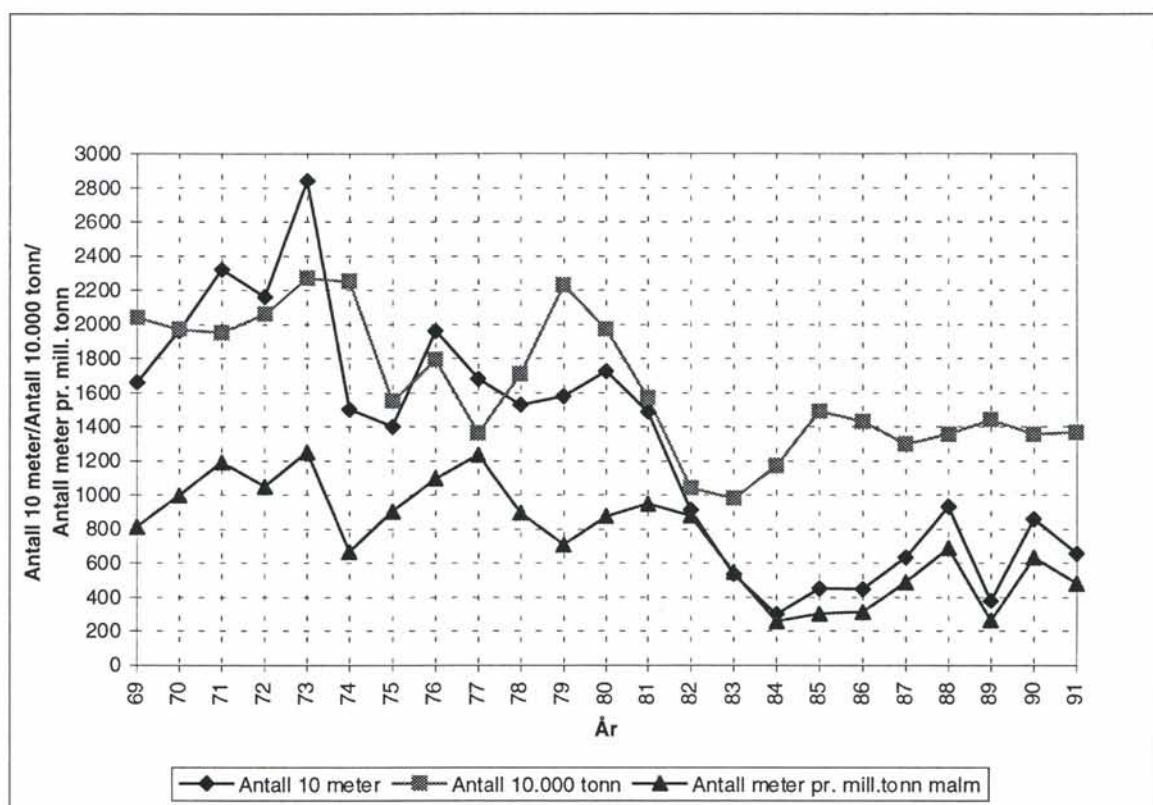
### 3.1.4 Levetid

Fra 1982 er det skiftet ut mellom 3.000 og 10.000 lm skinner hvert år. [Figur 3.1.4.i]. Gjennomsnittelig levetid for skinnerene er 6 -7 år eller 140 - 160 MBT. I enkelte kurver skiftes derimot skinner hvert 3. år eller oftere dvs. bare etter ca 70 MBT (23 MBT pr.år).

05.12.96

På Dovrebanen har skinner (S49/900B) ligget i rundt 30 år fra midten av 60-tallet med en trafikkbelastning på totalt 120 MBT, før det har vært nødvendig å vurdere utskifting. Den vanligste årsaken til skinnebytte er utmatningsfeil i overflaten (shelling). Skinneslitasje er ikke noe problem. Frem til 1985 var aksellasten 20 tonn og deretter 22,5 tonn. Dette viser hvilken særstilling Ofotbanen står i m.t.p. trafikkbelastning, skinnenes levetid og årsak til skinnebytte i forhold til andre baner i Norge.

Skinnefornyelsen foregår i «den lyse tiden» av året med planlagte topauser på 6 - 8 timer.



**Figur 3.1.4.i** viser antall meter skinner som er byttet hvert år, antall transporterte tonn malm og antall meter skinne som er byttet per million tonn transportert malm 1969 - 1991.

### 3.1.5 Kostnader

I h.h.v. 1994 og 1995 ble det brukt 7,288 mill.kr. og 7,809 mill.kr. på skinner. Beløpet i 1995 er inklusive 0,360 mill.kr. til skinnesliping.

05.12.96

## **3.2 SKIFTE AV ISOLERTE SKINNESKJØTER**

På Ofofbanen er det både friksjonsskjøter av type Exel og limte, isolerte skjøter av type MT - forsterket og S (Schmidt) - forsterket som er tillatt. Sporet utsettes for ekstreme belastninger, og isolerte skjøter er et svakt punkt.

### **3.2.1 Årsaker**

Den viktigste årsaken til at isolerte skinneskjøter ryker er gjentatte bøyespenninger p.g.a. aksel-/hjullastene. Utvalsing av skinnestålet (nebb) forekommer også. Da «flyter» stålet, fordi kontaktrykket mellom hjul og skinne blir for stort. Det siste som kan ødelegge isolerte skjøter, er returstrømmene fra de elektriske lokomotivene. Her har det vist seg at Rm-lokene gir de største returstrømmene.

Det er ingen spesielle steder langs banen hvor behovet for utskifting av isolerte skjøter er større enn andre steder.

### **3.2.2 Kriterier for skifting**

En isolert skinneskjøt skiftes når den mister isolasjonsevnen eller hvis den ligger i en skinnestreng som skal byttes ut.

### **3.2.3 Levetid**

Hver isolert skjøt har en levetid på mellom 2 og 3 år (46 - 69 MBT). Feilfrekvensen ligger på 0,2 - 0,4 pr. skjøt pr. år. Det skiftes ca. 30 stk. hvert år.

### **3.2.4 Kostnader**

En ferdig innlagt isolert skjøt koster ca. kr 13.000,- pr.stk.

### **3.2.5 Utvikling av nye isolerte skinneskjøter**

Isolerte skinneskjøter er et svakt punkt i sporkonstruksjonen, og det arbeides både nasjonalt og internasjonalt med å utvikle nye og mer holdbare skjøter. I Norge testes isolerte skjøter som er finperiliserte og har et skråsnitt på 30° i forhold til en normal på skinnestrengen. Det skrå tverrsnittet er bare i hodet og gir en bedre rulling over skjøten uten harde slag.

På Ofofbanen er det lagt inn èn skjõt for testing. Hittil har den ikke vist seg særlig mye bedre enn de isolerte skjõtene som ligger i sporet idag, men det må prøves flere, før en kan si noe sikkert om kvaliteten på den. Erfaringene fra Hovedbanen og Østfoldbanen gir derimot et positivt bilde av prøveskjøten m.t.p. funksjondyktighet og levetid. Divisjonsstaben, Teknisk kontor arbeider videre med problematikken rundt isolerte skjøter.

Ved Transportation Technology Center, Colorado, USA forsker de også på isolerte skinneskjøter. De har testet skjøter med både 30° - og 45° - vinkler og funnet ut at 30° gir lengst levetid.

### 3.3 SMØRING AV SKINNER

På Ofofbanen er det utplassert 16 skinnesmøreapparater. Kurveradien på stedene hvor apparatene er montert, varierer mellom 275 og 325 m. Tre av smøreapparaterne er satt opp i kurveveksler, - nr. 2 (H/H 370/213) Narvik stasjon og i nr. 1 og 2 (V/V 500/188) på Katterat.

Skinnesmøring gjøres for å redusere friksjonen mellom skinne og hjul og dermed få ned skinnelitasjen. Flenssmøring på lokomotivene er ikke nok.

#### 3.3.1 Plassering av skinnesmøreapparater

Skinnesmøreapparater er plassert ved ytterstreng på følgende steder:

km 4,262	R = 325 m	Sporveksel 2, Narvik stasjon
km 5,042	R = 300 m	
km 5,793	R = 300 m	
km 7,738	R = 300 m	Djupviktunnelen
km 14,113	R = 300 m	Straumstunnelen
km 15,300	R = 300 m	
km 15,500	R = 300 m	
km 22,606	R = 300 m	Indre Sildviktunnelen
km 22,773	R = 300 m	
km 23,030	R = 300 m	
km 24,617	R = 320 m	
km 29,406	R = 300 m	Sporveksel 1, Katterat stasjon
km 29,433	R = 275 m	
km 30,013	R = 300 m	Sporveksel 2, Katterat stasjon
km 30,307	R = 300 m	Sørdalstunnelen
km 31,105	R = 300 m	Katterattunnelen

Enkelte av apparatene er kun virksomme i sommerhalvåret. Nedbøren har innvirkning på skinnelitasjen, og behovet for skinnesmøring er lavere om vinteren og i peroder med mye regn og snø.

### **3.3.2 Forlenget levetid på skinner p.g.a. smøring**

Ut fra erfaringene man har med skinnesmøreapparater i dag, regner man med en forlenget levetid for skinnene i kurvene på 1 - 2 år eller 23 - 46 MBT.

Erfaringer med stasjonære smøreapparater fra andre baner hos Jernbaneverket, finnes så å si ikke.

### **3.3.3 Kostnader**

Foruten kostnader til innkjøp og montering, består driftskostnadene for smøreapparater av utlegg til smøremidler og vedlikehold på apparatene. Smørefettet koster kr. 40,35 pr. kg. De årlige utgiftene til smøremidler ligger mellom kr. 12.000 og 15.000.

En mann har ansvaret for tilsynet med smøreapparater. Idag bruker han rundt 5 månedersverk pr. år på dette, men det bør antagelig økes til nærmere ett årsverk.

## **3.4 SKINNESLIPING**

Under 80-tallet og frem til 1990 var skinnhøvling så å si en årlig vedlikeholdsoperasjon på Ofotbanen. Utvalsing og rifle/bølgedannelse i skinnhodet var et problem og da spesielt i kurvene. Utvalsingene og bølgene ble ofte så store at vanlig skinnsliping ikke var nok. Rundt 1990 utviklet den aggressive sliping seg. I og med at sliping gir en jevnere og mindre ru overflate enn høvling, har man gått over til aggressiv sliping fra 1992. Om aggressiv sliping kan erstatte skinnhøvling helt, er det for tidlig å si noe sikkert om enda. Målet er å slippe så ofte at rifler ikke får utvikle seg i nevneverdig grad. Hittil har høvling og sliping vært mye symptombehandling, men en ønsker å komme i forkant av riflene, så det blir mer preventiv skinnsliping. Det forekommer også sliping av sporveksler. Skinnsliping viser seg å ha en positiv effekt på andre skinnfeil og.

### **3.4.1 Årsaker til skinnsliping**

Hovedårsaken til skinnsliping er ujevnhetene i skinnhodet. De fører til ekstra dynamiske krefter i sporet og øker nedbrytningshastigheten på overbyggningskomponentene. I tillegg gir rifler/bølger større belastning på vognmateriellet.

05.12.96

Det er ulike teorier for hvordan rifler dannes. Kreftene som oppstår mellom hjul og skinne som kryp og slipp, virker bl.a. inn på utviklingen av riflene. På Ofotbanen finnes rifler og bølger særlig i kurver.

En del skinner med stål kvalitet 900 A, ble hodeherdet til 1.200 kvalitet. Det viste seg at på disse utviklet det seg raskt rifler. Dette kan skyldes produksjonen, siden det var et forsøk (ny produksjonsmetode).

### 3.4.2 Kriterier for sliping

Rifler (30 - 80 mm, dybde  $\leq 0,5$  mm) og bølger (korte: 80 - 300 mm, dybde  $\leq 1,2$  mm, lange: 250 - 2.000 mm, dybde  $\leq 5$  mm) lokaliseres og måles ved hjelp av målevogn. Grenseverdier for bølgedybden når sliping bør settes iverk, er:

korte bølger: 0,2 mm  
lange bølger: 1,0 mm

Etter sliping skal bølgedybden ikke overstige følgende verdier (målebasis = 200 mm):

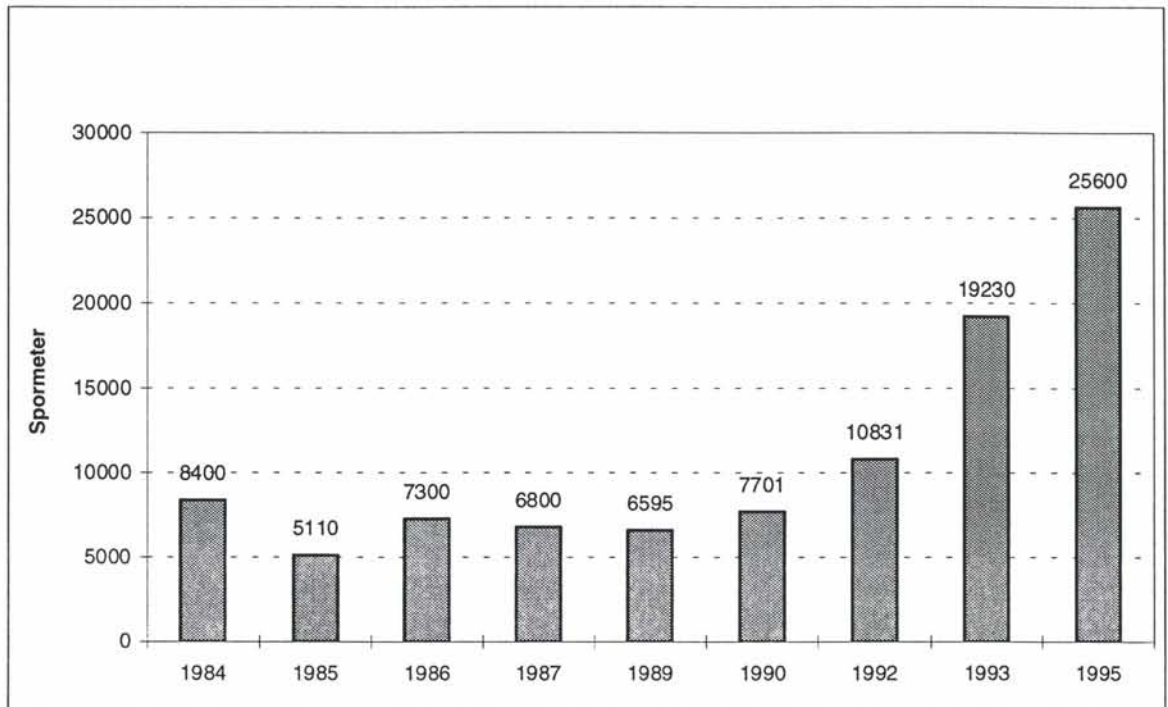
korte bølger: 0,02 mm  
lange bølger: 0,50 mm

### 3.4.3 Skinneslipingens omfang, - tidspunkt og frekvens

I 1992 og 1993 ble h.h.v. 10.831 og 19.230 spm (spormeter) slipt med alt fra 4 til 11 passasjer. I 1995 ble 25.600 spm slipt, og behovet for antall passasjer har avtatt og ligger nå på 4 - 6 overfarter. Med en slik størrelsesorden på sliping betyr det at hele banen slipes gjennomsnittelig hvert 4. år eller etter ca. 90 MBT. [Se figur 3.4.3.i og *appendiks 2*]



05.12.96



**Figur 3.4.3.i** Høvling t.o.m. 1990, sliping etter 1990

Reprofilering og assymetrisk sliping fjerner skader i skinnhodet og skal forbedre kontakten mellom hjul og skinne, så skadeomfanget og slitasjen blir mindre. Hittil kan det se ut som om levetiden for skinnene forlenges med et par år, dvs. 40 - 50 MBT avhengig av hvor de ligger i sporet. Det kan samtidig tyde på at assymetrisk skinnesliping gir rifler på ytterstreng på Ofotbanen.

### 3.4.4 Kostnader

Prisen pr. slipemeter ble i 1993 kr. 15,34. Meterprisen for ferdig slipt spor vil være avhengig av hvor mange passasjer som er nødvendig.

I 1995 ble det brukt 0,360 mill.kr. (eksl. 15% indirekte kostnader) på sliping.

### 3.5 PÅLEGGSSVEISING

Ved sårddannelser i skinnhodet, skader i skinnkryss og mellomskinner er påleggsveising et viktig vedlikeholdstiltak for å forlenge skinnenes og sporvekslenes levetid. Arbeidene skal utføres av spesielt opplærte sveisere.

### 3.5.1 Årsaker til påleggsveising

De mest aktuelle skadeformer som kan utbedres med påleggsveising, er:

- sluresår
- sårskader etter steiner eller andre fremmedelementer som ligger på skinnestrengen og er blitt kjørt over
- avskallinger som skyldes store spenninger mellom hjul og skinne
- valsefeil
- dryppskader
- skader på Thermit-skjøtsveis
- slitasje og skader ved skinneender ved laskede skjøter
- avbrekk av biter på skinnedeler i sporveksler, f.eks. i skinnekruss

Sluresår er et forholdsvis stort problem på Ofotbanen. Lokomotiv type, smøreapparater, kjøreferdighet og togvekt er vurdert i forbindelse med dette problemet. Sluresår viser seg særlig å være et vinterproblem, og oppstår gjerne ved innkjørssignaler, blokkposter og stasjonsområder hvor tog må settes i gang eller i stigninger hvor traksjonen er stor.

### 3.5.2 Kriterier for påleggsveising

Viser til Jernbaneverket's «Arbeidsanvisning: Reparasjonssveising av skinner og sporveksler».

Det må alltid vurderes om skaden skal utbedres ved påleggsveising eller innsveising av skinnekapp. Defekter som har sin utbredelse også under skinnehodet, skal ikke utbedres ved påleggsveising.

Påleggsveising på tunger tillates bare på befestet del hvor tungen har fullt tverrsnitt.

### 3.5.3 Kostnader

Det er vanskelig å fastslå nøyaktig hvor store utgiftene til påleggsveising er i året, men bare sluresår påfører Ofotbanen årlige kostnader på mellom 0,4 og 0,8 mill.kr. I dette beløpet ligger både påleggsveising og skinnebytte.

## 3.6 SVILLEBYTTE / SVILLEREGULERING

99,8% av svilledekket består av tresviller med en svilleavstand på 50 - 52 cm. Det dominerende treslaget er nå bøk, mens det tidligere var furu. Betongsviller ble utprøvet på 80-tallet, men ble ikke særlig vellykket. De ble raskt nedknust, noe som antagelig skyldes store aksellaster og for lite ballastprofil. Svillene i seg selv skaper ingenting problemer på Ofotbanen idag.

*Appendiks 3 viser en oversikt over innleggingsår og svilletype sett i forhold til horisontalgeometrien.*

### **3.6.1 Årsaker til svillebytte og svilleregulering**

Grunnen til at sviller byttes ut, er hovedsakelig at skinnefestet blir for dårlig p.g.a. råte eller mekanisk slitasje. Dette resulterer i sporviddeøkning eller geometriske feil. Svillebytte kan også utføres p.g.a. skadde sviller fra tidligere avsporinger.

De fleste svillene som skiftes ut med bøkesviller i dag, er furusviller. Bøkesviller som tas ut, skyldes enten overgang fra Hey-Back til Pandrol befestigelse eller at de har ligget i en skarp kurve (radier rundt 300 m).

Sviller som har forskjøvet seg (skjev-kubb), oppstår når det blir en relativ bevegelse mellom skinne og sville. Se nærmere i «2.7.1 Årsaker til skinnevandring».

### **3.6.2 Kriterier for utskifting av sviller**

Geometriske feil eller utvidelse av sporvidden observeres v. hj.a. målevogn. Overskrides kravene til sporgeometrien eller sporvidden, og dette har sin årsak i dårlige sviller, skiftes de ut. Rehabilitering av sviller i hovedspor med dybler, aluminiumsspiraler eller kiling av underlagsplater forekommer ikke.

### **3.6.3 Svillers levetid**

Mellom 2.000 og 3.000 sviller byttes ut pr. år. Hardtresviller som bøk, forventes å ha en levetid på 25 - 35 år, - i små kurveradier ( $R \leq 300$  m) noe mindre. De første bøkesvillene ble lagt inn på slutten av 60-tallet og viser nesten ingen tegn til svakheter.

### **3.6.4 Svilleregulering**

Skjev-kubb skaper problemer når sporet skal justeres. Derfor må sviller som har forskjøvet seg reguleres tilbake. I perioden fra 1991 til 1993 rgulerte de hvert år h.h.v. 9.376, 6.190 og 6.602 sviller. Årsaken til skjev-kubb er for dårlige skinnefester.

Problemer med sviller som forskyver seg, finnes ikke på andre banestrekninger hos Jernbaneverket.

### 3.6.5 Kostnader

I 1994 og 1995 ble det brukt h.h.v. 2,048 og 2,119 mill.kr. på svillearbeider. Her inngår også en del kostnader til vedlikehold og fornyelse av skinnebefestigelse.

### 3.7 Skinnebefestigelse / skinnevandring

Hittil har Hey-Back befestigelsen med fjær HBFJ54 (klemmkraft 500 - 600 kg) og 2 - 3 mm mellomleggsplate av cellulose så å si vært enerådende på banen fra 60-tallet. Denne er for svak m.t.p. skinnevandring. Fra og med 1994 har man gått over til Pandrol befestigelse. Sammen med Pandrol underlagsplate for S54 på tresviller nyttes et tynt mellomlegg (gummi) og Pandrol fjæren e1877. Det er til nå lagt inn Pandrol underlagsplater på ca. 4000 sviller d.v.s. 4,5% av svillene på Ofofbanen.

Man har forsøkt å legge inn WALKER og PANDROL mellomlegg for å øke friksjonen mellom skinne og sville, men disse har ikke passet til resten av befestigelsen. Dessuten har det vært antydninger til «kanting» av skinnen p.g.a. for mykt mellomlegg

Det legges nå bare inn Pandrol befestigelse, og fornyelsen av skinnebefestigelsen har startet mellom Narvik og Straumsnes.

#### 3.7.1 Årsaker til skinnevandring

Skinnefestene skiftes, fordi festene er for dårlige m.h.t. skinnevandring. Klemkraften fra fjæren på skinnefoten blir for liten til å holde skinne og sville sammen som en enhet. Ofte er fjærene også benyttet flere ganger for å redusere vedlikeholdsutgiftene. Dessuten glir mellomlegget ut fra underlagsplatene.

Stort fall og bremsende, tunge malmtog (ca. 5.500 tonn) på Ofofbanen skaper langsgående krefter som «skyver» skinnene nedover mot Narvik. Men det er ikke bare bremsende tog i fall som forårsaker bevegelser mellom skinner og sviller. I USA og Sør-Afrika er det et fenomen som kalles «Paulpietersburg Syndrome» og som nok også kan gjøre seg gjeldende på Ofofbanen når tomme malmtog «klatrer» oppover mot Bjørnfjell. Fenomenet fremkommer når det i kombinasjon med stor vertikal hjullast og høy trekkraft under lokomotivet, nås et punkt hvor skinnen skyves bakover i befestigelsen en brøkdel av en millimeter (høy trekkraft), mens svillen ikke forflytter seg i ballasten. Det skyldes både den vertikale lasten fra hjulet, og ballasten som mange steder er fast som «betong» p.g.a. forurensing fra malmtogene. I og med at dette ikke skjer ved hver sville, resulterer det i ujevne, langsgående spenninger i skinnen. Med en gang den tunge akselen har passert, gjør vibrasjoner i det «ubelastede» sporet, skinnen i stand til å redusere spenningene ved å skyve på svillen i

ballasten. Når ikke den vertikale lasten fra hjulet er rett over svillen, er klemkraften stor nok og ballastmotstanden så liten at en forskyvning av svillen i ballasten kan oppstå. Fordi den første bevegelsen finner sted mellom skinne og sville, og den følgende bevegelsen skjer mellom sville og ballast, blir nettoresultatet at svillen flytter seg, mens skinnen blir værende i utgangsposisjonen.

### 3.7.2 Kostnader

Regnskapet viser at det er brukt 0,093 mill.kr. i 1994 og omtrent samme beløp i 1995 på befestigelser. Disse utgiftene ligger inne i drifts- og vedlikeholdskostnadstallene for sviller.

## 3.8 BALLASTRENSING

Ballasten består av pukke med størrelse 25/50 mm og er sterkt forurenset mange steder p.g.a. støv og jernmalm som lekker fra malmvognene. Pukken kommer fra Sørnes og er av god kvalitet.

Ballastprofilen oppfyller ikke retningslinjene langs hele banen. Det har for små skuldre enkelte plasser, grunnet smale fyllinger og smalt formasjonsplan. I tillegg er avstanden fra svilleunderkant til formasjonsplanet for liten i noen skjæringer og tunneler. Dette gjør at man er skeptisk til de nye reglene for ballast som tilsier en pukkestørrelse på 25/63 mm, og holder derfor fast på 25/50 mm.

### 3.8.1 Årsak til ballastrensing

Nedknusing av ballasten p.g.a. store friksjons krefter og forurensing fra malmtogene er årsaken til at ballastrensing er et viktig vedlikeholdstiltak på Ofotbanen. Dette gjelder langs hele banen.

### 3.8.2 Inngrepskriterier for ballastrensing

Ballastrensing skal iverksettes når:

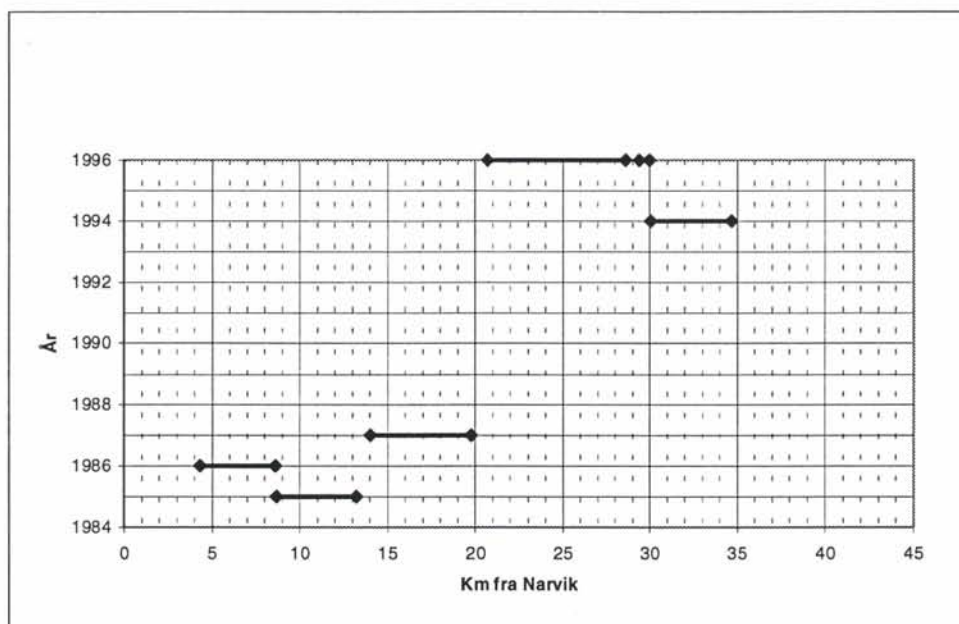
- det er problemer med å få justeringen til å stå p.g.a. ballasten. Høydefeil med bølgelengder mellom 3,5 og 30 m stammer vanligvis fra dårlig ballast.
- pukkeprøver viser at ballasten ikke tilfredstiller krav til kornfordeling, slitestyrke og kornform.
- det er problemer med vaskesviller, frost og tele i ballasten.

### 3.8.3 Mengde, tidspunkt og frekvens for ballastrensing

Den vanligste årsaken til at ballastrensing utføres er at kravene til kornfordelingen ikke lenger er oppfylt, enten fordi det har vært en nedknusing av stenmaterialet eller forurensning uten fra har blandet seg med pukken.

Hva som er rensset i perioden 1985 - 1996, er vist under og i *figur 3.8.3.i*:

1985	4.561 m	km 8,675 - km 13,236
1986	4.320 m	km 4,300 - km 8,620
1987	5,735 m	km 14,025 - km 19,760
1994	4.646 m	km 30.054 - km 34,700
1996	9,110 m	km 13,560 - km 13,920 km 20,570 - km 28,700 + Spor 2 Rombak km 29,660 - km 29,950



*Figur 3.8.3.i* Årlig ballastrensing fordelt langs banen.

Behovet for ballastrensing er stort, og ideelt sett burde hele banen vært rensset hvert 8. - 10. år. Til sammenligning er det vanligvis behov for ballastrensing hvert 25. - 30. år på andre baner.

### 3.8.4 Bruk av ballastfordeler

Ballastfordeler brukes for å pusse og forme ballastprofilen. De siste 10 årene har ballastfordeleren kjørt ca 14.850 m hvert år.

### 3.8.5 Kostnader

Kostnadene for vedlikehold av ballasten (inkl. ballastrensing, suplering og ballastfordeling) beløp seg til 3,810 mill.kr. i 1994 og 2,176 mill.kr. i 1995.

## 3.9 SPORVEKSELVEDLIKEHOLD

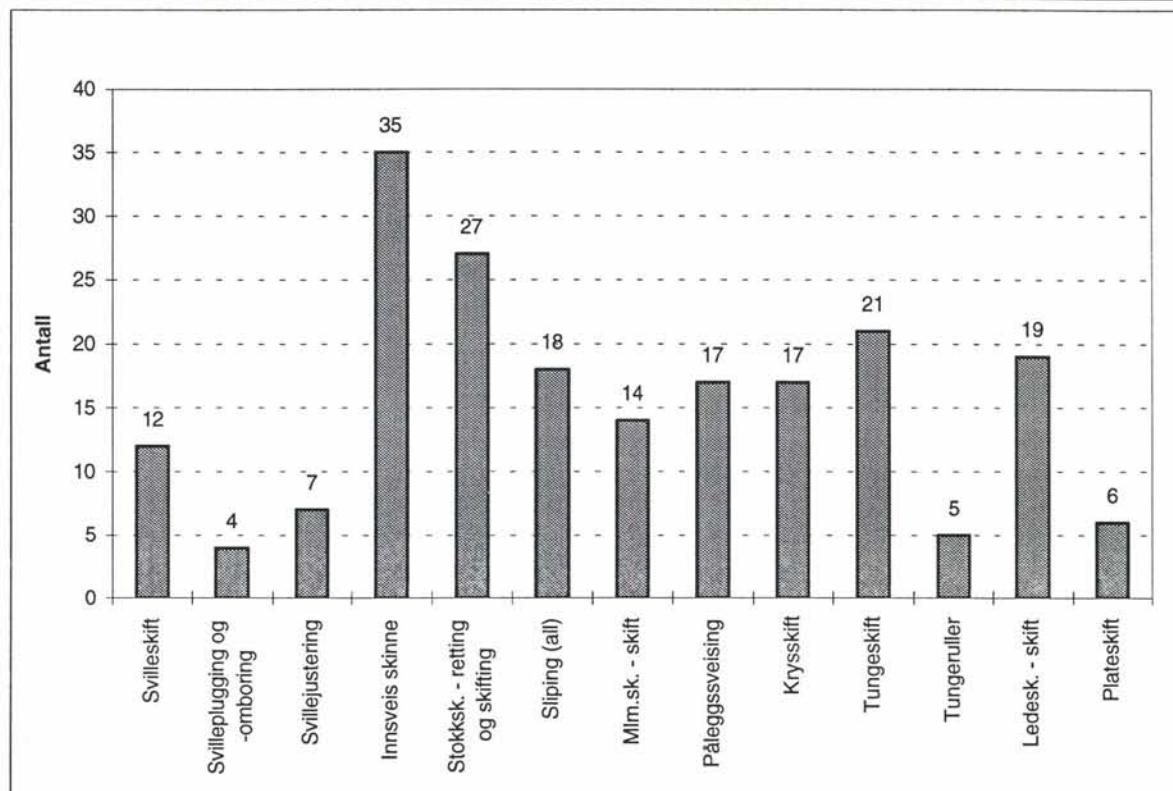
De fleste sporvekslene i hovedsporet har stigning 1:12 og  $R = 500$  m. Ellers har de 1:9,  $R = 300$  m. På Narvik stasjon ligger også to «engelskmenn» i malmtogsporene. Skinneprofilet er S49 (stålqualität 900B) bortsett fra i én veksel med S54 (stålqualität 1200). Tresvilledekket er forsterket d.v.s. at svilledekket er tettere enn vanlig. Kryssene er helstøpte mangankryss. Det har vært forsøkt hodeherding av stokkskinne og tunge med godt resultat.

Vedlikeholdsarbeidene består vesentlig av følgende operasjoner:

- kontrollmåling av justeringstolleranser
- ettersyn av løse bolter, muttere og skruer
- utskifting/innsveising av skinnedeler (stokkskinne, mellomskinne, kryss, tunge og ledeskinne)
- skifte av smådeler
- sliping
- påleggsveising i kyss og mellomparti
- skifte av sviller
- renhold og smøring
- justering

[Se også figur 3.9.i.]

05.12.96



**Figur 3.9.1** Antall vedlikeholdsarbeider på sporveksler i perioden 1992 - 1995 fordelt på aktiviteter.

Spesielt utsatt er kryssvekslene 3, 9 og 11 i Narvik og sporveksel 1 og 2 på Katterat. I disse vekslene kjører ofte de lastede malmtogene i avvik.

### 3.9.1 Årsaker til sporvekselvedlikehold

Det er ekstreme belastninger og slitasje på Ofotbanens sporveksler. Behovet for utskifting av skinnedeler skyldes for det meste:

- utvikling av sprekker eller knusning og slitasje i krysspartiet
- nedtrykking/utvalsing av stokkskinne
- knusning eller slitasje i tungepartiet
- sideslitasje av stokkskinne og mellomskinn eller skadede befestigelses

Utvalsing av vinge- og stokkskinne gjør seg særlig gjeldende ved dobbeltflensede hjul (slitasjeprofil). På stokkskinnens anleggsflate mot tungen blir det ofte en utvalset leppe som kan føre til at tungetoppen brytes av.



### 3.9.2 Tidspunkt og frekvens for vedlikeholdstiltak

Vedlikehold av sporvekslene foregår året rundt med noe større intensitet i sommerhalvåret. Det gjelder spesielt bytte av deler.

Sporvekslene i hovedsporet justeres hvert år.

### 3.9.3 Levetid

Det anskaffes sjelden helt nye sporveksler, bortsett fra når skinneprofilet skal endres. Sporvekslene fornyes ved at mindre deler stadig byttes. På Ofotbanen sier man at levetiden for en sporveksel er den samme som svillenes levetid.

### 3.9.4 Kostnader

Sporvekselvevedlikeholdet kostet 2,137 mill.kr. i 1994 og 2,100 mill.kr. i 1995. Dette inkluderer vedlikehold og nyinnkjøp av veksler.

## 3.10 SPORJUSTERING

Sporgeometrien på Ofotbanen består stort sett bare av kurver. En del steder er heller ikke ballastprofilet som foreskrevet, og dette er med til å øke justeringsbehovet.

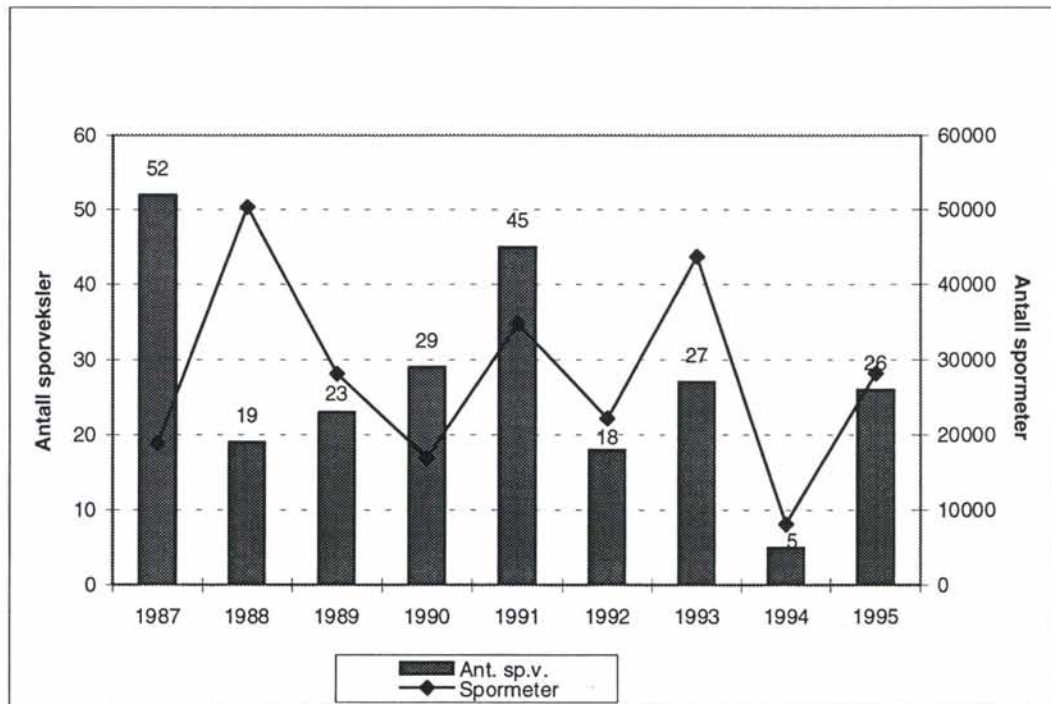
Sidestabiliteten varierer mye over kortere strekninger og er med på å forårsake feil i geometrien. Det skyldes for det første skinnevandringen som hindrer sporet i å være nøytralt, og for det andre den ujevne forurensningen av ballasten som kommer av lekkasje fra malmvognene. Solslyngfaren er derfor tilstede. I en kurve øst for Katterat har man montert svilleanker på hver 3. sville for å øke sidestabiliteten. Varig Utfesting av Linjen (VUL) mangler langs hele Ofotbanen.

### 3.10.1 Justeringsbehov

Sporgeometrien måles 3 ganger i året. 1/3 av banen justeres hvert år av en kombinert linje- og sporvekselpakker. Det betyr at sporet justeres med en frekvens på 3 år. *Figur 3.10.1.i* og *figur 3.10.1.ii* viser omfanget av sporjusteringen f.o.m. 1987 og frem til 1995:

År	Spormeter	Antall sporveksler	Merknader
1987	18.732	52	Narvik st. + «tomten»
1988	50.352	19	Linjeoml. Norddalen
1989	20.090	23	
1990	16.885	29	
1991	34.784	45	Narvik st. + «tomten»
1992	22.136	18	
1993	43.749	27	
1994	8.107	5	Ikke fullstendig.
1995	28.149	26	

*Figur 3.10.1.i*

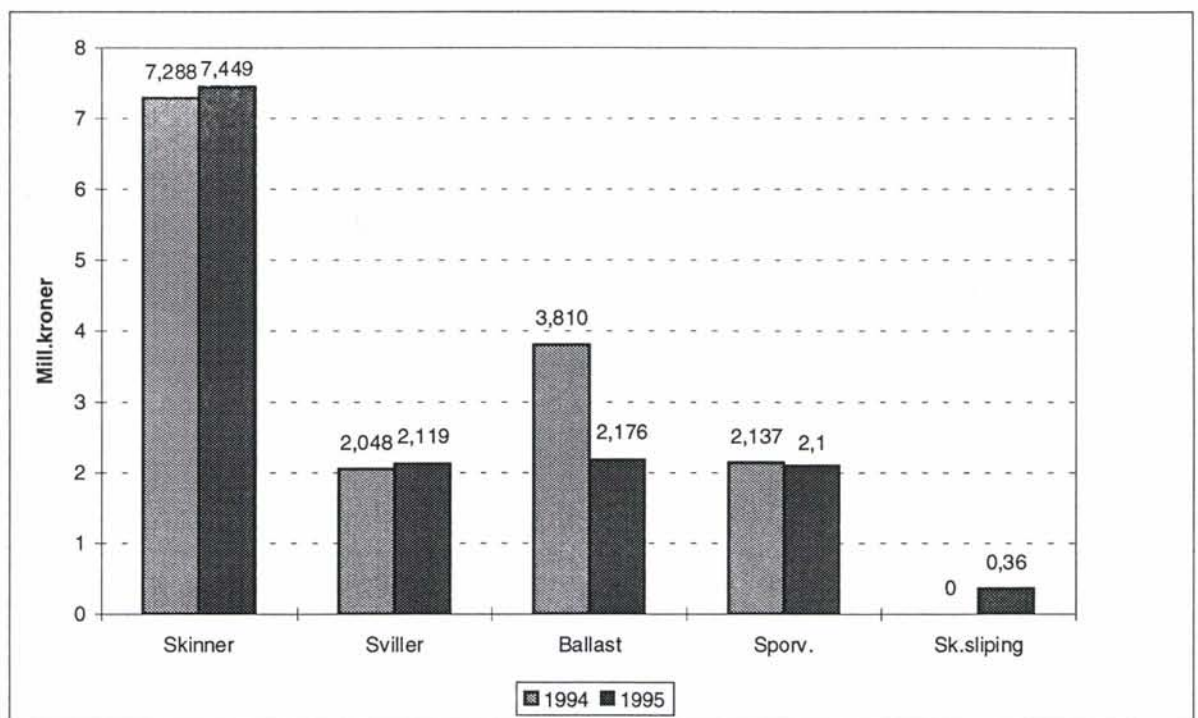


*Figur 3.10.1.ii Justering av spor og sporveksler 1987 - 1995.*

## 4. DRIFTS- OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER

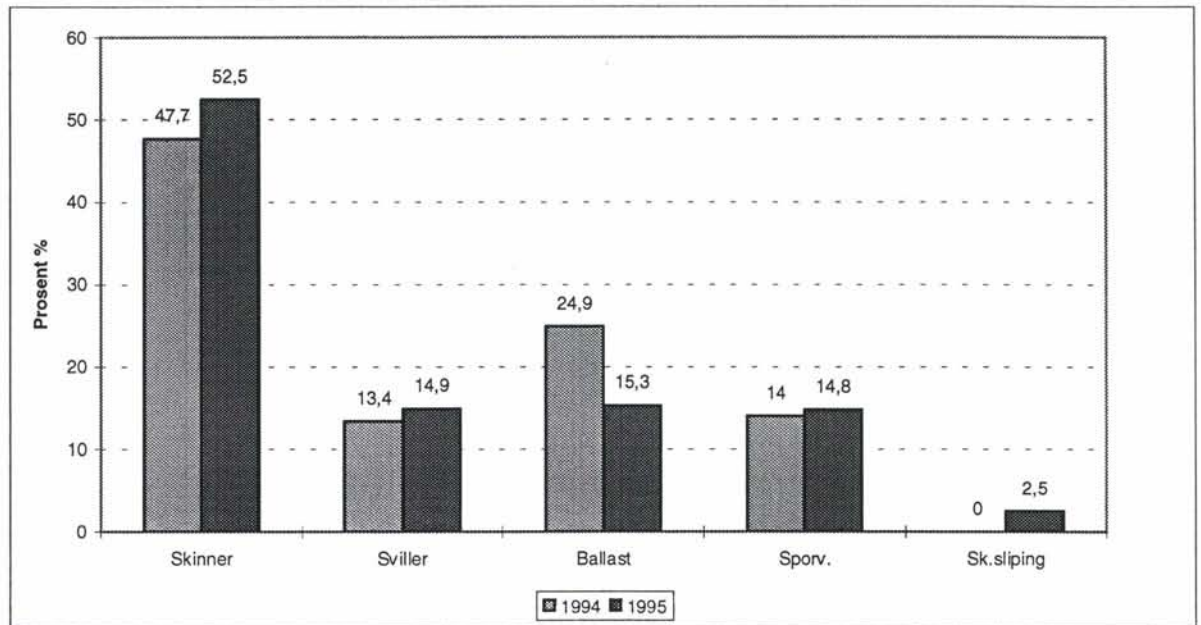
Drifts- og vedlikeholdskostnadene for overbygningen på Ofotbanen i 1994 og 1995 var h.h.v. 15,283 mill.kr. og 14,204 mill.kr. Her inngår material- og personal utgifter, maskinleie og frakt, men ikke indirekte kostnader. De beregnes å ligge i området 10 - 20% av de totale kostnadene. Beløpene i dette arbeidsnotatet er derfor kommet frem ved å trekke 15% for indirekte kostnader fra tallene hentet i EPOK.

Figur 4.i viser fordelingen av drifts- og vedlikeholdskostnadene for overbygningen for 1994 og 1995. I figur 4.ii sees den prosentvise fordelingen.



Figur 4.i Drifts- og vedlikeholdsutgifter for overbygningen 1994 og 1995 (eksl. indirekte kostnader).

05.12.96



**Figur 4.ii** Prosentvis fordeling av drifts- og vedlikeholdsutgiftene for overbygningen i 1994 og 1995.

## 5. KONKLUSJONER

For skinnene gjelder:

- gjennomsnittelig levetid for hele banen er 7 år (ca. 160 MBT).
- gjennomsnittelig levetid i kurver med  $R \sim 300$  m er 3 år (ca. 70 MBT).
- slitasjerate i kurver med  $R = 300$  m er  $500 - 550 \text{ mm}^2/100 \text{ MBT}$ .
- 80 - 90% av skinnene skiftes p.g.a. skinnslitasje.
- 10 - 20% av skinnene skiftes p.g.a. overflatefeil som skyldes utmatting, sluresår, skinnebrudd, brudd i sveiser, problem med isolasjonsskjøter og feil som oppdages ved ultralydkontroll.
- dagens stasjonære skinnesmøreapparater forlenger levetiden på skinner med 1 - 2 år (ca. 20 - 45 MBT).
- skinnesliping forlenger skinnenes levetid med et par år (ca. 45 MBT).
- assymetrisk skinnesliping kan gi rifler på ytterstreng.

For andre overbygningskomponenter gjelder:

- levetiden for isolerte skinneskjøter er 2 - 3 år (45 - 70 MBT).
- bøkesviller har en levetid på 25 - 35 år (575 - 800 MBT).
- Hey-Back befestigelsen er for svak til å hindre skinnevandring (Pandrol befestigelsen har ligget for kort tid i sporet til å si noe om hvilken innvirkning den får på skinnevandringen), Hey-Back-fjærene i skinnebefestigelsen byttes når skinnene skiftes.
- ballasten er sterkt forurenset, og behovet for ballastrensing er stort.
- ballastprofilen er for lite på flere strekninger.
- sporvekslene slites hardt i kryss- og tungparti, og dette forsterkes p.g.a. hjul med doble flenser.
- sporet justeres hvert 3. år.

Hypoteser:

- Levetiden for skinner kan forlenges ved å planlegge skinneslipingen bedre og optimalisere skinnesmøringen fra stasjonære apparater og lokomotiver.
- Skinnslitasjen kan reduseres hvis løpeegenskapene til malmvognenes boggi-konstruksjon forbedres i kurver og under bremsing.

Når det gjelder den økonomiske analysen, har det vært vanskelig å få frem datagrunnlag fra Jernbaneverket's økonomi system. Resultatene kan allikevel oppsummeres slik (eksl. indirekte kostnader):

- årlige drifts- og vedlikeholdskostnader ligger på rundt 15 mill.kr.
- den største utgiftsposten er skinner med 45 - 55% av kostnadene.
- ballasten står for den nest største utgiftsposten på mellom 15 og 25% og deretter følger kostnadene til sporveksler (14 - 15%) og sviller (13 - 15%).

## 6. APPENDIKS

Appendiks 1: Skinner; innleggingsår og stålkvalitet sett i forhold til horisontalgeometrien.

Appendiks 2: Skinnesliping i årene 1992, 1993 og 1995 sett i forhold til horisontalgeometrien.

Appendiks 3: Sviller; innleggingsår sett i forhold til horisontalgeometrien.

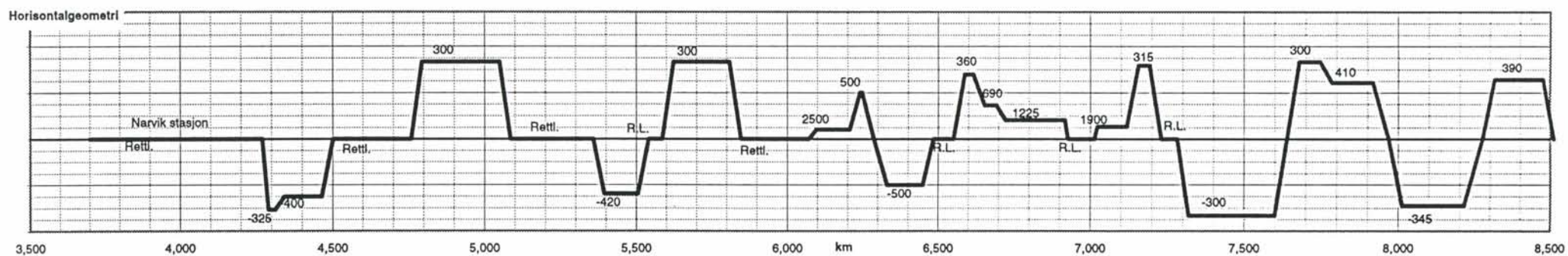
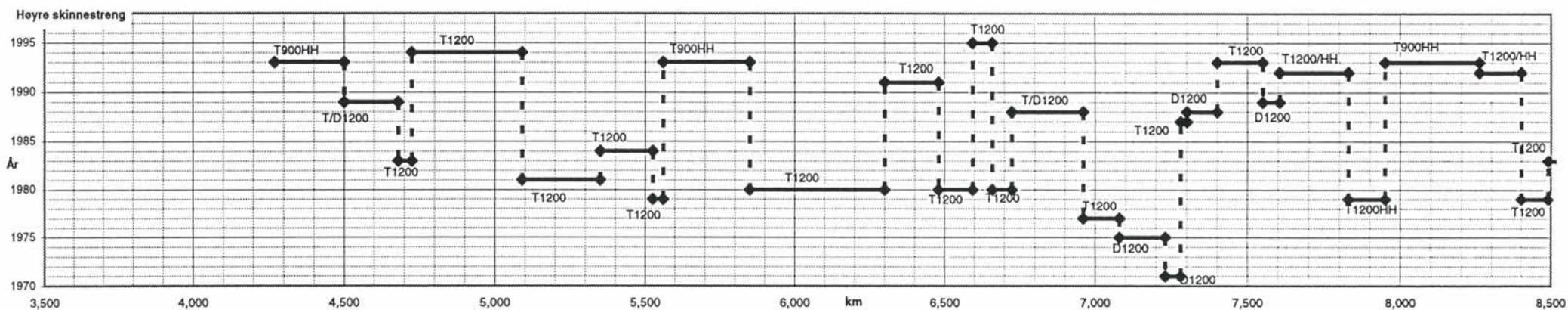
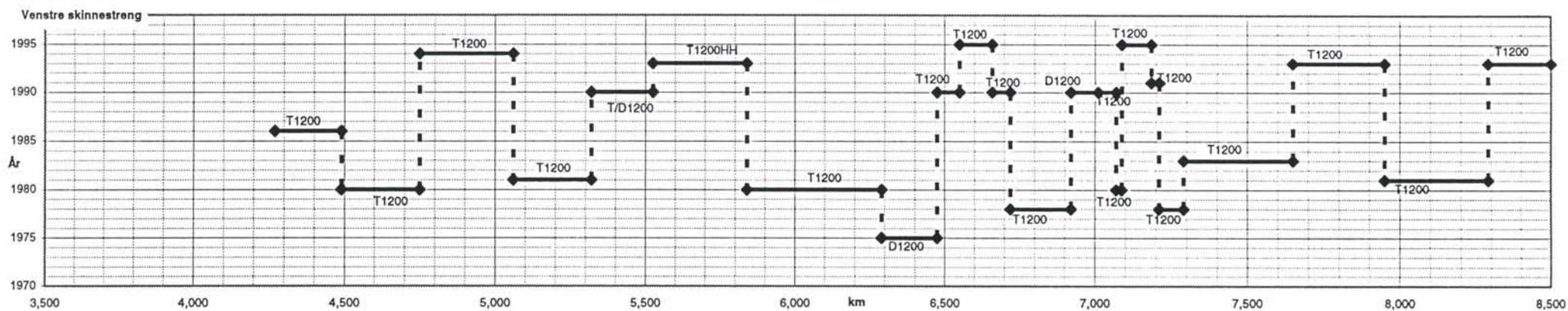
# APPENDIKS 1

# Ofofbanen

## Skinner: Innleggingsår og stål kvalitet sett i forhold til horisontalgeometri

Fra km 3,500 til km 8,500

(Forklaring: T-Thyssen, D-Domnarvet, T/D-både Thyssen og Domnarvet, tall-stålkvalitet, HH-hodeherdet, /HH-både hodeherdet og ikke hodeherdet)

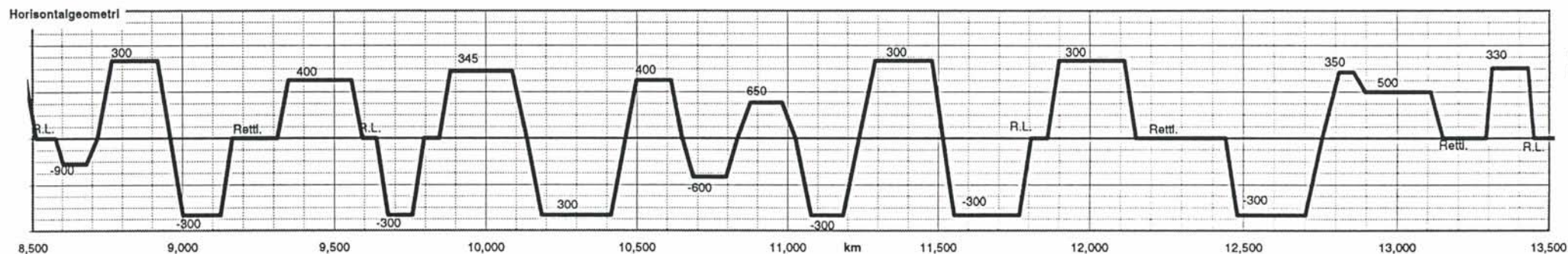
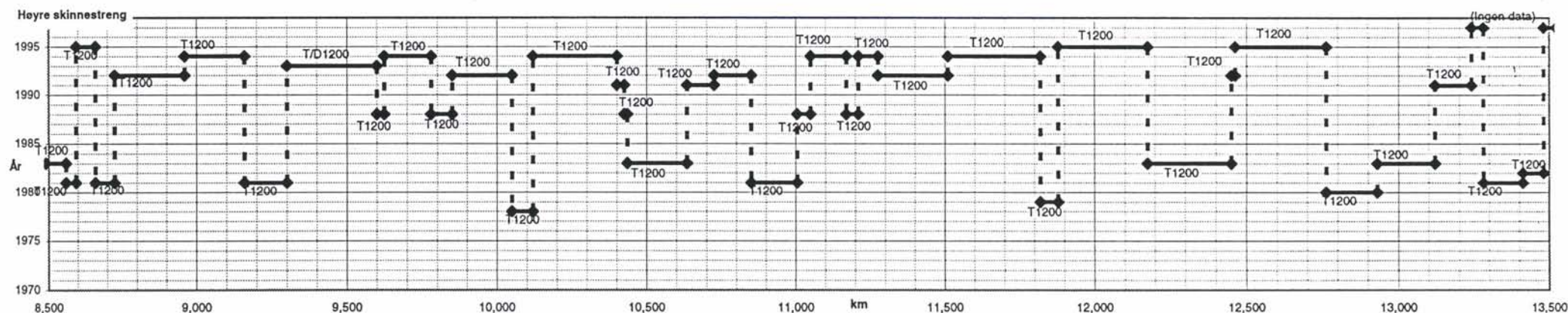
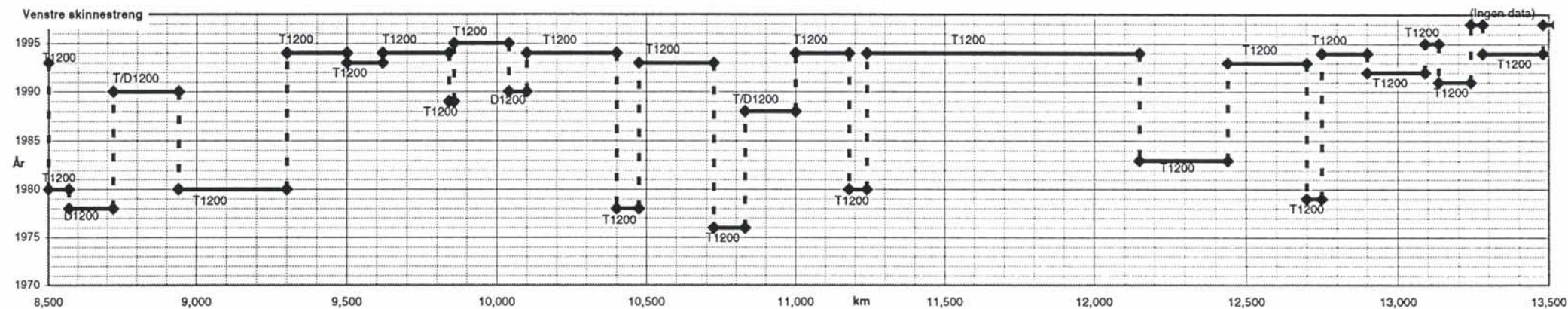




# Ofofbanen Skinner: Innleggingsår og stålqualität sett i forhold til horisontalgeometri

## Fra km 8,500 til km 13,500

(Forklaring: T-Thyssen, D-Domnarvet, T/D-både Thyssen og Domnarvet, tall-stålqualität, HH-hodeherdet, /HH-både hodeherdet og ikke hodeherdet)

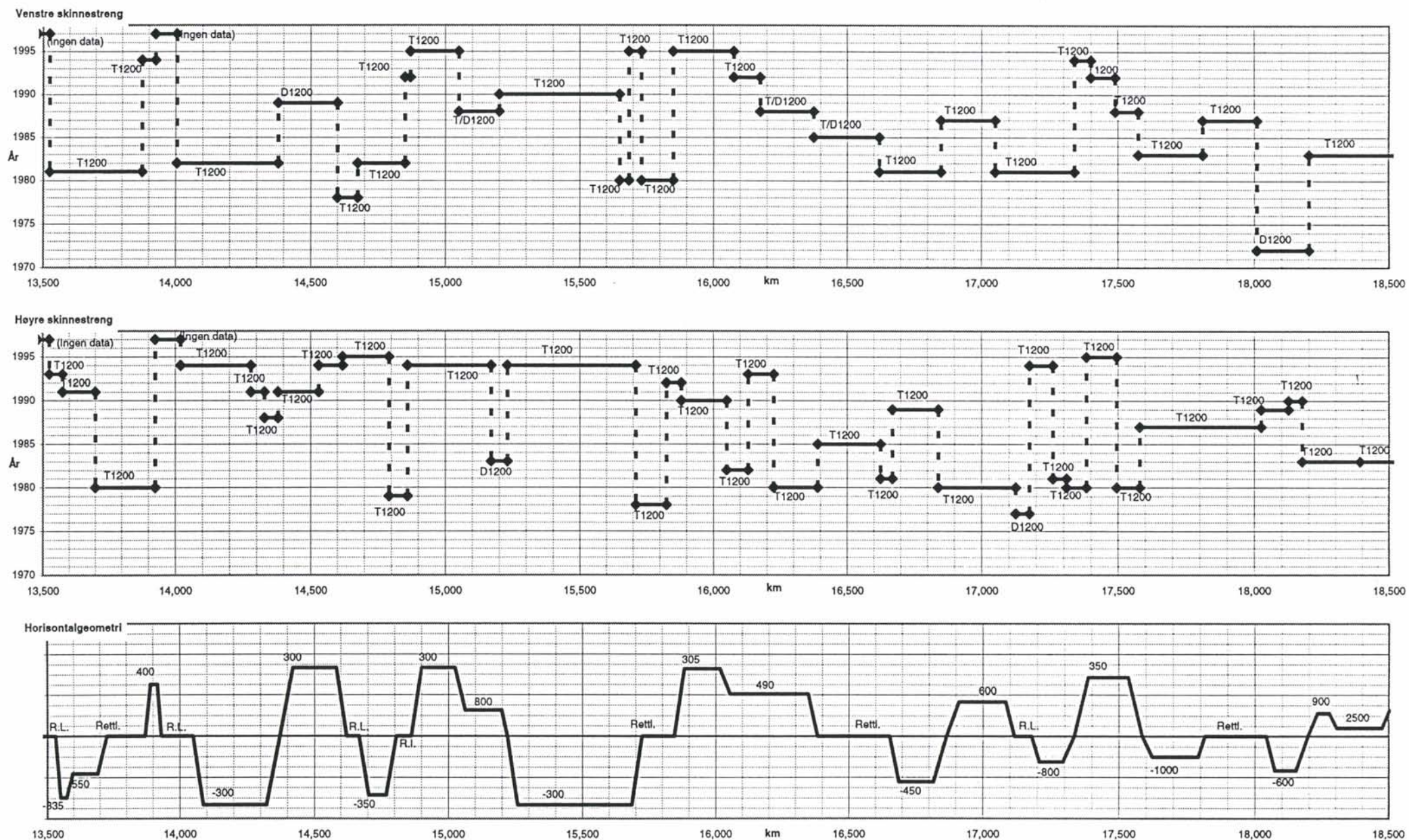


# Ofofbanen

## Skiner: Innleggingsår og stål kvalitet sett i forhold til horisontalgeometri

Fra km 13,500 til km 18,500

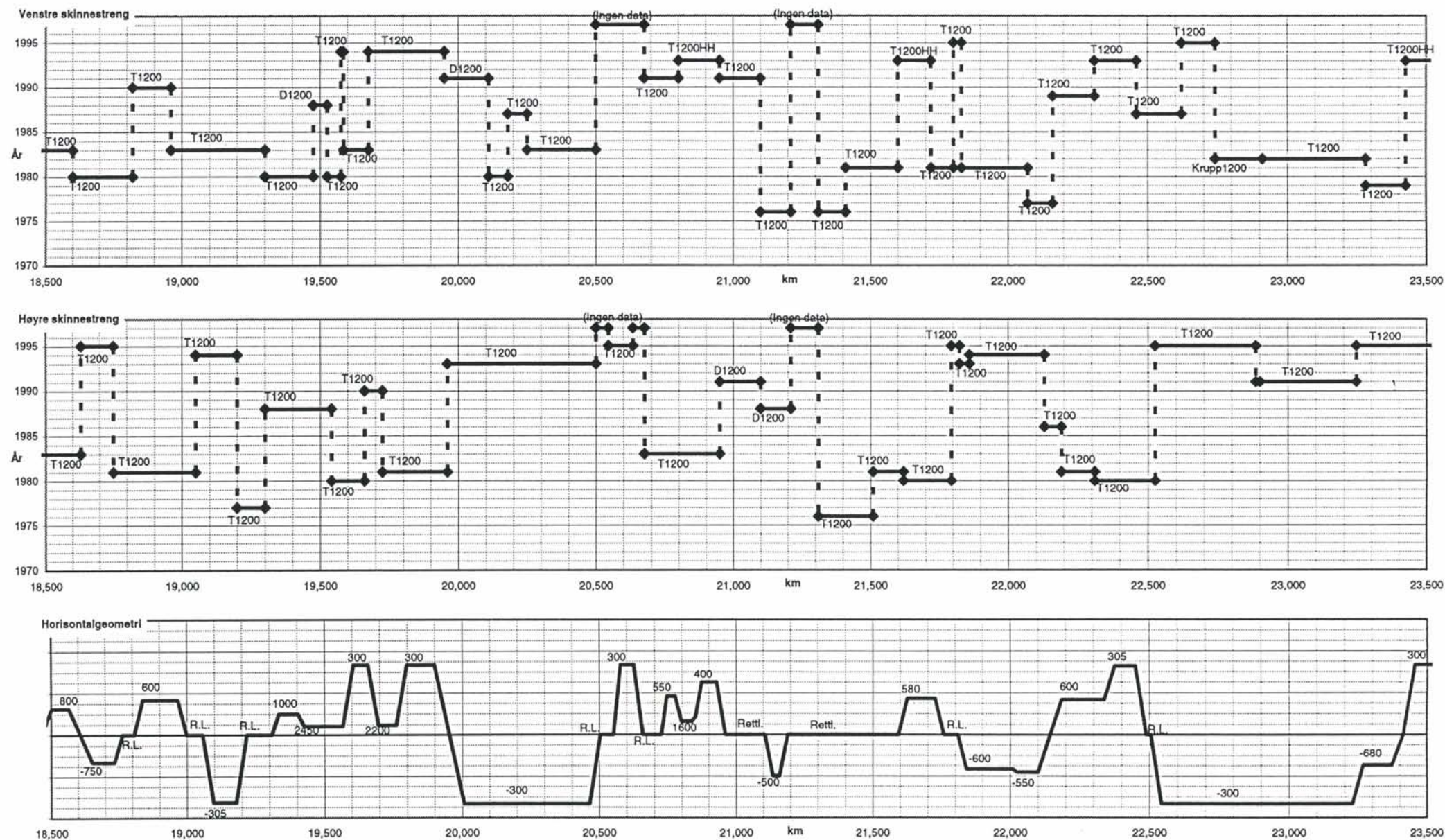
(Forklaring: T-Thyssen, D-Domnarvet, T/D-både Thyssen og Domnarvet, tall-stålkvalitet, HH-hodeherdet, /HH-både hodeherdet og ikke hodeherdet)



# Ofofbanen Skinner: Innleggingsår og stål kvalitet sett i forhold til horisontalgeometri

## Fra km 18,500 til km 23,500

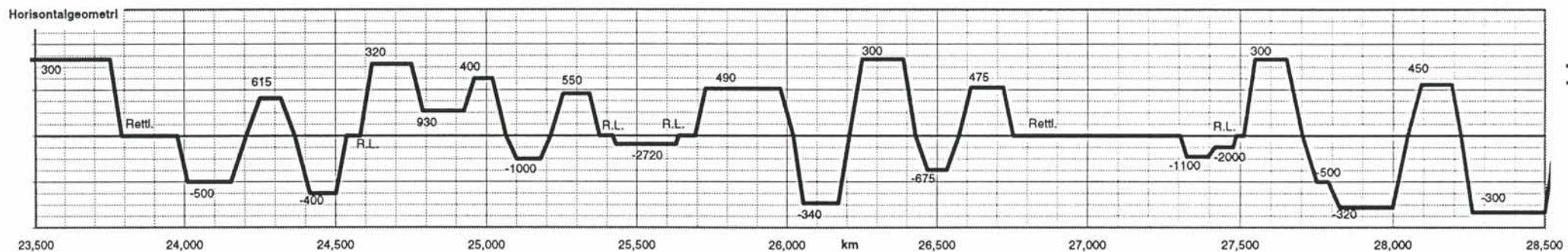
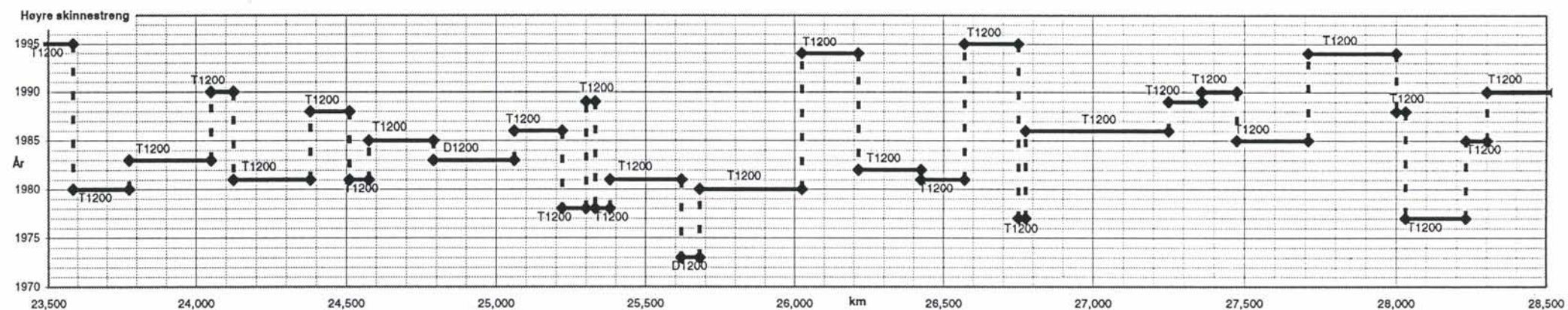
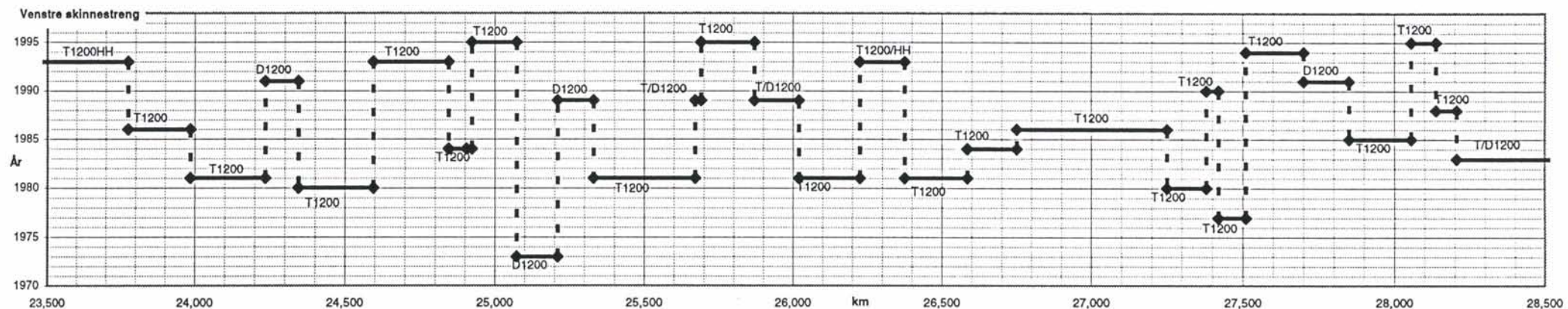
(Forklaring: T-Thyssen, D-Domnarvet, T/D-både Thyssen og Domnarvet, tall-stålkvalitet, HH-hodeherdet, /HH-både hodeherdet og ikke hodeherdet)



# Ofofbanen Skinner: Innleggingsår og stål kvalitet sett i forhold til horisontalgeometri

Fra km 23,500 til km 28,500

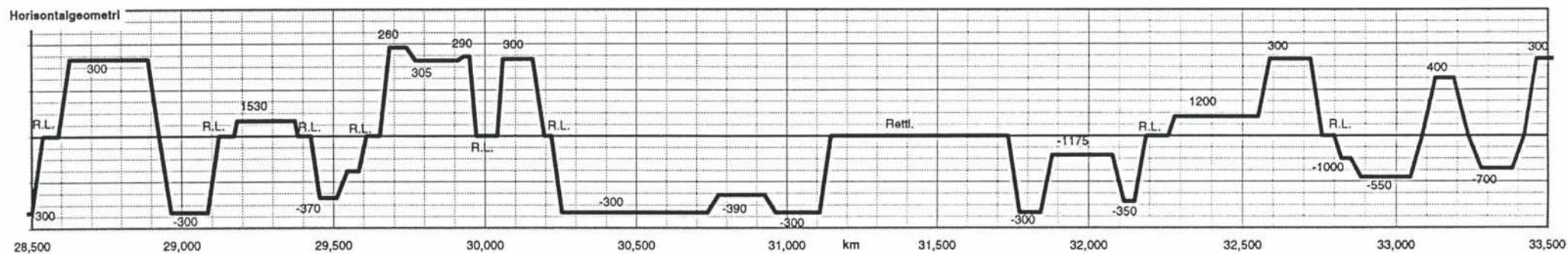
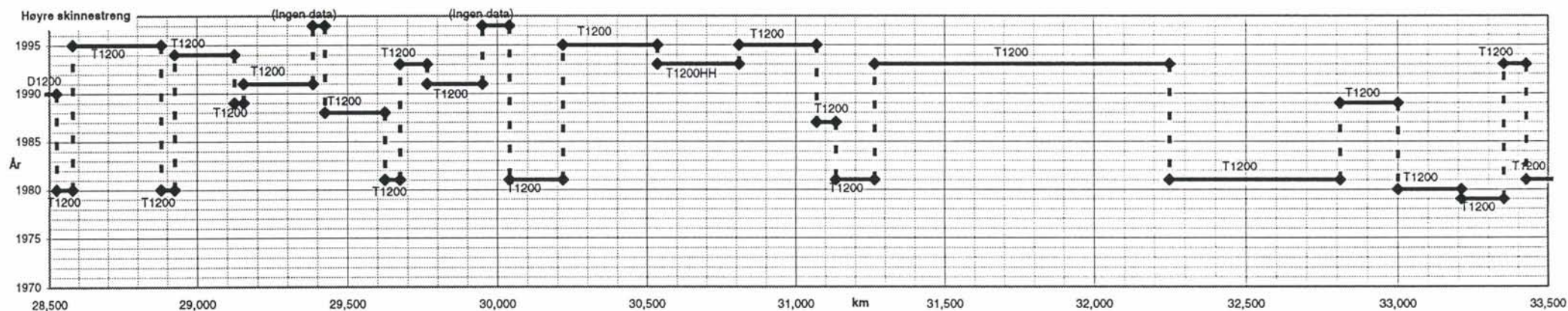
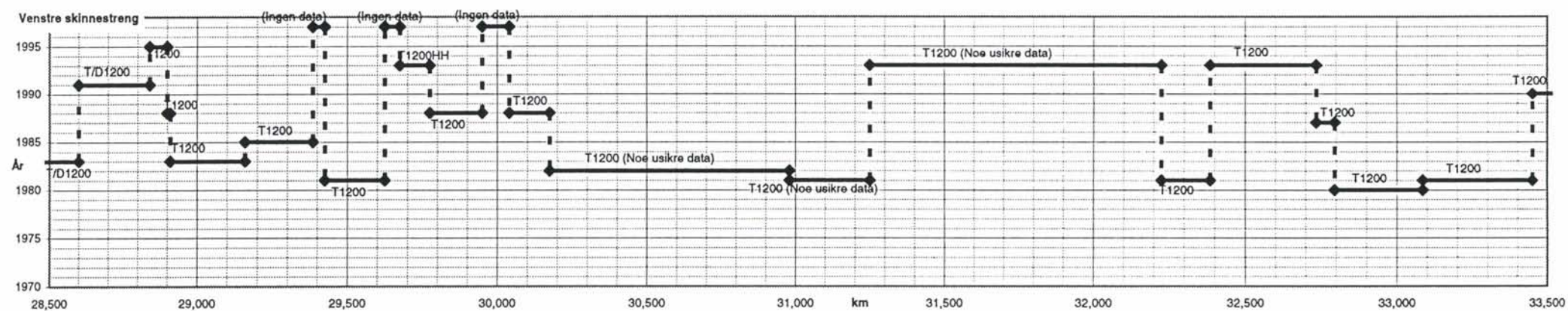
(Forklaring: T-Thyssen, D-Domnarvet, T/D-både Thyssen og Domnarvet, tall-stålkvalitet, HH-hodeherdet, /HH-både hodeherdet og ikke hodeherdet)



# Ofoibanen Skinner: Innleggingsår og stålqualität sett i forhold til horisontalgeometri

Fra km 28,500 til km 33,500

(Forklaring: T-Thyssen, D-Domnarvet, T/D-både Thyssen og Domnarvet, tall-stålqualität, HH-hodeherdet, /HH-både hodeherdet og ikke hodeherdet)

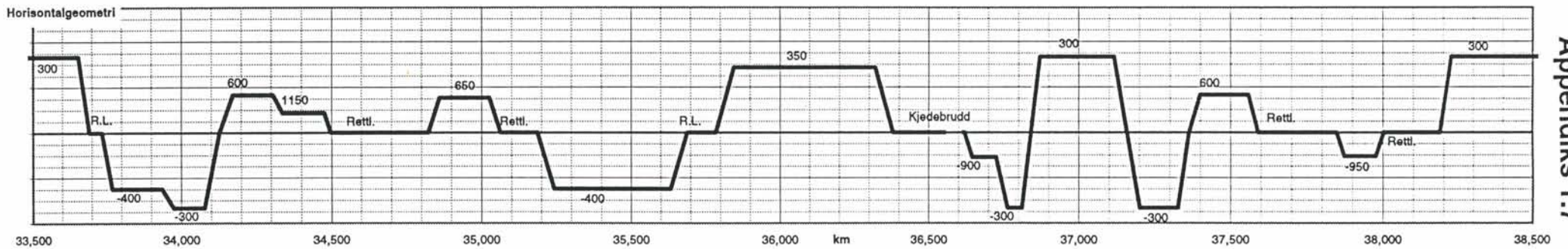
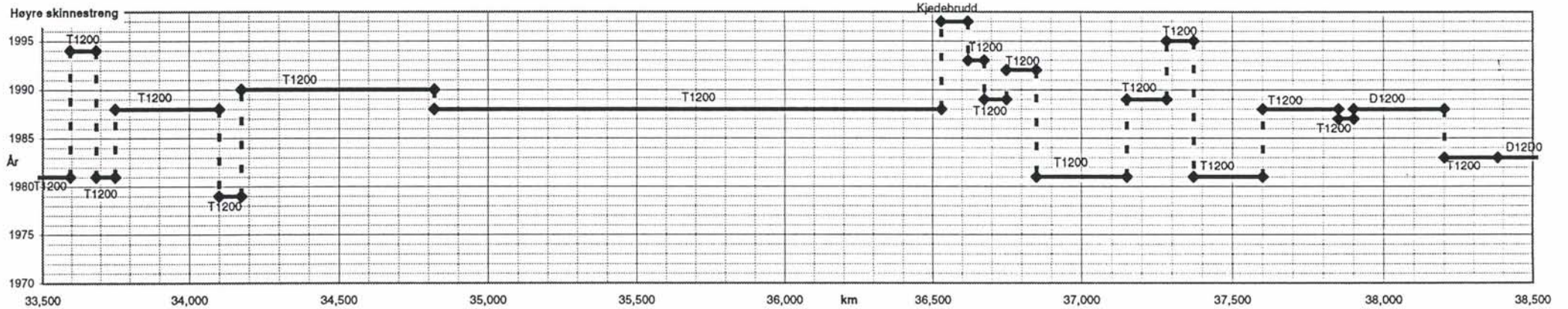
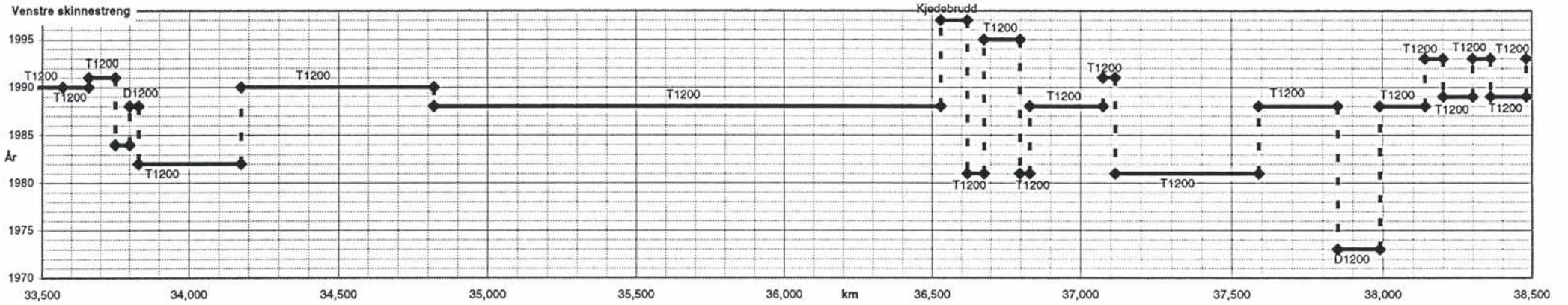


# Ofofbanen

## Skinner: Innleggingsår og stålkvalitet sett i forhold til horisontalgeometri

Fra km 33,500 til km 38,500

(Forklaring: T-Thyssen, D-Domnarvet, T/D-både Thyssen og Domnarvet, tall-stålkvalitet, HH-hodeherdet, /HH-både hodeherdet og ikke hodeherdet)

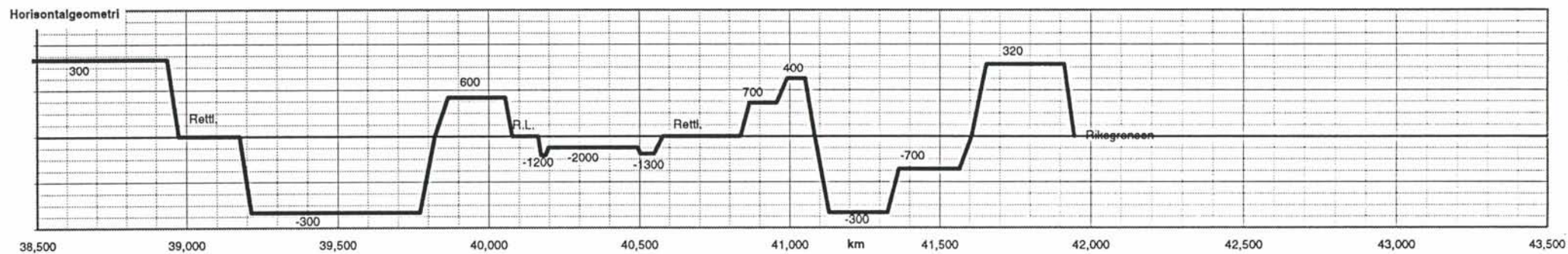
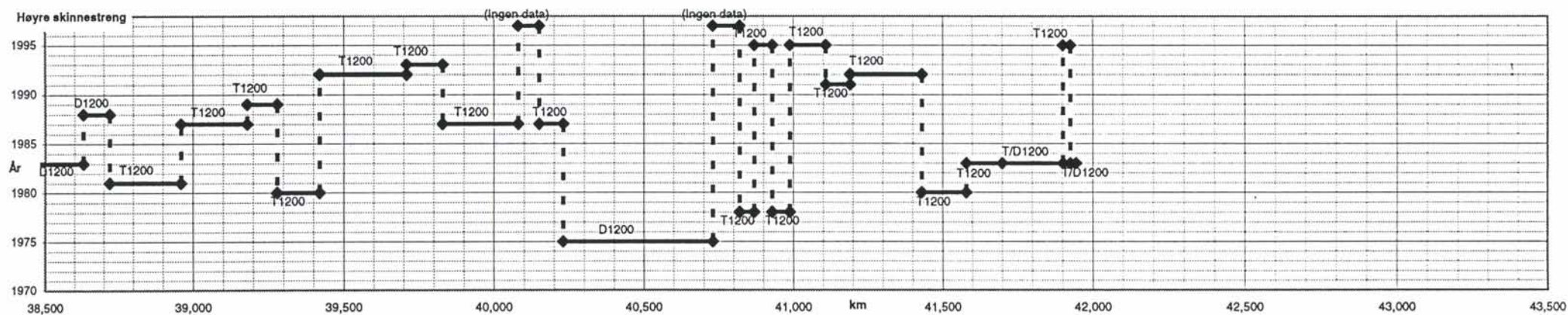
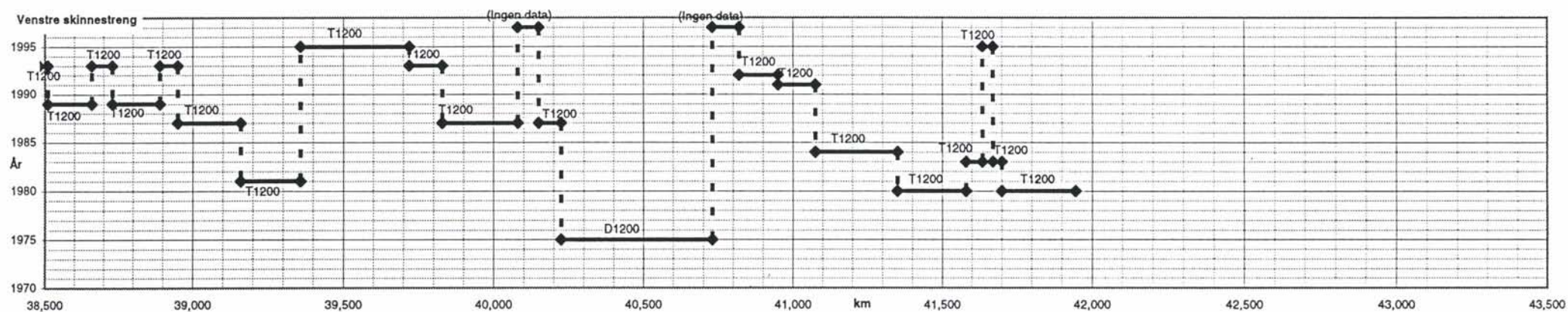


# Ofoibanen

## Skinner: Innleggingsår og stålqualität sett i forhold til horisontalgeometri

Fra km 38,500 til km 43,500

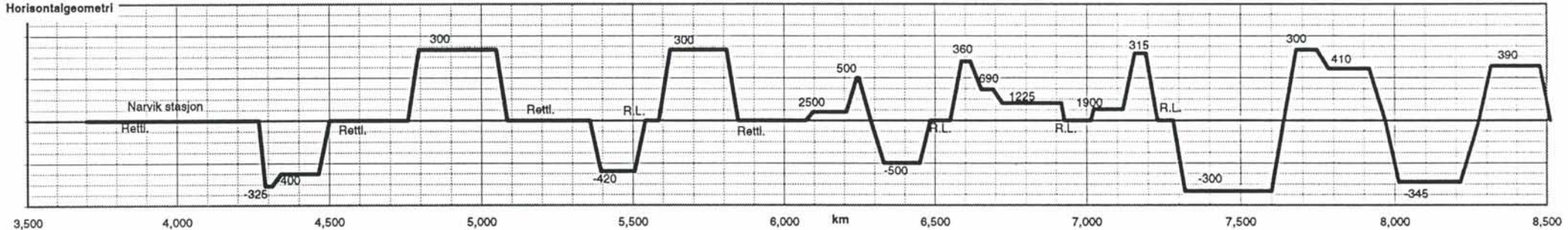
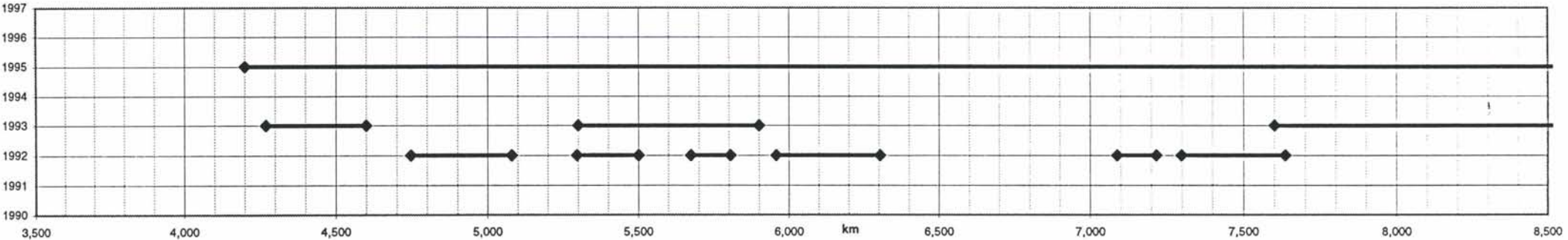
(Forklaring: T-Thyssen, D-Domnarvet, T/D-både Thyssen og Domnarvet, tall-stålqualität, HH-hodeherdet, /HH-både hodeherdet og ikke hodeherdet)



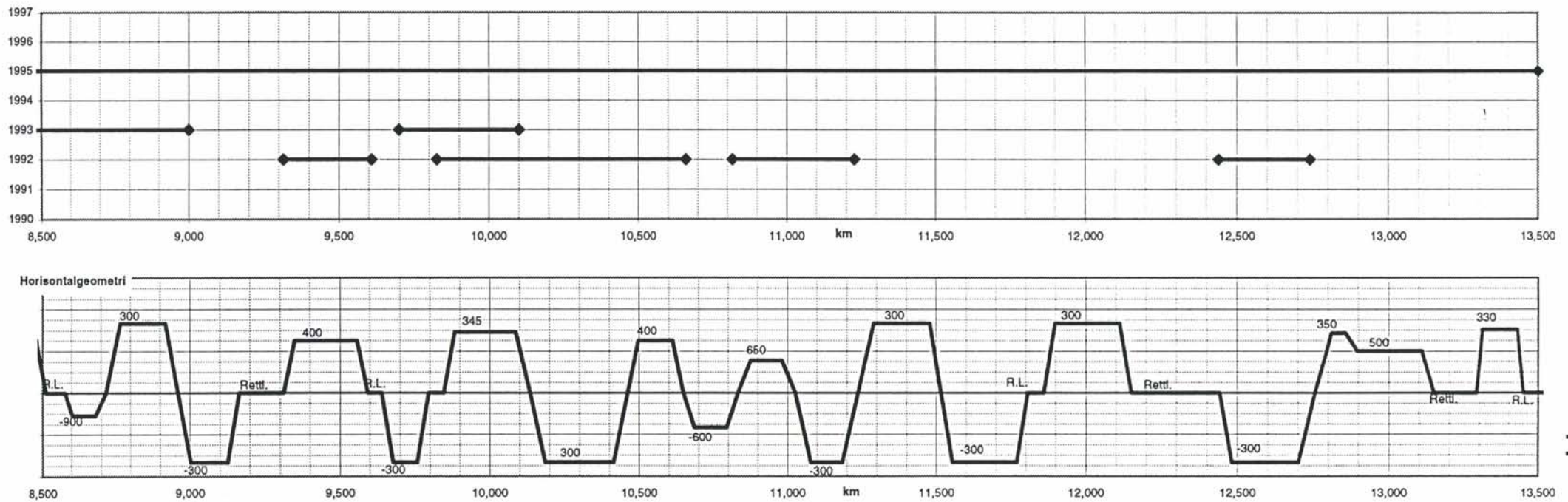
# APPENDIKS 2



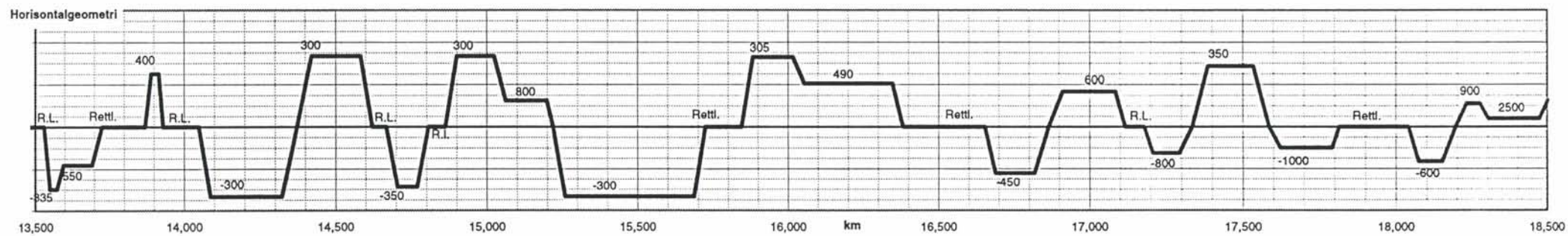
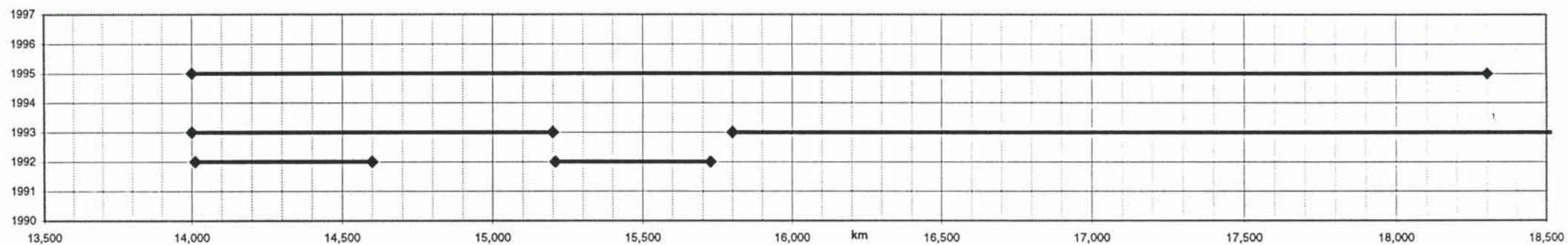
Skinnesliping i årene 1992,1993 og 1995 sett i forhold til horisontalgeometri  
 Fra km 3,5 til km 8,5



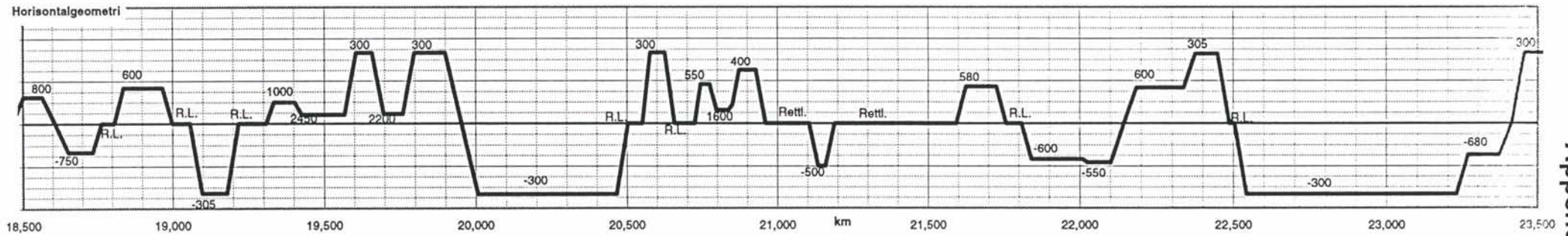
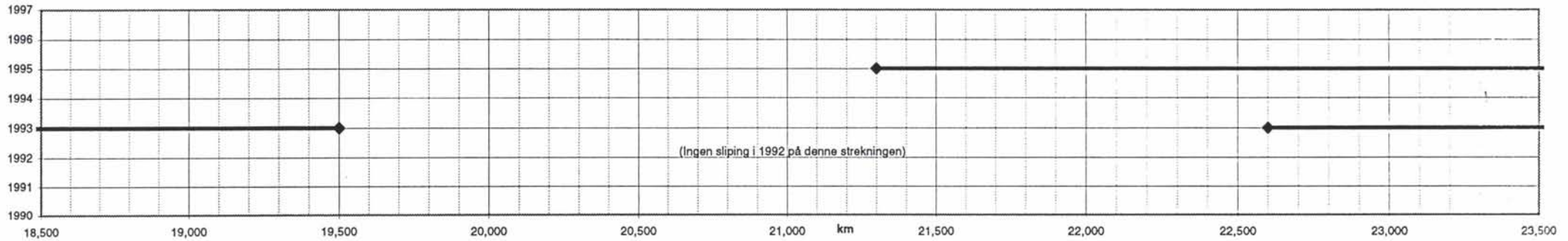
Skinnesliping i årene 1992,1993 og 1995 sett i forhold til horisontalgeometri  
 Fra km 8,5 til km 13,5



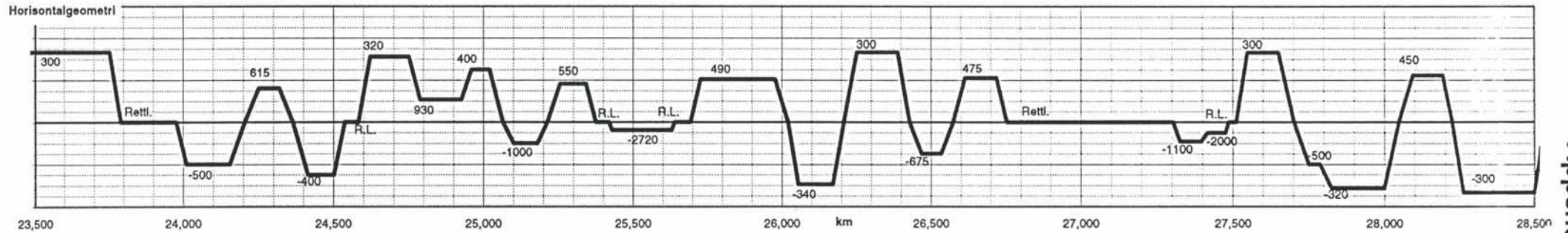
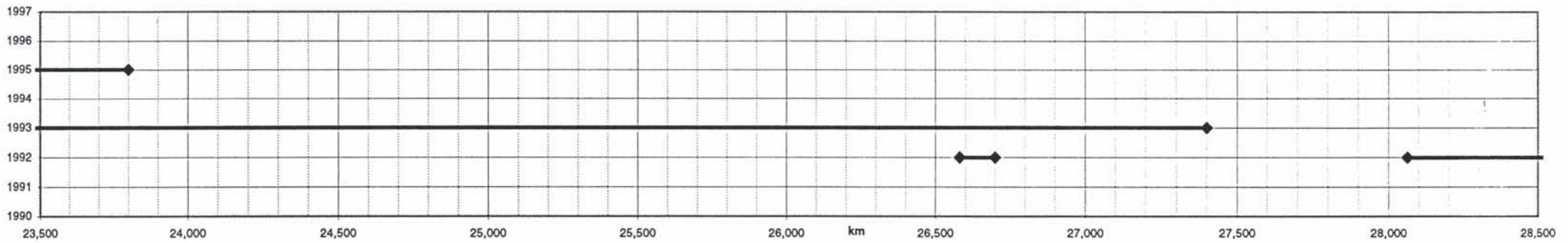
Skinnesliping i årene 1992,1993 og 1995 sett i forhold til horisontalgeometri  
 Fra km 13,5 til km 18,5



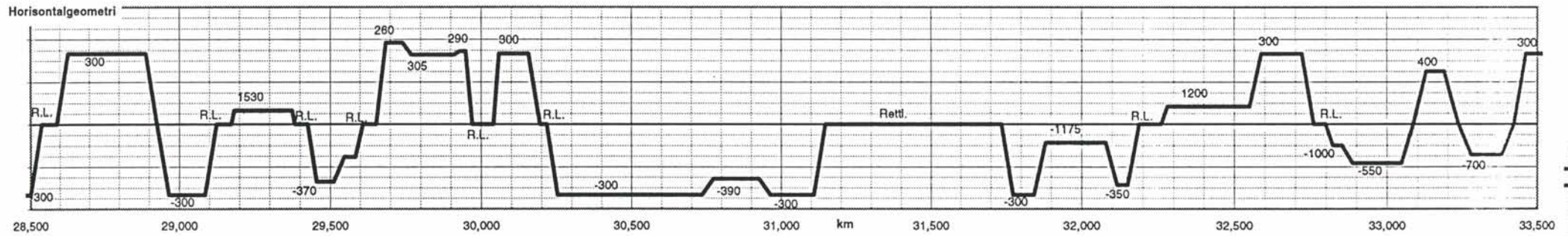
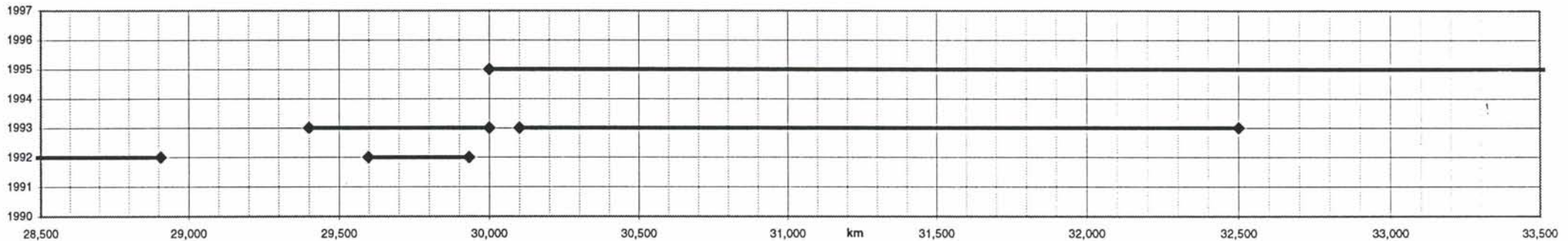
Skinnesliping i årene 1992,1993 og 1995 sett i forhold til horisontalgeometri  
Fra km 18,5 til km 23,5



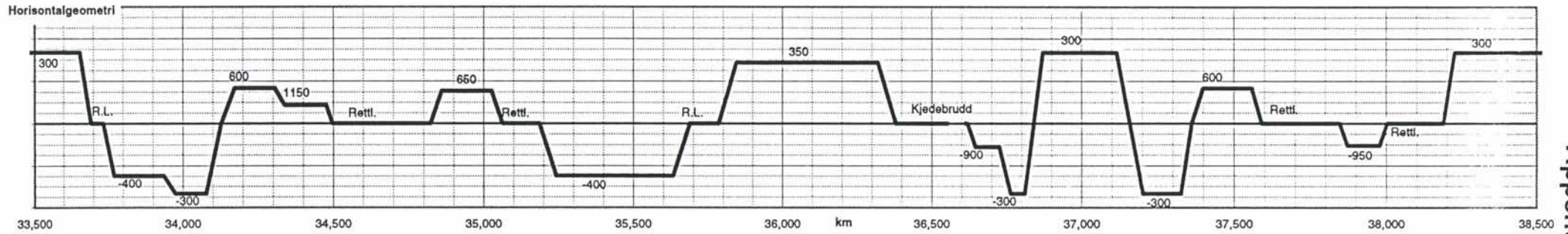
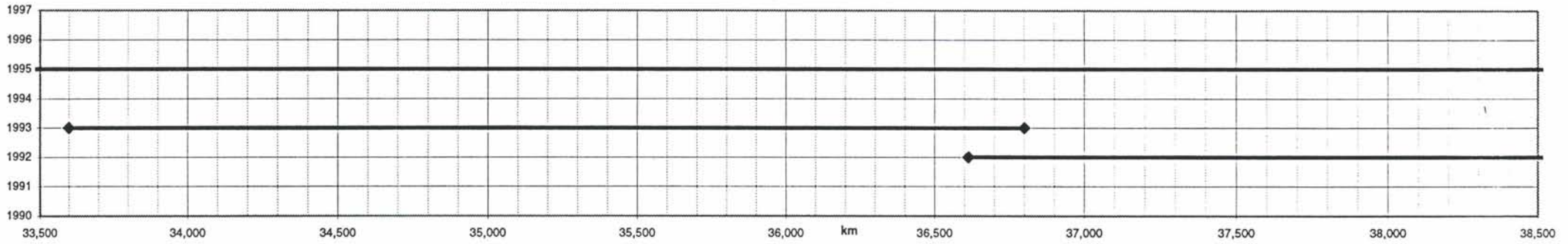
Skinnesliping i årene 1992,1993 og 1995 sett i forhold til horisontalgeometri  
 Fra km 23,5 til km 28,5



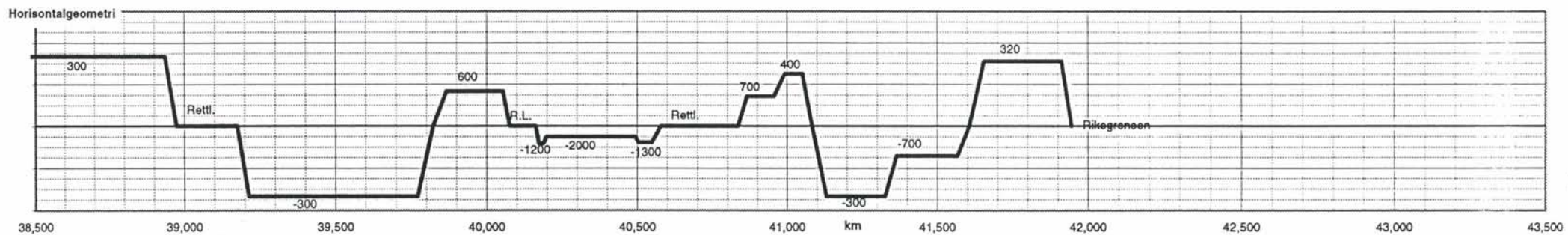
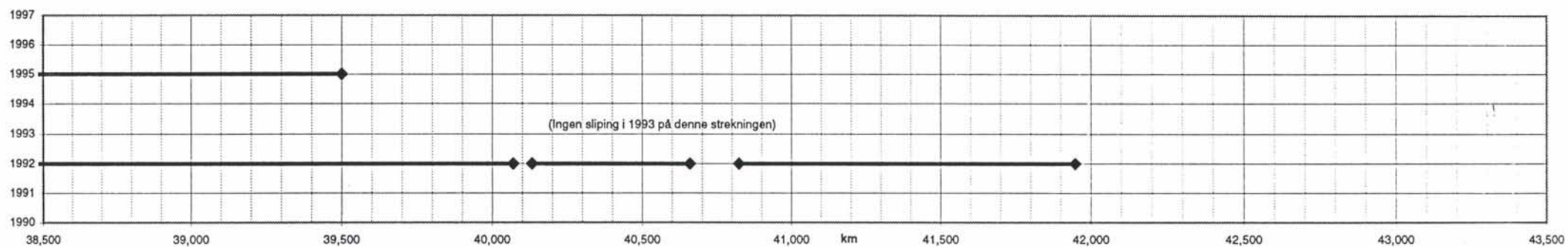
Skinnesliping i årene 1992,1993 og 1995 sett i forhold til horisontalgeometri  
 Fra km 28,5 til km 33,5



Skinnesliping i årene 1992,1993 og 1995 sett i forhold til horisontalgeometri  
Fra km 33,5 til km 38,5



Skinnerliping i årene 1992,1993 og 1995 sett i forhold til horisontalgeometri  
Fra km 38,5 til km 43,5



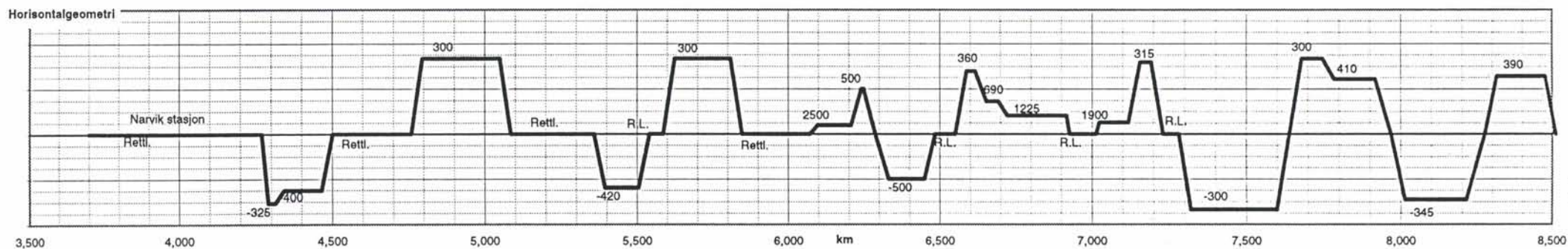
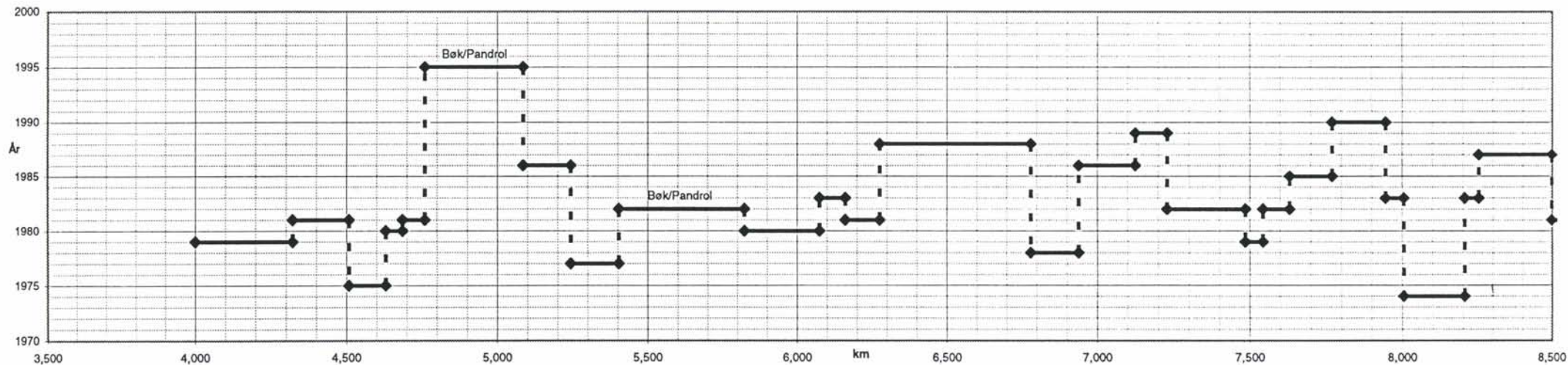


# APPENDIKS 3

Sviller: Innleggingsår. (Hvis ikke annet er nevnt er svillene av bøk med Heybackbefestning)

Fra km 3,5 til 8,5

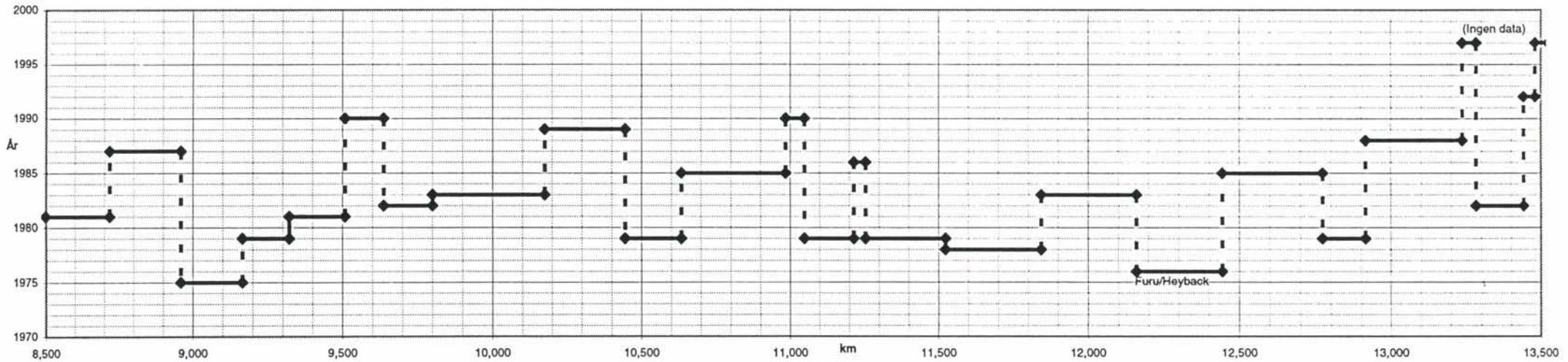
(Dersom innleggingsår er angitt til 1997 betyr det at det mangler data for den aktuelle strekningen)



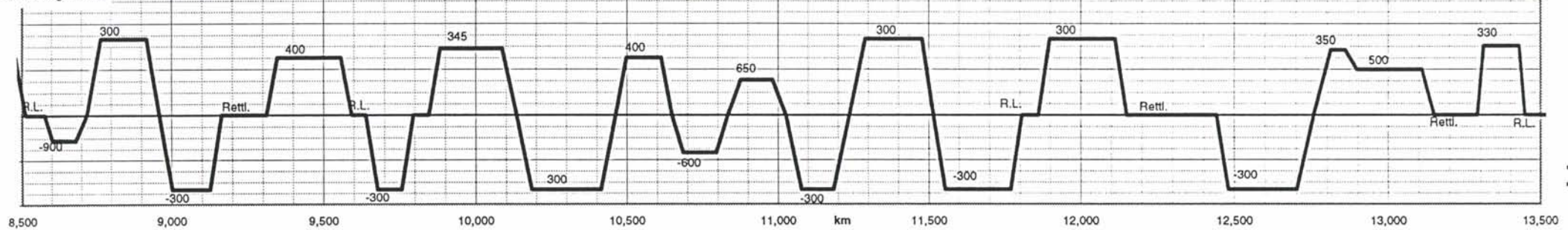
Sviller: Innleggingsår. (Hvis ikke annet er nevnt er svillene av bøk med Heybackbefestning)

Fra km 8,5 til 13,5

(Dersom innleggingsår er angitt til 1997 betyr det at det mangler data for den aktuelle strekningen)



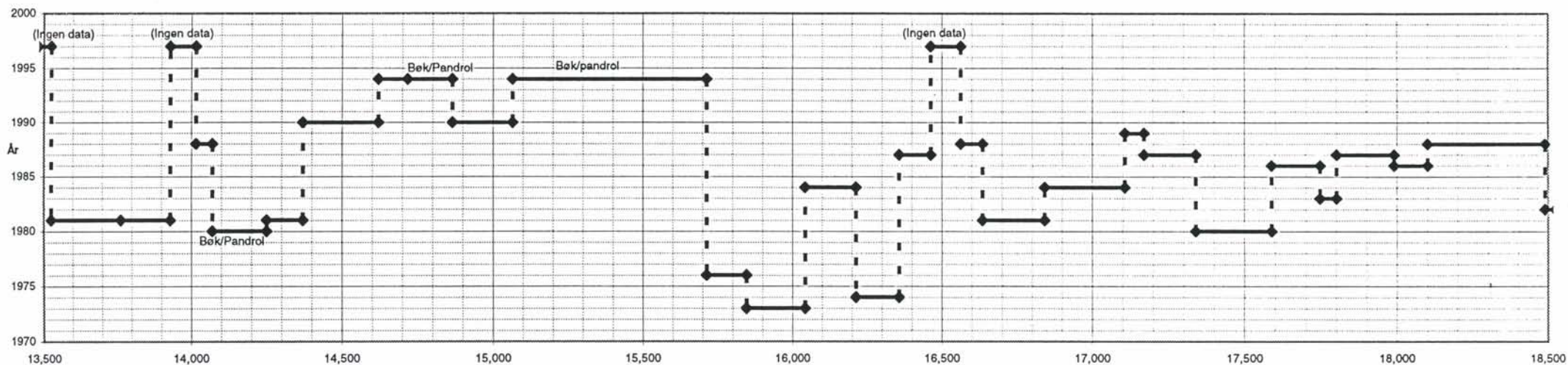
Horisontalgeometri



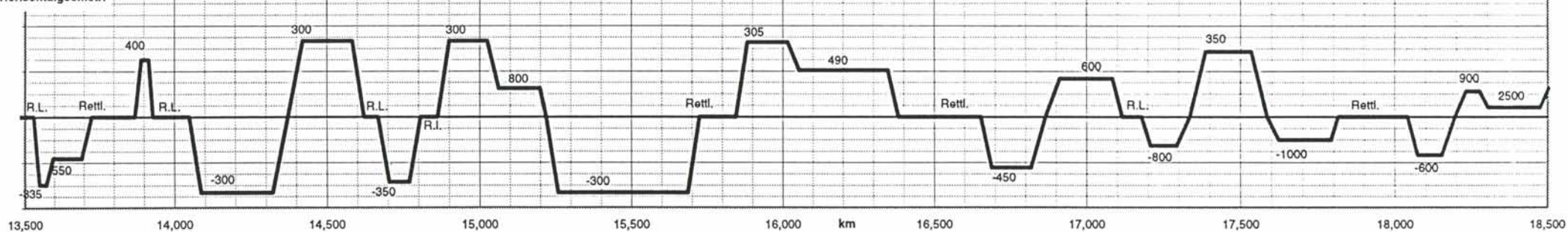
Sviller: Innleggingsår. (Hvis ikke annet er nevnt er svillene av bøk med Heybackbefestning)

Fra km 13,5 til 18,5

(Dersom innleggingsår er angitt til 1997 betyr det at det mangler data for den aktuelle strekningen)



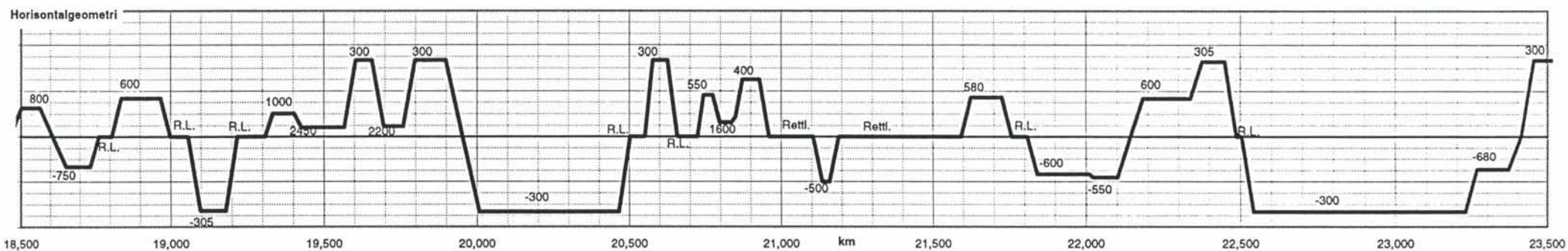
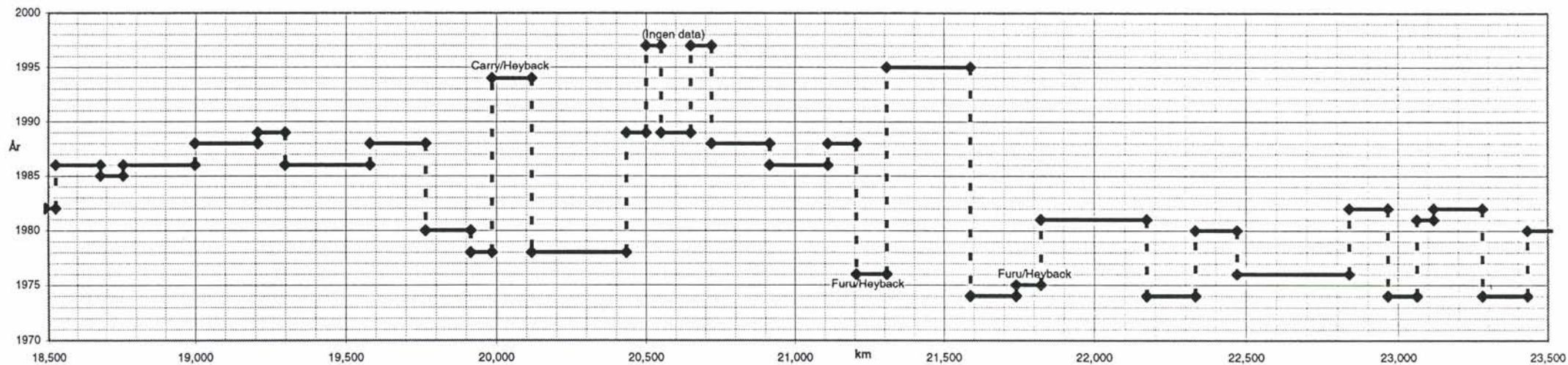
Horisontalgeometri



Sviller: Innleggingsår. (Hvis ikke annet er nevnt er svillene av bøk med Heybackbefestning)

Fra km 18,5 til 23,5

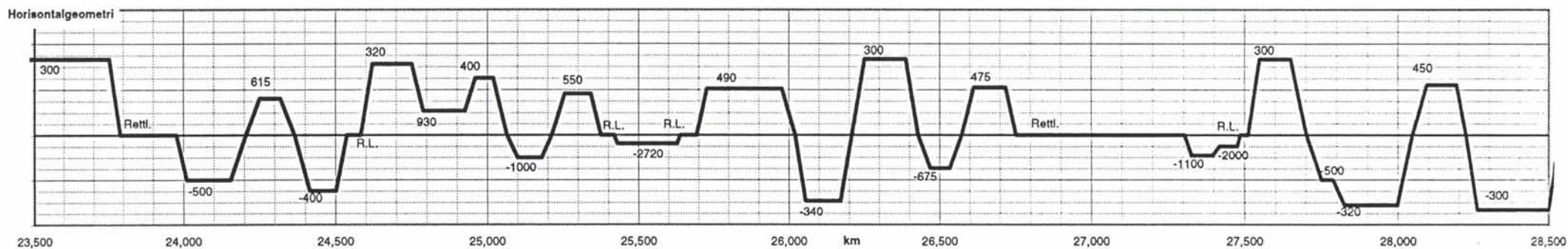
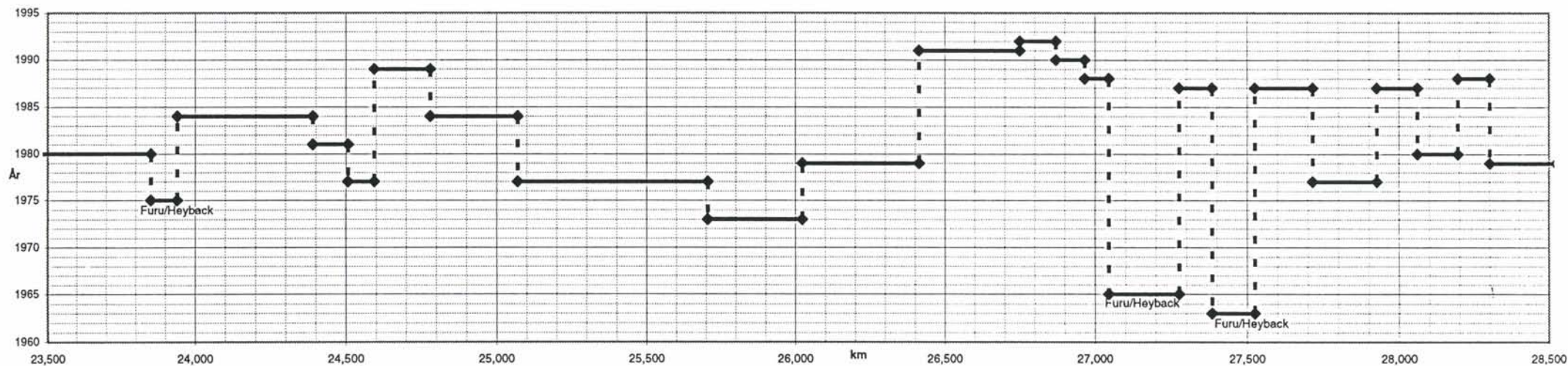
(Dersom innleggingsår er angitt til 1997 betyr det at det mangler data for den aktuelle strekningen)



Sviller: Innleggingsår. (Hvis ikke annet er nevnt er svillene av bøk med Heybackbefestning)

Fra km 23,5 til 28,5

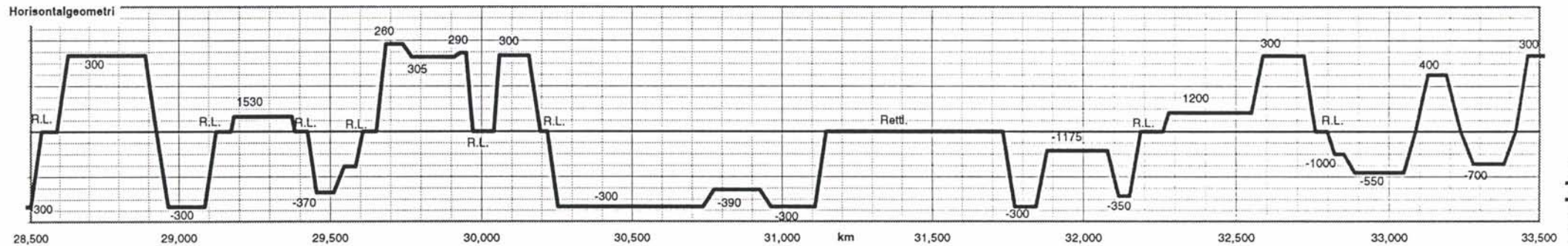
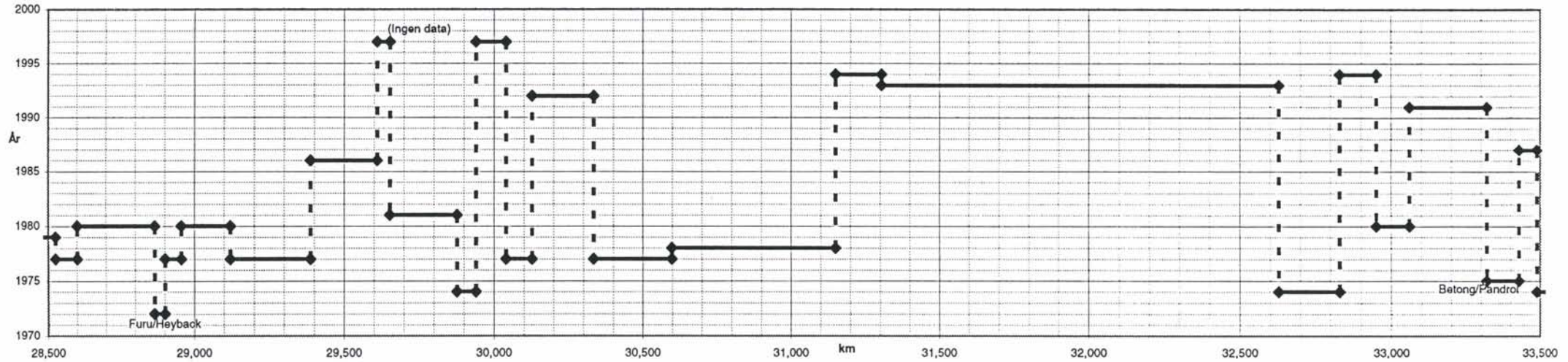
(Dersom innleggingsår er angitt til 1997 betyr det at det mangler data for den aktuelle strekningen)



Sviller: Innleggingsår. (Hvis ikke annet er nevnt er svillene av bøk med Heybackbefestning)

Fra km 28,5 til 33,5

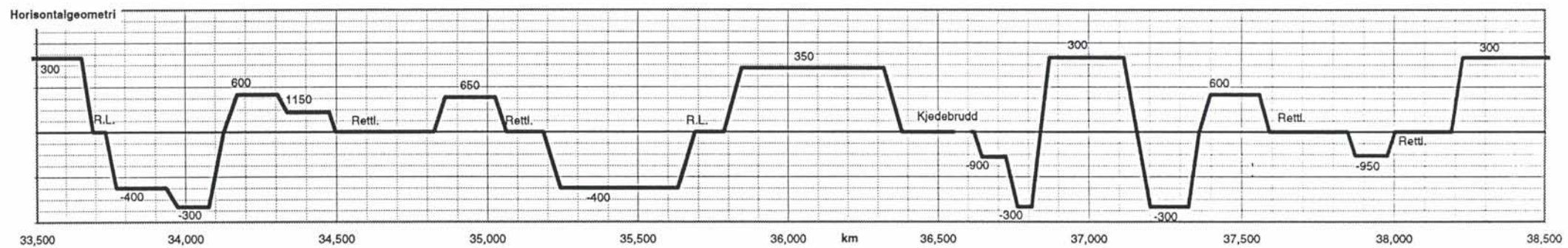
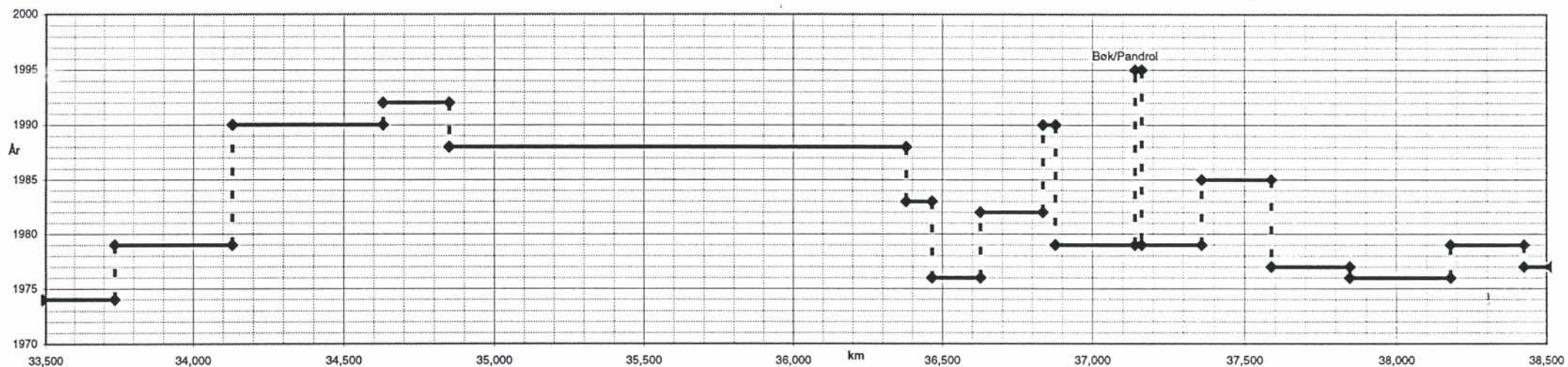
(Dersom innleggingsår er angitt til 1997 betyr det at det mangler data for den aktuelle strekningen)



Sviller: Innleggingsår. (Hvis ikke annet er nevnt er svillene av bøk med Heybackbefestning)

Fra km 33,5 til 38,5

(Dersom innleggingsår er angitt til 1997 betyr det at det mangler data for den aktuelle strekningen)





Sviller: Innleggingsår. (Hvis ikke annet er nevnt er svillene av bøk med Heybackbefestning)

Fra km 38,5 til 43,5

(Dersom innleggingsår er angitt til 1997 betyr det at det mangler data for den aktuelle strekningen)

