

STF22 A02319 – Åpen

# RAPPORT

## Ballastrensing, vedlikehold og sporkvalitet

Terje Lindland

**SINTEF Bygg og miljø**  
Veg og samferdsel

Oktober 2002

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)





**SINTEF Bygg og miljø**  
Veg og samferdsel

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: Klæbuveien 153  
Telefon: 73 59 46 60  
Telefaks: 73 59 46 56

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Ballastrensing, vedlikehold og sporkvalitet**

FORFATTER(E)

Terje Lindland

OPPDRAAGSGIVER(E)

Jernbaneverket, Hovedkontoret

RAPPORTNR.	GRADERING	OPPDRAAGSGIVERS REF.	
STF22 A02319	Åpen	Heidi K. Bjordal og Christopher Schive	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG
Åpen	82-14-02809-4	223051	52 sider
ELEKTRONISK ARKIVKODE	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)	
i:\2235\pro\223051\A02319.doc	Terje Lindland <i>Terje Lindland</i>	Leif Jørgen Baklakk <i>Leif Jørgen Baklakk</i>	
ARKIVKODE	DATO	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	
223051	2002-10-31	Tore Knudsen, forskningssjef <i>Tore Knudsen</i>	

## SAMMENDRAG

I perioden 1990-2000 ble ca 67 km (80 %) av strekningen Nelaug-Kristiansand ballastrenset. Totalt kostet dette ca 160 mill kr (prisnivå 1998). I samme periode ble kun ca 5 km (5 %) av strekningen Mosjøen-Mo ballastrenset. Med bakgrunn i denne forskjellen er det undersøkt om det er systematiske forskjeller i drifts- og vedlikeholds-kostnader, sporkvalitet, feiltrater, ikke-planlagte saktekjøringer, uhell og uønska hendelser på de to strekningene.

På Nelaug-Kristiansand har det vært en klar kvalitetsforbedring i perioden 1991-2001. Dette gjelder spesielt for K-tall, vindskjevhet, høydefeil og pilhøydefeil. For skinnebrudd, avsporinger grunnet dårlig spor, solslyng og skinnefeil gruppe 1 har det i hele perioden vært så få feil at det ikke har vært mulig å finne noen utvikling. For akuttfeil i sporveksler og ikke-planlagte saktekjøringer har vi ikke data fra første del av perioden.

På Mosjøen-Mo har det også vært en viss kvalitetsforbedring for banen i perioden 1991-2001. Dette gjelder for vindskjevhet (9 m) og pilhøydefeil. For K-tall, høydefeil og skinnefeil gruppe 1 har det vært en viss kvalitetsforbedring, men de siste 4 årene har kvaliteten sunket noe igjen. For vindskjevhet (2 m) har det vært en klar forverring av tilstanden i hele perioden. For skinnebrudd, avsporinger grunnet dårlig spor og solslyng har det i hele perioden vært så få feil at det ikke har vært mulig å finne noen utvikling. For akuttfeil i sporveksler og ikke-planlagte saktekjøringer har vi ikke data fra første del av perioden.

Undersøkelsen ble utført samtidig som ballastrensingen ble avsluttet på Nelaug-Kristiansand. Regnskapstallene tyder på at driftskostnadene på Nelaug-Kristiansand ble redusert i perioden 1999-2001, mens de øket på Mosjøen-Mo i samme periode.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Jernbane	Railroad
GRUPPE 2	Vedlikehold	Maintenance
EGENVALGTE	Ballast	Ballast
	Kostnader	Cost
	Tilstand	Condition

Eks. 1



**SINTEF**

g 625.14 NSB lin



## FORORD

I Region Nord har det vært en generell nedgang i vedlikeholdsinnsett på ballast de siste årene. På Sørlandsbanen i Region Sør har det derimot vært satset systematisk på ballastrensing siden 1991. Med dette som bakgrunn har det vært undersøkt om det er systematiske forskjeller i drifts- og vedlikeholdskostnadene og sporstandarden på en utvalgt banestrekning i hver av de to regionene.

Dette er sluttrapporten for prosjektet "Ballastrensing, vedlikehold og sporkvalitet". Prosjektet har vært gjennomført ved SINTEF Bygg og miljø, avdeling Veg og samferdsel på oppdrag fra Jernbaneverket Hovedkontoret. Prosjektmedarbeider hos SINTEF har vært Terje Lindland, som også har skrevet rapporten.

Prosjektet har vært ledet av et prosjektråd bestående av:

Heidi Bjordal, Jernbaneverket Hovedkontoret  
Christopher Schive Jernbaneverket Hovedkontoret  
Roy Ramsland, Jernbaneverket Region Sør  
Lars Petter Hoven, Jernbaneverket Region Nord  
Terje Lindland, SINTEF Bygg og miljø

Trondheim oktober 2002



**INNHOLDSFORTEGNELSE**

	<b>Sammendrag.....</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Bakgrunn og målsetting .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>Grunnlagsdata .....</b>	<b>13</b>
	2.1 Generelt om underbygningen .....	13
	2.2 Generelt om ballasten.....	15
	2.3 Generelt om skinner og sviller .....	16
	2.4 Togbelastning.....	17
<b>3</b>	<b>Ballastrensing .....</b>	<b>18</b>
	3.1 Behov for ballastrensing .....	18
	3.2 Utført ballastrensing.....	18
	3.3 Ballastprofilering .....	21
<b>4</b>	<b>Drift og vedlikehold.....</b>	<b>22</b>
	4.1 Drifts- og vedlikeholdsbudsjett .....	22
	4.2 Sporjustering.....	24
	4.3 Andre vedlikeholdsaktiviteter .....	25
<b>5</b>	<b>Tilstandsparametre .....</b>	<b>27</b>
	5.1 Utvikling av kvalitetstall på referansestrekningene .....	27
	5.2 Sporpakkingens innvirkning på gjennomsnittlig kvalitetstall på referansestrekningene.....	29
	5.3 Variasjon av K-tallet på referansestrekningene .....	31
	5.4 Ballastrensingens innvirkning på behov for sporpakking.....	32
	5.5 Utvikling av K-tallet etter maskinjustering .....	33
	5.6 K-tall ved pakking.....	35
	5.7 Alvorlige sporfeil .....	38
	5.8 Skinnefeil.....	45
	5.9 Akuttfeil i sporveksler.....	46
<b>6</b>	<b>Uhell og uønska hendelser.....</b>	<b>47</b>
<b>7</b>	<b>Ikke-planlagte saktekjøringer .....</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>Konklusjoner .....</b>	<b>50</b>
<b>9</b>	<b>Videre arbeid .....</b>	<b>51</b>
<b>10</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>52</b>



## **Sammendrag**

### **Ballastrensing**

I perioden 1990-2000 ble ca 67 km (80 %) av strekningen Nelaug-Kristiansand på Sørlandsbanen ballastrenset. Vi har ikke eksakt oversikt over hvor mye dette kostet. Men i perioden 1996-2000 ble 34,6 km ballastrenset til en samlet kostnad på ca 31,5 mill kr. Dette tilsvarer ca 910 kr pr spormeter ved kostnadsnivå ca 1998.

I tillegg til ballastrensingen gjøres før- og etterarbeider som innkjøp av kabler og kabelkanaler samt utlegging og montering av dette, renovering av stikkrenner og grøfter, fjerning av vegetasjon (helt til gjerdet) og vegetasjonssprøyting på det som er ryddet. I snitt over perioden 1996-2001 kostet dette ca 1 440 kr pr spormeter.

Etter ballastrensing må sporet pakkes 3 ganger. Ut fra løpemeterpriser må vi anta at 3 sporjusteringer samlet koster ca 50 kr pr spormeter.

Følgelig blir samlet kostnad til ballastrensing inkludert før- og etterarbeider ca 2 400 kr pr spormeter (kostnadsnivå ca 1998). Av denne kostnaden utgjør selve ballastrensingen 35-40 %, før- og etterarbeider (kabler, drenering og vegetasjonsrydding) ca 60 % og pakking etter ballastrensingen under 5 %. Som en ser utgjør før- og etterarbeidene en betydelig del av kostnadene, og det bør være et potensiale for innsparing her.

Diskonterte årlige kostnader til ballastrensing er avhengig av den kalkulasjonsrenten som benyttes og av hvor lang tid det går mellom hver gang det ballastrenses. For en kalkulasjonsrente på 4 % varierer de årlige løpemeterkostnadene mellom kr 77 og kr 123 for levetider på henholdsvis 50 og 25 år. Følgelig må de årlige innsparingene på drift, vedlikehold og andre kostnader være på ca kr 80-120 pr lm spor (prisivå ca 1998) for at ballastrensingen skal være økonomisk lønnsom.

I perioden 1990-2000 ble kun 5,1 km (ca 5 %) av strekningen Mosjøen-Mo på Nordlandsbanen ballastrenset. Dette ble gjort i 1994.

### **Drift og vedlikehold**

På strekningen Nelaug-Kristiansand ble gjennomsnittlig 43 % av strekningen maskinjustert hvert år i perioden 1996-2001. Dette inkluderer de tre pakkingene i tilknytning til ballastrensingen. Dersom en ser bort fra disse ble gjennomsnittlig 29 % av strekningen maskinjustert. På strekningen Mosjøen-Mo ble gjennomsnittlig 24 % av strekningen justert årlig i perioden 1998-2001. Ut fra dette ser det ut som om det er større behov for sporjustering på Nelaug-Kristiansand enn Mosjøen-Mo. Sammenligningsperioden er imidlertid kort, og i tillegg er det kort tid siden ballastrensingen på Sørlandsbanen ble utført. Derfor kan vi ikke trekke sikre konklusjoner.

På Mosjøen-Mo ble sporpakkingen utført over betydelig kortere strekninger enn på Nelaug-Kristiansand. Mange av delstrekningene, som ble pakket, hadde en lengde på 100-300 m. Svært få av delstrekningene, som ble pakket, hadde en lengde på over 1 km. På Nelaug-Kristiansand hadde svært få av delstrekningene, som ble pakket, en lengde på under 1 km, mens en god del av delstrekningene som ble pakket, hadde en lengde på over 5 km. Dette tyder på at på Nordlandsbanen foretas det en god del "brannsløkking" av spesielt dårlige partier. På sikt vil dette føre til et generelt forfall på banen.



Generelt er det gjort noe mer sliping, høvling, innlegging av kapp, stikkbytte av sviller og nøytralisering på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand enn på Mosjøen-Mo.

På Nelaug-Kristiansand var gjennomsnittlig driftskostnad på strekningen 82 kr pr lm i perioden 1996-2001. I samme periode var gjennomsnittlig driftskostnad på Mosjøen-Mo 86 kr pr lm. Driftskostnaden på referansestrekningen på Nordlandsbanen var ca 40 % større enn på referansestrekningen på Sørlandsbanen i 2001. Ut fra de tre siste årene i perioden kan det se ut som om forskjellen øker, men tidsperioden er noe for kort til å konkludere sikkert med dette.

For Nelaug-Kristiansand varierte drifts- og vedlikeholdskostnadene (eksl ballastrensing og før- og etterarbeider) fra 67 til 86 kr pr spormeter med et gjennomsnitt på 77 kr pr spormeter for perioden 1998-2001. For Mosjøen-Mo varierte drifts- og vedlikeholdskostnadene fra 74 til 125 kr pr spormeter med et gjennomsnitt på 110 kr pr spormeter i samme 4-årsperioden. Forskjellen i 4-årsperioden er 33 kr pr lm pr år. Det er derfor rimelig å anta at den reelle forskjellen i drifts- og vedlikeholdskostnader (eksl ballastrensing og før- og etterarbeider) er på 40-50 kr pr lm spor dersom begge strekningene hadde hatt samme spor- og underbygningsstandard. Dette utgjør ca 30-60 % av det som må spares inn grunnet økte kostnader til ballastrensing (80 kr pr lm spor ved ballastrensing hvert 50. år, og 120 kr pr lm spor ved ballastrensing hvert 25. år). Forøvrig er tidsrommet med kostnadsdata noe kort, og det er derfor vanskelig å trekke sikre konklusjoner.

De siste årene har nok budsjettet vært noe mer romslig på Sørlandsbanen enn på Nordlandsbanen. Mye tyder på at det i praksis har vært holdt en høyere standard mhp maskinjustering på referansestrekningen på Sørlandsbanen sammenlignet med Nordlandsbanen, og at en ikke fullt ut har tatt ut gevinsten fra ballastrensing på Nelaug-Kristiansand. Dette antar vi er en vesentlig årsak til det forholdsvis høye forbruket på denne referansestrekningen.

## Kvalitetstall

På begge referansestrekningene lå K-tallet i området 50-60 (henholdsvis vår og høst) rundt 1990. Rundt 2000 var K-tallet øket til 90-98 på Nelaug-Kristiansand og til 70-75 på Mosjøen-Mo. På Nelaug-Kristiansand må vi anta at ballastrensing er hovedårsak til økning i K-tallet, da det har vært en viss reduksjon av sporpakking fra 1996. På Mosjøen-Mo skyldes nok økningen fram til 1998 hovedsaklig utført sporpakking og at det er fokusert på K-tallet i ledelsen i Region Nord. Derfor har en gått over til å pakke spesielt dårlige "punkt"; dvs at en pakker korte biter og delvis supplerer med pukk. Det må imidlertid gjøres oppmerksom på at det i gjennomsnitt pr år i perioden 1998-2001 er gjort 20-80 % mer maskinjustering på Nelaug-Kristiansand enn på Mosjøen-Mo avhengig av om pakking i tilknytning til ballastrensing inkluderes eller ikke. Mye tyder også på at en årsak til reduksjon i K-tallet på Mosjøen-Mo etter 1998 kan være manglende ballastrensing, og at ballasten er såpass forurenset at en ikke lenger oppnår en positiv effekt med "punktpakking".

På Nelaug-Kristiansand synes det som om K-tallet hovedsaklig reduseres gjennom vinteren; dvs fra høstmålingen til vårmålingen. På Mosjøen-Mo er det også en viss reduksjon av K-tallet i løpet av sommeren, men denne reduksjonen er ikke så stor som den som oppstår om vinteren. En årsak til dette kan være at standarden på underbygningen på Mosjøen-Mo er forholdsvis dårlig.

På km-strekninger på Sørlandsbanen som ble ballastrenset de siste 25 år, holdt K-tallet seg på 100 i ca 4 år på halvparten av de undersøkte km-strekningene. På den resterende halvparten sank K-tallet under 100 etter 2-3 år. På de km-strekningene som hadde ligget lenger enn 25 år uten ballastrensing, begynte K-tallet å synke under 100 allerede 2 år etter ballastrensing. K-tallet sank

også betydelig raskere på de km-strekningene som hadde ligget lengst uten ballastrensing. Undersøkelser på Nordlandsbanen stemmer godt overens med resultatene fra de km-strekningene på Sørlandsbanen som ikke har vært ballastrenset de siste 25 årene. Dette viser at ballastrensingen har en positiv effekt på ballasten, men det er ikke mulig å tallfeste dette nærmere med grunnlag i datamaterialet fra dette prosjektet.

Ut fra gjennomsnittstallene er det en svak tendens til at på de km-strekningen på Nelaug-Kristiansand som ble ballastrenset i 1978-1987 er det noe større behov for maskinjustering enn på de km-strekningene som ble ballastrenset i 1990-1995. Dette er imidlertid ikke entydig da det er stor variasjon mellom de enkelte år. På de km-strekningene som ble ballastrenset de siste 5 årene, ble det utført klart mindre pakking enn på de øvrige km-strekningene. For å vurdere dette mer inngående burde vi hatt oversikt over pakkinger i perioden 1993-1995.

På Sørlandsbanen hadde ikke K-tallet ved pakking underskredet vedlikeholdsgrensa på noen av de undersøkte km-strekningene. Dette tyder på at på denne referansestrekningen holdes det en standard med hensyn på K-tallet som er langt høyere enn kravene i regelverket. På Nordlandsbanen derimot ble sporet på de fleste km-strekningene (ca 80 %) pakket når K-tallet var kommet ned i en verdi på vedlikeholdsgrensa eller ned mot akuttgrensa. Dette tyder på at på denne referansestrekningen holdes det en standard som er omtrent etter kravene i regelverket. En årsak til den store forskjellen mellom de to referansestrekningene kan være at på Sørlandsbanen har en hatt ballastrenseprosjektet gående, og at en derfor i praksis har pakket før en egentlig burde. Det kan også ha vært andre årsaker enn K-tallet til at det ble pakket. Uansett bør drifts- og vedlikeholdsrutinene gjennomgås og vurderes opp mot regelverket.

## Tilstandsparametre

I perioden fra omkring 1991 til 2001 har det vært en betydelig standardheving på Nelaug-Kristiansand med hensyn på K-tall og alvorlige sporfeil (vindskjevhet, høydefeil og pilhøydefeil). På Mosjøen-Mo har det også vært en viss standardheving, men for vindskjevhet (2 m) og skinnefeil gruppe 1 har det vært en standardsenkning i perioden.

I slutten av 90-årene har antall alvorlige feil på Nelaug-Kristiansand blitt redusert til ca 0,1 feil pr mil ved høstmålingene for alle sporfeilene. Ved vårmålingene var det noe fler feil for vindskjevhet (2 m og 9 m) og pilhøyde. På dette tidspunktet var det omtrent like mange vindskjevhetsfeil (9 m) og pilhøydefeil på de to referansestrekningene, mens det var klart flere vindskjevheter (2 m) og høydefeil på Mosjøen-Mo.

På Nelaug-Kristiansand har det for de fleste feilene vært en reduksjon av alvorlige sporfeil på i størrelsesorden 70-90 % fra begynnelsen av 90-årene til år 2001. På Mosjøen-Mo har det også vært en reduksjon for vindskjevhet (9 m) og pilhøydefeil. For vindskjevhet (2 m) har det vært en økning i antall feil, mens høydefeil har holdt seg på omtrent samme nivå.

Tabellen på neste side viser en sammenligning av tilstandsparametre på de to referansestrekningene for perioden 1998-2001.



Tilstandsparameter	Nelaug-Kristiansand	Mosjøen-Mo
K-tall	88-98	56-90
Antall alvorlige vindskjevheter (2 m) pr mil pr år	0,1-0,4	0,8
Antall alvorlige vindskjevheter (9 m) pr mil pr år	0,1-0,4	0,1
Antall alvorlige høydefeil pr mil spor pr år	0-0,1	2,7-2,9
Antall alvorlige pilhøydefeil pr mil år	0,2-0,6	0,2-0,3
Antall skinnefeil gruppe 1 pr mil pr år	1	3

Referansestrekningen på Sørlandsbanen hadde omkring 2000 en betydelig høyere standard enn referansestrekningen på Nordlandsbanen med hensyn på følgende tilstandsparametre:

- K-tall
- Alvorlige vindskjevheter (2 m)
- Alvorlige høydefeil
- Skinnefeil feilgruppe 1

Referansestrekningen på Nordlandsbanen hadde omkring 2000 en noe høyere standard enn referansestrekningen på Sørlandsbanen med hensyn på følgende tilstandsparametre (det vil si at ved høstmålingen var standarden den samme, mens ved vårmålingen var standarden noe høyere på Nordlandsbanen):

- Alvorlige vindskjevheter (9 m)
- Pilhøydefeil

### Uhell og uønska hendelser

Det har ikke vært avsporinger på noen av de 2 referansestrekningene i perioden 1997-2001.

I perioden 1991-2001 var det totalt 2 solslyng på hver av referansestrekningene. Dette tilsvarer ca 0,02 solslyng pr mil bane pr år.

På referansestrekningen på Nordlandsbanen har det vært ca dobbelt så mange skinnebrudd (0,19 pr mil pr år) som på Sørlandsbanen.

Det er altså kun for skinnebrudd at det er forskjell på de to referansestrekningene. Det er ikke mulig å si noe om utviklingen over perioden 1991-2001 for noen av de tre hendelsene da det er såpass få hendelser pr år.

### Ikke-planlagte saktekjøringer

På referansestrekningen i Region Sør ble det funnet én ikke-planlagte saktekjøring i perioden april 2000-januar 2002 (21 måneder). Pr år tilsvarer dette ca 0,6 saktekjøringer med gjennomsnittlig varighet på 2 måneder på denne referansestrekningen.

På referansestrekningen i Region Nord har det totalt vært 26 ikke-planlagte saktekjøringer i perioden januar 2000-februar 2002 (26 måneder). To av disse saktekjøringene har stått hele

perioden, mens de resterende har hatt varierende varighet. Gjennomsnittlig tilsvarer dette ca 12 saktekjøringer pr år med gjennomsnittlig varighet 4,3 måneder på denne referansestrekningen.

Det er en betydelig forskjell i antall saktekjøringer på de to referansestrekningene. Gjennomsnittlig har det vært ca 20 ganger så mange ikke-planlagte saktekjøringer på referansestrekningen på Nordlandsbanen. Samtidig har disse en gjennomsnittlig varighet som er dobbelt så lang.

Investeringen på 160 mill kr i ballastrensing på strekningen Nelaug-Kristiansand i perioden 1990-2000 må medføre årlige innsparinger på kr 77 pr lm spor ved ballastrensing hvert 50. år, eller kr 123 pr lm spor ved ballastrensing hvert 25. år for at ballastrensingen skal være lønnsom ut fra et økonomisk synspunkt. Det er rimelig å anta at den reelle forskjellen i drifts- og vedlikeholdskostnader (eksl ballastrensing og før- og etterarbeider) er på 40-50 kr pr lm spor dersom begge strekningene hadde hatt samme spor- og underbygningsstandard. Dette tyder på at 30-60 % av kostnadene til ballastrensing kan spares inn gjennom drifts- og vedlikeholdskostnadene. Dette tilsvarer omtrent kostnadene til selve ballastrensingen (eksl før- og etterarbeid) og pakking av sporet etterpå.

De resterende kostnadene på ca 30 kr pr lm spor (ballastrensing hvert 50. år) til ca 80 kr pr lm spor (ballastrensing hvert 25. år) må da spares inn gjennom reduserte tidskostnader på strekningen. Dersom vi forutsetter at ikke-planlagte saktekjøringer er slik fordelt over året at de forsinket alle togene, og at hvert togminutt er verdt 250 kr, dvs at en forsinkelse på 1 min koster kr 250, må ikke-planlagte saktekjøringer reduseres slik at alle tog i gjennomsnitt bruker 10-20 sekund kortere tid pr mil bane for at ballastrensingen skal være lønnsom. På denne måten kan en spare inn de resterende 40-70 % av kostnadene til ballastrensing

Dette viser at for at ballastrensing til en kostnad på totalt ca 2 400 kr pr lm spor skal kunne forsvares økonomisk, må det oppnås betydelige tidsgevinster ved at regulariteten forbedres. Innsparing av drifts- og vedlikeholdskostnader alene kan ikke komme opp i slike beløp at ballastrensing kan forsvares økonomisk.

## 1 Bakgrunn og målsetting

De mest sentrale funksjonene til ballasten er:

- Utgjøre fundament for skinnegangen og overføre vertikale krefter fra trafikken gjennom svillene og videre nedover i undergrunnen
- Redusere vibrasjonene fra togtrafikken
- Sikre stabilt underlag for svillene og motstå forskyvning på langs og tvers av skinnestigen
- Sikre drenering og hurtig avrenning fra sporet
- Gi gode forhold for justering av sporgeometri og sporfeil

Ballasten har også andre viktige funksjoner som:

- Hindre telehiving ved å være et frostisolerende lag
- Hindre vegetasjonsinntrengning i sporet
- Dempe støy fra passerende tog

Årsaken til at en renser ballasten er at den ikke lenger fyller sin nødvendige funksjon på grunn av høy andel finstoff eller innhold av andre uønskede materialer. I Region Nord har det vært en generell nedgang i vedlikeholdsinnsats på ballasten de siste årene. I 10-års vedlikeholdsplan for Region Nord er det ikke satt av midler til ballastrensing fram til 2010. På strekningen Nelaug-Kristiansand på Sørlandsbanen har det derimot vært satset systematisk på ballastrensing siden 1990.

Med bakgrunn i dette er det interessant å undersøke om det er systematiske forskjeller i:

- Drifts- og vedlikeholdsbudsjett
- Sporkvalitet og feilrater
- Uhell og uønska hendelser

Følgende to referansestrekninger ble valgt for å undersøke dette; se tabell 1.

*TABELL 1 Referansestrekninger på Sørlandsbanen og Nordlandsbanen*

Linje	Referansestrekning	Fra-til (km)	Lengde (km)
2120	Nelaug-Kristiansand	281,41-365,29	83,88
1330	Mosjøen- Mo	406,01-497,98	91,88



## 2 Grunnlagsdata

### 2.1 Generelt om underbygningen

I tabell 2 er det vist en oversikt over tunneler og bruer på de to referansestrekningene.

*TABELL 2 Tunneler og bruer på referansestrekningene*

Referansestrekning	Antall tunneler	Lengde tunneler (%-andel)	Antall bruer
Nelaug-Kristiansand	22	3 100 m (4 %)	74
Mosjøen- Mo	35	13 130 m (14 %)	46

På referansestrekningen Nelaug-Kristiansand er det ca 110 horisontalkurver med radius under 500 m, mens på referansestrekningen Mosjøen-Mo er ca 85 horisontalkurver med radius under 500 m.

#### Nelaug-Kristiansand

Banen ligger et stykke inne i landet, og klimaet kan karakteriseres som innlandsklima. Referansestrekningen starter på Nelaug ca 140 meter over havet, og på Grasheittoppen er banens høyeste punkt ca 240 meter over havet. Etter å ha kjørt ca 60 kilometer fra Nelaug passerer en "under" 100 meters grensa over havet. Fra Grovane (km 345) og til Kristiansand varierer høyde over havet fra 60 til 7 meter i Kristiansand.

Tidligere var det ofte store snømengder som kunne sette banens punktlighet på prøve, men de siste årene har det vært lite snø langs banen. Men dersom det blir en snøvinter på Sørlandet, er Heldalsmo et skikkelig "snøhåll", der det ennå står to snøoverbygg fra en svunnen tid.

Langs hele banen er det gode grunnforhold slik at banen hviler på et godt fundament. Store deler av banen er fundamentert på steinfyllinger eller fjellskjæring. De siste kilometerene inn til Kristiansand er det en del finkornige masser, men dette har ikke, i nevneverdig grad, innvirket negativt på banens stabilitet.

På referansestrekningen er det ca 370 stikkrenner. Ved visitasjonen i 2001 ble ca 65 % av disse vurdert til å være OK. De resterende 35 % av stikkrennene hadde følgende mangler:

- Stikkrenne må/bør renses (13 %)
- Innløp må/bør renses (7 %)
- Finner ikke inn- og/eller utløp (6 %)
- Utløp må/bør renses (4 %)
- Stein må fjernes fra innløp (4 %)
- Stein må fjernes fra utløp (1 %)

## Mosjøen-Mo

Nordlandsbanen er bygd over en svært lang periode (1873 - 1962). Trasèvalget preges av at massebalansefilosofien er brukt som grunnlag. Fyllinger består derfor av stedlige masser som i vesentlig grad ikke tilfredsstillers dagens krav til fyllingsmasser. Mellom Mosjøen og Mo i Rana går Nordlandsbanen i tildels svært vanskelig terreng. Banen er utsatt for både løsmasseras og steinsprang i de mange tunnelene og skjæringene som finnes på strekningen. I tillegg går banen mye langs fjorden og er svært erosjonsutsatt. Det er stort behov for sikring av underbygning på strekningen.

Det er også noe problemer med dreneringen på referansestrekningen. På 2-3 fyllinger er det så stor setning at de må pakkes 2 ganger hvert år. Det er bevegelse på opp til 30 cm i året på disse fyllingene. Fyllingene er bratte og ligger nær rasvinkel. Generelt er derfor underbygningen et problem på strekningen.

På referansestrekningen er det ca 410 stikkrenner. Ved inspeksjon i 2000 og 2001 ble 62 % av disse vurdert til å være OK. De resterende 38 % av stikkrennene hadde følgende mangler:

- Utløp må/bør renses (stein/pukk/grus) (9 %)
- Problemer med svilledekket (rast sammen, dekker inn- og/eller utløp) (8 %)
- Stikkrenne må/bør renses (6 %)
- Renne delvis ødelagt, stein glidd mot hverandre i tørrmurt renne (5 %)
- Innløp må/bør renses (stein/pukk/grus/kvist) (5 %)
- Finner ikke inn- og/eller utløp (2 %)
- Vann renner under stikkrenna (2 %)
- Stikkrenna har rast sammen (1 %)

På et parti av referansestrekningen Mosjøen-Mo ble det i 1999 gjort en jobb med å sikre underbygningen. Tiltakene som ble utført var:

- Etablering av ny stikkrenne gjennom en eksisterende jernbanefylling for å etablere overløp til eksisterende stikkrenne
- Utslaking og plastring av fyllingsskråning mot fjorden
- Punktdrenering av ballast samt legging av ca 200 m drenerør, delvis langs fyllingsfot og delvis i skråning
- Gjenstøping av eksisterende stikkrenne samt legging av ca 300 m lukket drenerledning og gjenfylling av eksisterende linjegrøft med sprengstein.
- Etablering av en avskjærende terrenggrøft langs øvre side av en fylling
- Tetting av linjegrøft på øvre side av en fylling for å stoppe vanngjennomgang i fyllingen

I 2000 ble også en stikkrenne med for dårlig kapasitet skiftet.



## 2.2 Generelt om ballasten

### Nelaug-Kristiansand

Ballastens tilstand er nesten i henhold til krav i det tekniske regelverket /3/, men avviker på følgende punkter:

1. Ballasten ligger ikke "fritt" slik av vannet forsvinner ned på formasjonsplanet og dreneres bort. For å få betongkabelkanalen i rett posisjon er det fylt opp slik at topp betong kabelkanal ligger i samme nivå som topp sville. Massene som er brukt til oppfylling for kabelkanalen er av varierende kvalitet, men kvaliteten er bedret de siste årene. For 5-6 år siden ble avfall (rensemasse) fra ballastrenseverket benyttet.
2. Inn til bruer og i og ved sporveksler er det noen steder "hoppet" over, det vil si at det ikke er ballastrenset her.

Ballasthøyden er i henhold til krav i regelverket, dvs ca 60 cm. Ballastens skulderbredder er i henhold til krav i regelverket eller større. Dreneringstilstanden til ballasten er generelt god.

I perioden 1996-2000 er det årlig supplert med 8 300 m<sup>3</sup> ballast (varierer fra 10 900-7 000 m<sup>3</sup>) på strekningen. Dette tilsvarer ca 1 m<sup>3</sup>/lm pr år og inkluderer ballast tilført under ballastrensing. Vanligvis suppleres det med i underkant av 0,1 m<sup>3</sup>/lm pr år på strekninger der det ikke ballastrenses.

Hovedårsakene til øket finstoffinnhold i ballasten på referansestrekningen er trolig påkjenning/ nedknusing fra tog, arbeid i spor (pakking, jutering og arbeid som "tilfører" finstoff – graving, lasting og lossing), innhold av finstoff i "ny" ballast, vegetasjon (lauv og røtter) og svake bergarter. Lekkasje fra tog forekommer, men er redusert de siste årene.

### Mosjøen-Mo

Kravet til ballasttykkelse på 35 cm under svilleunderkant er stort sett ikke tilfredstilt på strekningen. Sporet ligger mange steder på kultlaget. På flere strekninger har en problemer med tette ballastskuldre. I mange tilfeller kan det være viktigere å gjøre noe med ballastskulderen enn å utføre full ballastrensing.

På omkring halvparten av referansestrekningen ble det lagt ballast på 70- og 80-tallet. Dette ble utført ved hjelp av portalkran, og sviller ble lagt på planert areal. Så ble det lagt pukk rundt svillene. Strekningen er trolig aldri ballastrenset.

I perioden før 1993 ble det årlig supplert med ca 5 000 m<sup>3</sup> ballast på strekningen. Dette tilsvarer ca 0,5 m<sup>3</sup>/lm pr år. I perioden etter 1993 er årlig ballastsupplering redusert til ca 3 000 m<sup>3</sup> ballast på strekningen. Dette tilsvarer ca 0,3 m<sup>3</sup>/lm pr år. Det reelle behovet for ballastsupplering er vurdert til å være 0,2-0,3 m<sup>3</sup>/lm pr år (forutsatt at ballasten renses ca hvert 25. år). Lokalt på enkelte fyllinger er behovet for ballastsupplering 1,5-2,0 m<sup>3</sup>/lm pr år. To årsaker til at behovet er såpass stort er at på disse fyllingene er det en viss setning, og at mange av fyllingene er så bratte at mye ballast raser ned fyllingskråningene.

Skulderbredden er rimelig bra (ca 40 cm). Kun enkelte punkt har for smalt formasjonsplan.

De viktigste årsakene til øket finstoffinnhold i ballasten er trolig produksjonsmetoder og behandling av ballasten under utlegging, manglende kvalitet (bruddene som ballasten kommer fra er ikke godkjent idag) og tilføring av humus grunnet manglende drenering i nedbørsperioder og ved flomtopper.

I 1995 ble ballasten gravd opp med spade for hver hele kilometer på begge sidene av sporet. Tykkelse og kvalitet av ballasten ble vurdert visuelt. Som et resultat av dette ble det anbefalt å ballastrense ca 43 km av strekningen, dvs ca 50 % av strekningen. Dette er ikke gjort, og en antar nå at det i 2001 er behov for å ballastrense ca 70 km, dvs ca 75 % av strekningen.

### 2.3 Generelt om skinner og sviller

Tabell 3 viser en oversikt over skinnetype og aldersfordeling. Tabellen viser at skinnene på referansestrekningen på Nordlandsbanen er noe eldre enn på referansestrekningen på Sørlandsbanen.

TABELL 3 Skinnetype og aldersfordeling (2001)

Referansestrekning	Skinnetype %-ford		Aldersfordeling av skinnene (%)				
	NSB40	S49/54	> 40	30-40	20-30	10-20	< 10
Nelaug-Kristiansand	0	100	6,2	0,2	60,9	32,7	0,0
Mosjøen- Mo	18	82	0,8	0,0	95,0	0,3	3,9

Tilstanden til skinnene på referansestrekningen på Nordlandsbanen med 40 kg skinner er tildels meget dårlig. Skinnene mangler sliping og det har vært en eksplosjon i gruppe 1 og 2 feil. Tilstandskartleggingen i 1998 viste at skinnene hadde utvasking og rifler på innerstreng i kurve. Det var også mye sluresår og sveisefeil, og i tunnelene var det dryppskader og rust på skinnene. Det er planlagt å skifte ca halvparten av disse skinnene i 2002 og resten i 2003. De øvrige skinnene (S49/54) har bra kvalitet.

Tabell 4 viser en oversikt over svilletepe og aldersfordeling. Tabellen viser at svillene på referansestrekningen på Nordlandsbanen er eldre enn på referansestrekningen på Sørlandsbanen.

TABELL 4 Svilletepe og aldersfordeling (2001)

Referansestrekning	Svilletepe %-ford		Aldersfordeling av svillene (%)				
	Tre	Betong	> 40	30-40	20-30	10-20	< 10
Nelaug-Kristiansand	2,7	97,3	0,6	0,3	61,9	36,7	0,5
Mosjøen- Mo	2,5	97,5	0,8	1,6	93,3	0,9	3,4

Det er registrert 140 stk vaskesviller på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand, inkludert vaskesviller i kryssingsspor (høsten 2001). Dette tilsvarer ca 1,7 vaskesviller pr km.

Det ble registrert 717 vaskesviller på referansestrekningen Mosjøen-Mo våren 2001. Dette tilsvarer ca 7,8 vaskesviller pr km. Ut fra erfaringene de siste årene antar en at antall vaskesviller øker med ca 10 % når en ikke gjør tiltak.

I tabell 5 er det vist en oversikt over antall planoverganger og sporveksler på de to referansestrekningene. På referansestrekningen på Sørlandsbanen er det dobbelt så mange sporveksler som på referansestrekningen på Nordlandsbanen. På strekningen på Nordlandsbanen er det ca 6 ganger så mange planoverganger som på Sørlandsbanen.

*TABELL 5 Planoverganger og sporveksler i hovedspor*

Referansestrekning	Antall sporveksler	Antall planoverganger
Nelaug-Kristiansand	28	23
Mosjøen- Mo	14	134

## 2.4 Togbelastning

Togbelastningen på de to referansestrekningene er vist i tabell 6 /4/. I 2000 var togbelastningen ca 30 % større på Nelaug-Kristiansand.

*TABELL 6 Togbelastning på referansestrekningene i 2000*

Referansestrekning	Bruttotonnkilometer (i 1000)			Belastning (br. tonn)
	Persontrafikk	Godstrafikk	Totalt	
Nelaug-Kristiansand	109 080	136 778	245 858	2 962
Mosjøen- Mo	88 949	124 637	213 586	2 322

På strekningen Nelaug-Kristiansand har det de siste årene gått ca 23 tog daglig, mens det på strekningen Mosjøen-Mo har gått ca 16 tog daglig.



### 3 Ballastrensing

#### 3.1 Behov for ballastrensing

Ifølge det tekniske regelverket /2/ skal ballastrensing settes iverk når:

- Det er problemer med å få justeringa til å stå og årsaken til dette er ballasten (høydefeil med bølgelengder på 3,5-30 m stammer oftest fra dårlig ballast)
- Ballasten ikke tilfredstiller krav til kornfordeling, slitestyrke og kornform
- Problemer med vaskesviller, frost og tele i bakken

For å få full effekt ut av ballastrensingen bør det utføres en del før- og etterarbeid i tillegg til selve ballastrensingen, f.eks grøfterensking og bygging av kabelkanaler. I Region Sør brukes følgende arbeidsopplegg:

- Vegetasjon fjernes året før ballastrensing
- Grøfting og kabelkanal legges året før ballastrensing (i perioden 1990-1992 ble ikke grøfting systematisk utført i tilknytning til ballastrensing)
- Ballastrensing
- Pakking 2 ganger like etter ballastrensing
- Pakking våren/forsommeren året etter ballastrensing
- Grøfterensking av linjegrøfter og stikkrennerer i forbindelse med opprydding

#### 3.2 Utført ballastrensing

I tabell 7 er det satt opp en oversikt over ballastrensing som er utført på de to referansestrekningene etter 1993. I kostnadene i tabell 7 inngår ikke forberedelse til ballastrensing, ”flankerensking” og rensking av grøfter og stikkrennerer med maskiner.

TABELL 7 Ballastrensing på referansestrekningen (ekskl før- og etterarbeid)

Årstall	Nelaug- Kristiansand		Mosjøen-Mo	
	Lengde (km)	Kostnad (mill kr)	Lengde (km)	Kostnad (mill kr)
1993	9,7	Mangler	0,0	0,0
1994	3,0	Mangler	5,1	2,2
1995	4,9	Mangler	0,0	0,0
1996	5,8	4,2	0,0	0,0
1997	0,0	0,0	0,0	0,0
1998	8,3	9,5	0,0	0,0
1999	10,4	9,1	0,0	0,0
2000	10,1	8,8	0,0	0,0
2001	0,0	0,0	0,0	0,0

## Nelaug-Kristiansand

Gjennomsnittlig kostnad til ballastrensing på strekningen Nelaug-Kristiansand i perioden 1996-2000 var ca 910 kr pr lm spor. Dette varierer mellom 730 og 1140 kr pr lm spor. Det har ikke vært mulig å finne kostnadstall for perioden 1993-1995.

I tillegg til dette kommer kostnader til:

- Innkjøp av kabler og kabelkanaler samt montering og utlegging av dette, renovering av stikker og grøfter, fjerning av vegetasjon (helt til gjerdet) og vegetasjonssprøyting på det som er ryddet tidligere år. I snitt over perioden 1996-2001 kostet dette ca 1 440 kr pr spormeter.
- Pakking av sporet 3 ganger etter selve ballastrensingen. Ut fra løpemetertilpriser må vi anta at 3 sporjusteringer samlet koster ca 50 kr pr spormeter.

Følgelig blir samlet kostnad til ballastrensing inkludert før- og etterarbeid ca 2 400 kr pr spormeter (kostnadsnivå ca 1998). Av denne kostnaden utgjør selve ballastrensingen 35-40 %, før- og etterarbeid (kabler, drenering og vegetasjonsrydding) ca 60 % og pakking etter ballastrensingen under 5 %.

I Årgangsanalysen fra 1999 /1/ ble total normal spormeterpris beregnet til kr 1 100, lav spormeterpris til kr 800 og høy spormeterpris til kr 1500. Det ble da forutsatt at alle kabler på forhånd var flyttet og på plass i kabelkanaler.

Følgende oversikt viser når ballastrensing ble utført:

- 34,6 km (42 %) av strekningen ble ballastrenset i perioden 1996-2000
- 32,3 km (39 %) av strekningen ble ballastrenset i perioden 1990-1995
- 7,1 km (8 %) av strekningen ble ballastrenset i perioden 1985-1987
- 9,0 km (11 %) av strekningen ble ballastrenset i perioden 1978-1979

Vi har kun kostnader for perioden 1996-2000 (tabell 7). Løpemetertilprisene ovenfor er beregnet ut fra kostnadene i denne perioden. Disse løpemetertilprisene er så brukt til å beregne kostnaden til ballastrensing inkl før- og etterarbeid i tilknytning til ballastrensingen som er utført i perioden 1990-2000 (ca 67 km spor og prisnivå ca 1998):

• Ballastrensing (kr 910 * 67 km)	= 61 mill kr
• Kabelkanaler, drenering, vegetasjon ol (kr 1 440 * 67 km)	= 96 mill kr
• Pakking etter ballastrensing (kr 50 * 67 km)	= <u>3 mill kr</u>
• <u>Sum ballastrensing med før- og etterarbeid</u>	= <u>160 mill kr</u>

Diskonterte årlige kostnader til ballastrensing er avhengig av den kalkulasjonsrenten som benyttes og av hvor lang tid det går mellom hver gang det ballastrenses. Kalkulasjonsrenten, som for tiden er 4 % pr år, fastsettes av Finansdepartementet. Renten kan bli endret i nær framtid. Renten brukes ved økonomiske beregninger og gir uttrykk for forrentningen. I tabell 8 er det gjort alternative beregninger med henholdsvis 4, 5 og 7 %. Tiden mellom hver gang en strekning ballastrenses kan variere forholdsvis mye. Her er det gjort alternative beregninger med henholdsvis 25, 30, 40 og 50 år.

I tabell 8 er det vist en oversikt over årlige kostnader (prisnivå 1998) til ballastrensing ved varierende kalkulasjonsrente og tid mellom hver gang en strekning ballastrenses (levetid).

**TABELL 8** Årlige diskonterte kostnader i kr pr lm spor til ballastrensing ved varierende kalkulasjonsrente og levetid. Prisenivå 1998

Levetid	Kalkulasjonsrente		
	4 %	5 %	7 %
25 år	123	126	132
30 år	107	111	118
40 år	88	93	104
50 år	77	84	98

Av tabellen ser vi at for en kalkulasjonsrente på 4 % varierer de årlige løpemeterkostnadene mellom kr 77 og kr 123 for levetider på henholdsvis 50 og 25 år. Dette betyr at for at ballastrensingen skal være økonomisk lønnsom må de årlige innsparingene på drift, vedlikehold og andre kostnader være på kr 77-123 pr lm spor (prisenivå ca 1998). Dette er et betydelig beløp. På denne referansestrekningen er det f.eks gjennomsnittlig brukt kr 77 pr lm spor pr år til øvrige drifts- og vedlikeholdsutgifter pr år (se kapittel 4.1). Det er derfor ikke mulig å spare inn dette beløpet i drifts- og vedlikehold. Følgelig må beløpet spares inn på andre måter, f.eks gjennom å redusere antall saktekjøringer mm. Av kostnadene til ballastrensing utgjør selve ballastrensingen og pakkingen etterpå 35-50 kr pr lm (40-45 %) mens resten er før- og etterarbeid.

Tabell 9 viser en mer detaljert oversikt over når de enkelte delstrekningene på referansestrekningen ble ballastrenset.

**TABELL 9** Detaljert oversikt over årstall for ballastrensing på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand

Strekning (km)	Lengde (km)	Årstall
282,0-285,0	3,0	1990
285,0-290,5	5,5	1991
293,5-303,2	9,7	1993
303,2-311,5	8,3	1998
311,5-320,8	9,3	1999
320,8-324,1	3,3	2000
324,1-327,1	3,0	1994
327,1-328,7	1,6	1995
328,7-334,5	5,8	1996
334,5-335,6	1,1	1999
335,6-342,4	6,8	2000
342,4-345,6	3,2	1992
345,6-347,1	1,5	1979
347,1-348,5	1,4	1978
348,5-349,7	1,2	1979
349,7-355,3	5,6	1987
355,3-356,8	1,5	1985
356,8-361,7	4,9	1979
361,7-365,0	3,3	1995



Tabell 9 viser at første del (fram til km 345,6) og siste del (ca 3 km) av referansestrekningen ble ballastrenset i perioden 1990-2000. Denne strekningen har en lengde på ca 67 km og utgjør ca 80 % av total lengde. De resterende 20 % av strekningen ble ballastrenset i perioden 1978-1987.

### Mosjøen-Mo

På denne referansestrekningen er det kun ballastrenset 5,1 km (km 417,4-422,5) i perioden 1993-2001. Dette ble gjort i 1994 til en kostnad på ca 430 kr pr lm spor. I denne kostnaden inngår ikke forberedelse til ballastrensing. Mye av ballasten på denne referansestrekningen ble lagt på 70-tallet, og ballasten er trolig ikke rensset etter dette (bortsett fra strekningen nevnt over).

### 3.3 Ballastprofilering

Det er også utført ballastprofilering på de to referansestrekningene. Tabell 10 viser en oversikt over ballastprofilering og kostnader for perioden 1996-2001.

TABELL 10 Ballastprofilering på referansestrekningene

Årstell	Nelaug- Kristiansand		Mosjøen-Mo	
	Lengde (km)	Kostnad (mill kr)	Lengde (km)	Kostnad (mill kr)
1996	110,6	0,703	Mangler	Mangler
1997	20,1	0,106	Mangler	Mangler
1998	93,2	0,593	0,0	0
1999	30,6	0,184	0,0	0
2000	11,8	0,075	0,0	0
2001	20,5	0,125	6,4	0,045

### Nelaug-Kristiansand

Gjennomsnittlig i perioden 1996-2001 er 45-50 km ballastprofilert pr år. Dette tilsvarer 55-60 % av strekningen. I 1996 og 1998 ble enkelte deler av strekningen ballastprofilert 2 ganger. Gjennomsnittlig kostnad for ballastprofilering i perioden 1995-1999 er 6,1 kr pr lm pr år.

### Mosjøen-Mo

De siste 10 årene har ballastprofilering stort sett blitt utført i tilknytning til sporpakking. I tillegg er det supplert med ballast grunnet dårlig stabilitet på noen korte strekninger. Vi har imidlertid ikke detaljert oversikt over ballastprofilerte delstrekninger for perioden 1993-1997. I perioden 1998-2000 ble det ikke utført ballastprofilering. I 2001 ble 6,4 km ballastprofilert på referansestrekningen, til en kostnad på ca 7 kr pr lm.

## 4 Drift og vedlikehold

### 4.1 Drifts- og vedlikeholdsbudsjett

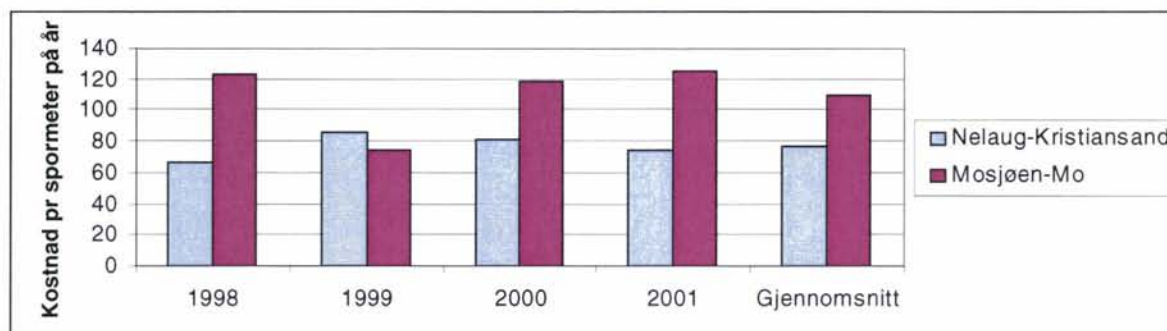
Tabell 11 viser en oversikt over totale drifts- og vedlikeholdskostnader knyttet til over- og underbygning på de to referansestrekningene. Drift omfatter følgende oppgaver:

- Målevogn kjøres 2 ganger pr år
- Ultralydkontroll 1 gang pr år (1 gang pr kvartal på 40 kg skinner)
- Visitasjon
- Ekstravisitasjoner avhenger av været
- Kontroller
- Snørydding
- Feilretting
- Verdibevaring
- Beredskap

TABELL 11 Drifts- (D) og vedlikeholdskostnader (V) på referansestrekningene (mill kr)

Referansestrekning		1996	1997	1998	1999	2000	2001
Nelaug-Kristiansand	D	7,4	6,7	6,0	7,7	7,3	6,2
	V	11,7	10,0	19,3	14,1	22,9	11,6
	<b>Sum</b>	<b>19,1</b>	<b>16,7</b>	<b>25,3</b>	<b>21,8</b>	<b>30,2</b>	<b>17,8</b>
Mosjøen-Mo	D	7,5	8,5	7,5	6,5	8,0	9,5
	V	Mangler	Mangler	3,8	0,3	2,9	2,0
	<b>Sum</b>			<b>11,3</b>	<b>6,8</b>	<b>10,9</b>	<b>11,5</b>

Tabell 11 inneholder totale drifts- og vedlikeholdskostnader, dvs inkludert kostnader til ballastrensing, utbedring dreneringsanlegg og kabelkanaler samt pakking i tilknytning til ballastrensing (3 ganger etter ballastrensing). I figur 1 er kostnader til ballastrensing, utbedring av drenerings- og kabelanlegg og pakking (i tilknytning til ballastrensing) trukket ut, dvs figur 1 viser drifts- og vedlikeholdskostnader ekskl ballastrensing og før- og etterarbeid.



FIGUR 1 Drifts- og vedlikeholdskostnad pr spormeter eksklusiv ballastrensing, utbedring av dreneringsanlegg, kabelkanaler og pakking i tilknytning til ballastrensingen



## Nelaug-Kristiansand

Tabell 11 viser at driftskostnadene varierer mellom 6,0 og 7,7 mill kr i 6-årsperioden 1996-2001. Gjennomsnittlig driftskostnad på strekningen er 6,9 mill kr. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig driftskostnad på 82 kr pr lm. Prisstigningen har vært ca 16 % fra 1996 til 2001. I 3-årsperioden 1999-2001 har driftsbudsjettet blitt redusert fra ca 91 kr pr lm i 1999 til ca 74 kr pr lm i 2001.

Figur 1 viser at de totale drifts- og vedlikeholdskostnadene (eksl ballastrensing og før- og etterarbeider i tilknytning til dette) pr spormeter varierer fra 67 til 86 kr pr spormeter i perioden 1998-2001. Gjennomsnittlig for denne fireårsperioden er kostnaden 77 kr pr spormeter pr år.

## Mosjøen-Mo

Driftskostnadene varierer mellom 6,5 og 9,5 mill kr i 6-årsperioden 1996-2001. Gjennomsnittlig driftskostnad på strekningen er 7,9 mill kr. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig driftskostnad på 86 kr pr lm. Driftsbudsjettet har øket fra ca 70 kr pr lm i 1999 til ca 103 kr pr lm i 2001.

Figur 1 viser at de totale drifts- og vedlikeholdskostnadene (eksl ballastrensing og før- og etterarbeider i tilknytning til dette) pr spormeter varierer fra 74 til 125 kr pr spormeter i perioden 1998-2001. Gjennomsnittlig for denne treårsperioden er kostnaden 110 kr pr spormeter pr år.

## Sammenligning av de to referansestrekningene

Gjennomsnittlig i 6-årsperioden 1996-2001 er lm-kostnadene for drift på Nordlandsbanen noe høyere enn på Sørlandsbanen, men forskjellen er kun ca 5 %. Mot slutten av perioden øker imidlertid forskjellen. På Sørlandsbanen går driftskostnadene ned, mens på Nordlandsbanen øker driftskostnadene. I 2001 er driftskostnadene på Nordlandsbanen ca 40 % større enn på Sørlandsbanen.

Ved enhver form for kostnadsanalyse vil ulike konteringspraksis være et forstyrrende element, og det er derfor ikke mulig å isolere årsaken til kostnadsmessig variasjon via regnskapsdata. Årsaker til ulike enhetspris kan f.eks være:

- Ulike faktiske grensesnitt mellom drift og vedlikehold i regnskapet
- At analyseperioden ikke er representativ

Spesielt når ressursene er knappe kan det være litt "tilfeldig" om en kostnad føres som drift eller vedlikehold. Derfor er det av interesse å undersøke summen av drift og vedlikehold. Men heller ikke dette gir et riktig bilde av situasjonen. På referansestrekningen Nelaug-Kristiansand er deler av strekningen ballastrenset de siste 5 årene. For at denne referansestrekningen skulle vært fullt ut representativ burde den ha ligget noen år til uten ballastrensing. Gjeldende vedlikeholdshistorikk har altså betydning for kostnadene.

Summen av drifts- og vedlikeholdskostnader (eksl ballastrensing og for- og etterarbeider i tilknytning til dette) pr spormeter er gjennomsnittlig pr år ca 30 % rimeligere på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand i perioden 1998-2001. Dette tilsvarer en innsparing på ca 30 kr pr lm pr år. På referansestrekningen på Nordlandsbanen varierer også kostnadene mer fra år til år enn på Nelaug-Kristiansand.

På Nordlandsbanen er det langt mellom stasjonene. Dessuten er det problematisk og lite fleksibelt å få bemannet stasjonene med TXPer når det utføres større drifts- og vedlikeholdsoppgaver på sporet. Dette fører til at den disponible tiden på sporet blir kort, og mye arbeid må utføres med en "harelab". Det er anslått at drift og vedlikehold kunne blitt 20-30 % rimeligere med et mer fleksibelt opplegg. Ved utlegging av pukk får en f.eks ikke fordelt pukken skikkelig. Dette fører til at enhetsprisen blir høy samtidig som kvaliteten på det utførte arbeidet heller ikke er tilfredstillende. Det bør derfor vurderes en differensiering av regelverket da situasjonen på Nordlandsbanen er svært forskjellig fra situasjonen rundt Oslo.

## 4.2 Sporjustering

På begge referansestrekningene er det utført en del maskinjustering (sporjustering) som omfatter både høyde- og sidejustering. I registrene er det ikke skilt på høyde- og sidejustering. Vanligvis pakkes det 3 ganger etter ballastrensing; 2 ganger like etter ballastrensing og 1 gang om våren året etter. Tabell 12 viser en oversikt over omfanget av maskinjustering på de to referansestrekningene. De 3 pakkingene i tilknytning til ballastrensing er inkludert i tallene på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand. I tallene i parentes er ikke de tre pakkingene i tilknytning til ballastrensing inkludert. Tabellen viser at det er gjort 20-80 % mer maskinjustering på Sørlandsbanen sammenlignet med Nordlandsbanen avhengig av om pakking i tilknytning til ballastrensing inkluderes eller ikke. Mye tyder på at det i praksis har vært holdt en høyere standard mhp maskinjustering på referansestrekningen på Sørlandsbanen sammenlignet med Nordlandsbanen. Kostnadene til maskinjustering er inkludert i kostnadene i tabell 11.

TABELL 12 Maskinjustering på referansestrekningene

Årstall	Nelaug- Kristiansand		Mosjøen-Mo	
	Lengde (km) *	Kostnad (mill kr)	Lengde (km)	Kostnad (mill kr)
1996	62,7 (46,2)	1,18	Mangler	Mangler
1997	28,2 (22,4)	0,39	Mangler	Mangler
1998	43,0 (29,5)	0,81	23,2	0,49
1999	24,2 (10,9)	0,44	33,3	0,70
2000	32,7 (22,3)	Mangler	7,9	0,17
2001	24,1 (14,0)	Mangler	25,0	0,53

\* De 3 pakkingene i tilknytning til ballastrensing er inkludert i tallene på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand. I tallene i parentes er ikke de tre pakkingene i tilknytning til ballastrensing inkludert

### Nelaug-Kristiansand

Justeringene omfatter både side- og høydejustering. En vesentlig del av justeringen er foretatt i forbindelse med ballastrensingen. Gjennomsnittlig er ca 43 % av strekningen justert årlig i perioden 1996-2001. Dette inkluderer de tre pakkingene som er gjort i tilknytning til ballastrensing. Tilsvarende tall eksklusiv pakking i tilknytning til ballastrensing er ca 29 %. På de strekningene som er ballastrenset legger en opp til å pakke hvert 5. år (ca 20 %) på Sørlandsbanen framover. Dette er ca 2/3 av det som har vært praksis de siste årene. Det er mye som tyder på at det har vært gjort for mye maskinjustering på denne referansestrekningen de siste årene (etter ballastrensing) sett i forhold til krav i det tekniske regelverket. Gjennomsnittlig kostnad til



maskinjustering ligger i området 15-20 kr pr lm i perioden 1996-1999. I 1999 ble 4 sporveksler justert, i 2000 ble 20 sporveksler justert, og i 2001 ble 13 sporveksler justert.

### Mosjøen-Mo

Justeringene omfatter både side- og høydejustering. Gjennomsnittlig er ca 24 % (justering hvert 4. år) av strekningen justert årlig i perioden 1998-2001. Muligens har det vært gjort noe lite maskinjustering på denne referansestrekningen de siste årene sett i forhold til krav i det tekniske regelverket. Gjennomsnittlig kostnad til maskinjustering er i overkant av 20 kr pr lm i perioden 1998-2001. Det er ikke utført ballastrensing på strekningen i denne perioden.

### 4.3 Andre vedlikeholdsaktiviteter

Det blir ikke utført ekstra visitasjoner og målevognkjøringer på de to strekningene grunnet dårlig tilstand på ballasten.

Generelt har en ikke stor nok tonnasje i Norge til at skinnene slites. Her i landet får en oftest skader grunnet dårlig kontaktflate mellom hjul og skinne; dvs grunnet manglende sliping.

Tabell 13 viser en oversikt over andre vedlikeholdsaktiviteter på strekningene. Alle verdier er oppgitt i meter bortsett fra stikkbytte av sviller som er oppgitt som antall sviller. Stikkbytte av sviller og innlegging av skinnekapp inkluderer ikke bytte grunnet feil. Tabell 13 viser at det er utført mer vedlikehold på Nelaug-Kristiansand enn på Mosjøen-Mo.

TABELL 13 Oversikt over andre vedlikeholdsaktiviteter

Årstall	Nelaug-Kristiansand					Mosjøen-Mo				
	Sliping (m)	Høvling (m)	Innlegg. kapp	Stikkbytsville	Nøytraliserings	Sliping (m)	Høvling (m)	Innlegg. kapp	Stikkbytsville	Nøytraliserings
1992	0	52000 <sup>2</sup>	0	0	Mangler	0	0	<sup>4</sup>	0	Mangler
1993	0	0	0	0	Mangler	0	0	<sup>4</sup>	0	Mangler
1994	0	0	0	0	Mangler	0	0	<sup>4</sup>	0	Mangler
1995	0	0	0	0	Mangler	0	0	<sup>4</sup>	0	Mangler
1996	24000 <sup>1</sup>	0	1500	0	960	0	0	<sup>4</sup>	0	0
1997	0	0	240	0	220	0	0	<sup>4</sup>	0	0
1998	0	0	280	0	1470	0	0	<sup>4</sup>	0	0
1999	0	0	140	0	1300	0	0	<sup>4</sup>	0	0
2000	0	0	80	5	300	0	0	<sup>4</sup>	0	0
2001	0	0	350	10	400	0	0	780 <sup>3</sup>	0	0

<sup>1</sup> fra km 341,0 - 365,0

<sup>2</sup> fra km 282,0 - 333,6

<sup>3</sup> fra km 446,14 - 446,92, høyre skinne

<sup>4</sup> sporadisk utskifting/innlegging av skinnekapp i forbindelse med utbedring av feil i skinne

### **Nelaug-Kristiansand**

På strekningen ble det slipt ca 24 km skinner i 1996, og det ble høvlet ca 52 km skinner i 1992. Utenom dette er det ikke utført sliping og høvling i den siste 10-årsperioden. Det er også innlagt noe kapp i skinner, og noe nøytralisering er utført de siste 6 årene.

### **Mosjøen-Mo**

Det er ikke foretatt stikkbytte av sviller i perioden 1992-2001 på betongsviller som ble lagt på slutten av 70-årene, men behovet er etter hvert blitt ganske stort. Det er til sammen ca 100 ødelagte sviller (2001) som burde vært skiftet. Disse svillene er enten oppsprukket eller ødelagt av pakkmaskin. Det er dessuten innlagt noe kapp i skinner på delstrekningene med 40 kg skinner. Ved kontroll i 2001 ble det avdekket 39 skinnefeil gruppe 1. Ca 50 % av disse feilene betinger innlegging av kapp.

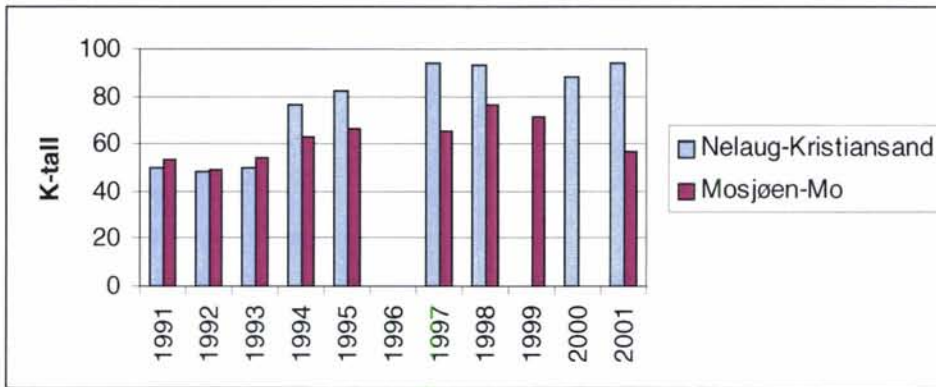
Det er ikke slipt og høvlet på strekningen i 10-årsperioden.

## 5 Tilstandsparametre

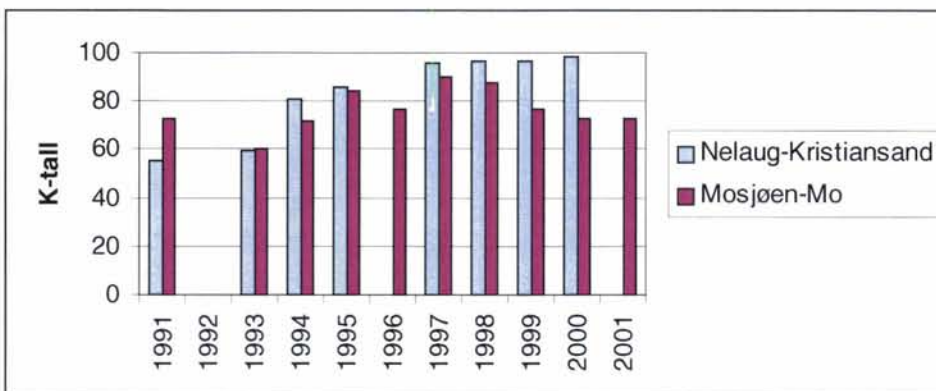
### 5.1 Utvikling av kvalitetstall på referansestrekningene

Gjennom målevognkjøring har det vist seg verdifullt å benytte standardavvik for å beskrive en serie av sporgeometrimålinger. Standardavviket  $\sigma$  er hyppig benyttet i statistikken for å beskrive hvordan en måleserie varierer rundt sin middellinje. Det er satt toleranser i /2/ for hvilke  $\sigma$ -verdier som kan sies å angi god sporkvalitet. Kvalitetstallet (K-tallet) angir hvor stor del av en strekning der samtlige av de 4  $\sigma$ -verdiene høydegeometri, overhøyde, sidegeometri og samvirke er innenfor toleransegrensene. Kvalitetstallet bør være så høyt som mulig. Generelle erfaringer fra Norge er at det er høydefeil som bidrar mest til å holde kvalitetstallet nede. Lave verdier for kvalitetstallet vil, i tillegg til redusert komfort, framskynde nedbrytningen av sporet. Kravet til nyjustert spor er et K-tall på 90, men et K-tall på 100 bør i prinsippet oppnås. Tabell 15 til 20 viser også at en oppnår et K-tall på over 95 ved de aller fleste justeringene og et K-tall på 100 i over 50 % av justeringene på de to referansestrekningene.

I figur 2 og 3 er det vist en oversikt over gjennomsnittlige K-tall på de to referansestrekningene ved vår- og høstmålingene. Enkelte år mangler det målinger.



FIGUR 2 Gjennomsnittlige K-tall på referansestrekningene ved vårmålingene



FIGUR 3 Gjennomsnittlige K-tall på referansestrekningene ved høstmålingene



### **Nelaug-Kristiansand**

I perioden 1978-1987 ble ca 20 % av strekningen ballastrenset. Omkring 1990 ble det startet en systematisk ballastrensing på den resterende del av strekningen. Denne ballastrensingen ble slutført i 2000.

Av figur 2 og 3 kan vi trekke følgende konklusjoner med hensyn på K-tallet:

- I perioden 1991-1993 lå K-tallet på ca 50 om våren. Etter at maskinjustering var utført i løpet av sommeren hadde K-tallet øket med snaut 10. I perioden 1990-1992 ble ca 15 % av strekningen ballastrenset.
- Etter at all ballastrensingen var utført (2000) var K-tallet ca 90 om våren og ca 98 om høsten.

Dette viser at det har vært en betydelig forbedring av K-tallet på strekningen i perioden 1991-2001; fra et K-tall på 50-60 i 1991 til et K-tall på 90-98 i 2000. Denne forbedringen skyldes trolig ballastrensingen som er utført. I samme periode har det vært en viss reduksjon i maskinjusteringen, se tabell 12. Mye tyder imidlertid på at en ikke har tatt ut den gevinsten en burde hatt av ballastrensingen og at en har pakket for ofte i perioden 1995-2001, se kapittel 5.6.

### **Mosjøen-Mo**

I 1994 ble ca 5 km av referansestrekningen ballastrenset. De øvrige årene i perioden 1993-2000 ble det ikke ballastrenset på denne referansestrekningen.

Av figur 2 og 3 kan vi trekke følgende konklusjoner med hensyn til K-tallet:

- I perioden 1991-1993 lå K-tallet på 50-55 om våren. Etter at pakking var utført gjennom sommersesongen hadde K-tallet øket med 5-20.
- I perioden 1994-1997 lå K-tallet på ca 65 om våren. Etter at pakking var utført gjennom sommersesongen hadde K-tallet øket med 10-25.
- I perioden 1998-2000 lå K-tallet på 70-75 om våren. Etter at pakking var utført gjennom sommersesongen hadde K-tallet øket med 5-10.
- I 1998 hadde en det høyeste K-tallet i perioden 1991-2001 (76 om våren). Etterpå har K-tallet begynt å synke igjen. Våren 2001 var det nede på 57. Dette er en dramatisk reduksjon i løpet av så kort tid.

Økningen av K-tallet i perioden 1991-1998 må være et resultat av den pakkingen som er utført på strekningen. I denne perioden har K-tallet øket fra ca 50 til opp mot 75 om våren. I ledelsen i Region Nord har en fokusert på K-tallet, og derfor har en også gått mer over til punktpakking for å forbedre spesielt dårlige "punkt".

Vi har vurdert mulige årsaker til reduksjonen i K-tallet etter 1998 uten å finne noe klart svar:

- Redusert pakking kan være en årsak. Vi har imidlertid ikke oversikt over hvor stor del av referansestrekningen som ble pakket før 1998 (se tabell 12). Derfor kan vi ikke konkludere på dette området. I perioden 1998-2001 ble gjennomsnittlig ca 24 % av referansestrekningen pakket hvert år. Dette varierer fra 9 % i 2000 til 36 % i 1999.
- Delstrekningene med 40 kg skinner (km 444,7-454,1 og 478,2-485,8) kan være en annen årsak. K-tallet på de to delstrekningene med 40 kg skinner er sammenlignet med K-tallet ellers på referansestrekningen. Denne sammenligningen viser at K-tallet på delstrekningen

med 40 kg skinner kun ligger 1-3 under gjennomsnittlig K-tall på hele referansestrekningen. De laveste K-tallene på referansestrekningen er stort sett på delstrekningen fra ca km 420-435. Her er K-tallet tildels opp mot 25 under K-tallet ellers på referansestrekningen. Delstrekningen med 40 kg skinner er derfor ikke noen god forklaringsvariabel på den generelle reduksjonen av K-tallet etter 1998.

- Det synes heller ikke som om delstrekningene med 40 kg skinner systematisk ikke har blitt pakket over lengre tid. Riktignok ble det omtrent ikke pakket på delstrekningene med 40 kg skinner i 2001, men dette har kun innvirkning på K-tallene for høsten 2001.

Dersom maskinjusteringen ikke har blitt vesentlig redusert etter 1998, tyder mye på at en årsak til reduksjonen i K-tall etter 1998 kan være at ballasten er såpass forurenset at den burde vært rensset.

### Sammenligning av de to referansestrekningene

På begge referansestrekningene lå K-tallet i området 50-60 (henholdsvis vår og høst) i starten av perioden. I slutten av perioden var K-tallet øket til 90-98 på Nelaug-Kristiansand og til 70-75 på Mosjøen-Mo. K-tallet på Nelaug-Kristiansand har altså en verdi som er ca 20 større enn på Mosjøen-Mo. På Nelaug-Kristiansand må vi anta at ballastrensing hovedsaklig er årsak til økning i K-tallet, da det har vært en viss reduksjon av sporpakking fra 1996. På Mosjøen-Mo skyldes nok økningen fram til 1998 hovedsaklig utført sporpakking og at det er fokusert på K-tallet i ledelsen i Region Nord. Derfor har en gått over til å pakke spesielt dårlige "punkt"; dvs at en pakker korte biter og delvis supplerer med pukk. Det må imidlertid gjøres oppmerksom på at det i gjennomsnitt pr år i perioden 1998-2001 er gjort 20-80 % mer maskinjustering på Nelaug-Kristiansand enn på Mosjøen-Mo avhengig av om pakking i tilknytning til ballastrensing inkluderes eller ikke. Mye tyder også på at en årsak til reduksjonen i K-tallet på Mosjøen-Mo etter 1998 kan være manglende ballastrensing og at ballasten er såpass forurenset at en ikke lenger oppnår en positiv effekt med "punktpakking". En forutsetning for denne antagelsen er imidlertid at maskinjusteringen generelt ikke har blitt vesentlig redusert etter 1998 på Mosjøen-Mo. Vi har ikke data over hvor mye det ble maskinjustert før 1998.

På Nelaug-Kristiansand synes det som om K-tallet hovedsaklig reduseres gjennom vinteren; dvs fra høstmålingen til vårmålingen. På Mosjøen-Mo er det også en viss reduksjon av K-tallet i løpet av sommeren men denne reduksjonen er ikke så stor som den som oppstår om vinteren. En årsak til dette kan være at standarden på underbygningen på Mosjøen-Mo er forholdsvis dårlig, og at det dermed oppstår setninger i underbygningen. Generelle erfaringer i Norge er at K-tallet hovedsaklig reduseres i løpet av vinterhalvåret.

### 5.2 Sporpakkingens innvirkning på gjennomsnittlig kvalitetstall på referansestrekningene

På de to referansestrekningene har vanligvis målingene med STRIX målevogn blitt utført i siste del av mai og siste del av oktober. Mellom disse to målevognkjøringene har det vært gjort en del sporpakking som fører til at gjennomsnittlig K-tall på referansestrekningene øker fra vårmålingene til høstmålingen, se figur 2 og 3. Enkelte år har noe av denne pakkingen vært gjort før STRIX-målingen om våren, og enkelte år har noe av denne pakkingen vært etter STRIX-målingen om høsten.



### Nelaug-Kristiansand

For å vurdere sporpakkingens innvirkning på gjennomsnittlig K-tall på referansestrekningen er K-tallet i perioden 1997-2001 ytterligere analysert. For K-tall i denne perioden har vi:

- Gjennomsnittlig K-tall ved vårmålingen: 92 (varierer fra 88 til 94)
- Gjennomsnittlig K-tall ved høstmålingen: 97 (varierer fra 96 til 98)
- K-tallet øker med ca 5 på hele referansestrekningen ved den pakkingen som ble utført i løpet av sommeren på deler av referansestrekningen

Enkelte år ble noe av justeringen utført før STRIX-målingen om våren og enkelte år ble noe av justeringen utført etter STRIX-målingen om høsten:

- I 1997 ble ca 12 km spor pakket før STRIX-målingen om våren. Dette utgjør ca 45 % av pakket spor (28,2 km) dette året. Dette året var forskjellen mellom K-tallet vår og høst kun ca 2 (94 og 96).
- I 1998 ble ca 6 km spor pakket etter STRIX-målingen om høsten. Dette utgjør ca 15 % av pakket spor (43 km) dette året. Dette året var forskjellen mellom K-tallet vår og høst ca 3,5.
- I 2000 ble ca 1 km spor pakket etter STRIX-målingen om høsten. Dette utgjør ca 3 % av pakket spor (32,7 km) dette året. Dette året var forskjellen mellom K-tallet vår og høst ca 10 (88 og 98).

Dette tyder på at forskjellen mellom K-tallet ved vår- og høstmåling er mellom 5 og 10; dvs:

- K-tallet øker med en verdi på 5-10 i løpet av sommersesongen når det justeres en lengde på ca 40 % av total lengde på strekningen (dvs pakking hvert 2.-3. år) mellom de to målingene med STRIX målevogn, og K-tallet er ca 90 om våren. Inkludert i denne justeringslengden er de 3 pakkingene som gjøres etter ballastrensing. Dersom vi ser bort fra disse justeringene, ble ca 22 % av strekningen justert hvert år (dvs pakking hvert 4. – 5. år).
- Tilsvarende synker K-tallet med en verdi på 5-10 i løpet av vintersesongen når K-tallet har en verdi på 96-98 om høsten.

Dette tyder på at på lengre strekninger som er ballastrenset de siste årene kan en holde K-tallet på ca 90 om våren ved å pakke opp mot 30-40 % av strekningen hvert år. Dette tilsvarer pakking hvert 3. år. En oppnår da en kvalitet mhp K-tallet som ligger godt over kravene til en K3-bane i det tekniske regelverket /2/. Vedlikeholdsgrensa for en K3-bane er 50.

### Mosjøen-Mo

Det finnes ingen oversikt over hvor mye av pakkingen som ble utført før vårmålingen og etter høstmålingen med STRIX målevogn de enkelte årene. Reduksjon av K-tallet i løpet av vinteren varierte mye fra år til år. I 5 av årene ble K-tallet redusert med ca 15 i løpet av vinteren, mens i 2 av årene ble ikke K-tallet redusert. Grunnet de store variasjonene fra år til år og det at vi ikke har oversikt over når pakking ble utført i forhold til STRIX-måling, er det vanskelig å konkludere, men mye tyder på at K-tallet kan synke med opp mot 15 i løpet av vintersesongen. Dette er opp mot det dobbelte av på referansestrekningen på Sørlandsbanen.



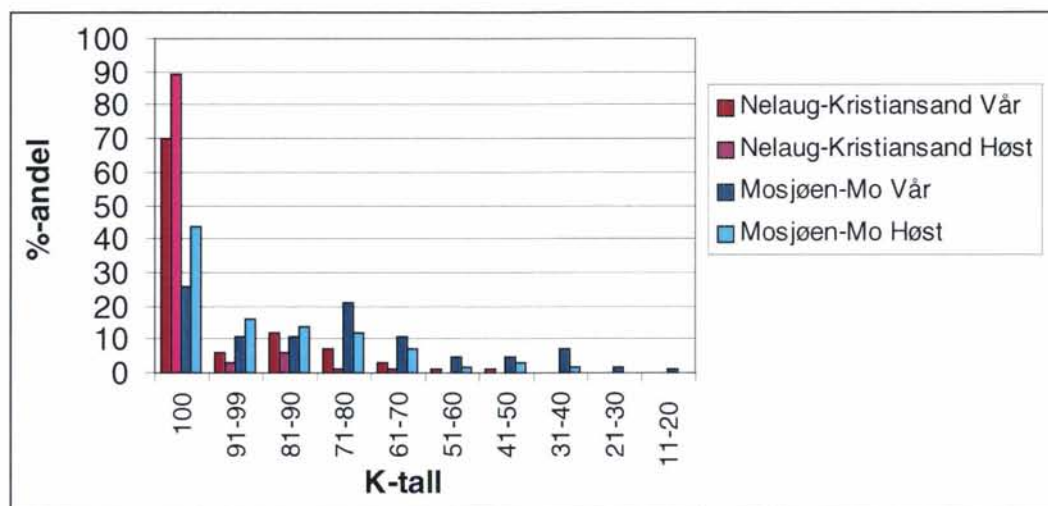
### Sammenligning av de to referansestrekningene

På Nelaug-Kristiansand øket K-tallet med 5-10 gjennom sommersesongen de siste årene av perioden 1991-2001 når K-tallet i utgangspunktet var ca 90 og 20-40 % av strekningen ble pakket. Også i begynnelsen av denne perioden øket K-tallet med en tilsvarende verdi når K-tallet i utgangspunktet var 50-60, men vi har ikke oversikt over hvor stor del av strekningen som ble pakket disse årene og om pakkingen ble utført før eller etter Mauzin-målingen. På Mosjøen-Mo øket K-tallet med 5-10 i slutten av perioden 1991-2001 når K-tallet i utgangspunktet var 70-75 og 20-30 % av strekningen ble pakket. I begynnelsen av denne perioden øket K-tallet med en verdi på 10-20 når K-tallet i utgangspunktet var 50-65. Vi har ikke oversikt over hvor stor del av strekningen som ble pakket disse årene.

Dette tyder på at på strekninger som det er lenge siden er ballastrenset, vil sporpakking ha stor positiv effekt på K-tallet, men K-tallet vil synke forholdsvis raskt igjen. På strekninger med et høyt K-tall vil dette holde seg på et høyt nivå mye lenger etter sporpakking, og behovet for pakking er ikke så stort som på strekninger som det er lenge siden ble ballastrenset, se kapittel 5.5.

### 5.3 Variasjon av K-tallet på referansestrekningene

Gjennomsnittlig K-tall på referansestrekningene (se figur 2 og 3) er beregnet ut fra K-tall for hver hele km i kvalitetslista (km-strekning). I figur 4 er det undersøkt hvordan K-tallet varierer mellom km-strekningene innenfor referansestrekningene.



FIGUR 4 Variasjon av K-tall ved STRIX-målingene på Nelaug-Kristiansand (2000) og Mosjøen-Mo (1998)

### Nelaug-Kristiansand

Figur 4 viser en oversikt over variasjonen av K-tallet i år 2000 på km-strekningene på denne referansestrekningen. Figuren viser at ca 75 % av strekningen hadde K-tall over 90 ved vårmålingen. Etter vårmålingen ble ca 32 km (38 % av referansestrekningen) spor pakket før høstmålingen. Dette resulterte i at 92 % av strekningen hadde K-tall på over 90 ved høstmålingen,

samtidig som ingen km-strekninger hadde K-tall under 66. Hele 89 % av referansestrekningen hadde K-tall på 100 ved høstmålingen.

### **Mosjøen-Mo**

Figur 4 viser også en oversikt over variasjonen av K-tallet på km-strekningene i 1998 på referansestrekningen Mosjøen-Mo. Dette årstallet er valgt fordi dette året oppnådde en høyest K-tall ved vårmålingen. Dessuten har vi ikke tilgang på STRIX-målinger både vår og høst i 2000. Figuren viser at ca 35 % av strekningen hadde K-tall over 90 ved vårmålingen. Ved høstmålingen var dette steget til ca 60 %. Ca 23 km (25 %) av strekningen ble pakket dette året. Laveste K-tall på en km-strekning ved vårmålingen var 17 og tilsvarende ved høstmålingen var 31. Ca 44 % av referansestrekningen hadde K-tall på 100 ved høstmålingen.

### **Sammenligning av de to referansestrekningene**

På Sørlandsbanen hadde 75 % av strekningen (egentlig 75 % av km-strekningene) K-tall over 90 om våren, og 92 % av strekningen hadde K-tall over 90 om høsten i 2000. Tilsvarende hadde 2 % av strekningen K-tall under 60 om våren og ingen km-strekninger hadde K-tall under 60 om høsten.

På Nordlandsbanen hadde ca 35 % av strekningen K-tall over 90 om våren og ca 60 % av strekningen hadde K-tall over 90 om høsten i 1998. Tilsvarende hadde 20 % av strekningen K-tall under 60 om våren, og 7 % av strekningen K-tall under 60 om høsten. Dette viser at det er stor forskjell i tilstand mhp K-tall mellom de to referansestrekningene. K-tallet bør være så høyt som mulig. Lave verdier for kvalitetstallet vil i tillegg framskynde nedbrytningen av sporet.

## **5.4 Ballastrensings innvirkning på behov for sporpakking**

Det er interessant å undersøke hvordan ballastrensingen påvirker behov for sporpakking, dvs om det er sammenheng mellom behov for sporpakking og tid etter ballastrensing. Mye tyder imidlertid på at sporpakkingen ikke er utført etter de samme behovskriteriene på de to referansestrekningene. På Nordlandsbanen har vi heller ikke detaljert oversikt over når referansestrekningen sist ble ballastrenset. Derfor har vi her begrenset oss til å vurdere referansestrekningen på Sørlandsbanen.

### **Nelaug-Kristiansand**

Referansestrekningen er delt inn i 3 grupper avhengig av når de enkelte delstrekningene sist ble ballastrenset for perioden 1978-1998. Vi har så undersøkt hvor stor andel som gjennomsnittlig er pakket hvert år i perioden 1997-2001 innenfor de tre gruppene. Dette er framstilt i tabell 14.



TABELL 14 Sammenheng mellom tid siden ballastrensing og utført sporpakking i perioden 1997-2001

Ballastrensing år	Lengde ballastrenset (km)	Andel sporpakket pr år (%)
1978-1987	16,1	39
1990-1995	32,3	35
1996-1998	13,7	5

Ut fra gjennomsnittstallene er det en svak tendens til at på de delstrekningen som ble ballastrenset i 1978-1987 er det utført noe mer maskinjustering enn på de delstrekningene som ble ballastrenset i 1990-1995. Dette er imidlertid ikke entydig da det er stor variasjon mellom de enkelte år. På de delstrekningene som ble ballastrenset de siste 5 årene, er det utført klart mindre pakking enn på de øvrige delstrekningene. For å vurdere dette mer inngående burde vi hatt oversikt over pakking i perioden 1993-1995. Dette tyder på at en ikke fullt ut har tatt ut den gevinsten en har av ballastrensing. Det bør ikke være behov for å pakke hvert 3. år på delstrekninger som er ballastrenset de siste 5-10 år.

### 5.5 Utvikling av K-tallet etter maskinjustering

K-tallet kan brukes som en indikasjon på behov for sporjustering. Utviklingen av K-tallet etter sporjustering er derfor undersøkt.

#### Nelaug-Kristiansand

Noen km-strekninger har ligget i 3-5 år uten at det er utført maskinjustering og ballastrensing i perioden 1996-2000. Utvikling av K-tallet er undersøkt nærmere på disse km-strekningene. Dette er framstilt i tabell 15.

TABELL 15 Utvikling av K-tall i perioder uten ballastrensing og maskinjustering på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand

Strekning (km)	Sist ballastrenset	Sist maskinjustert	1997		1998		1999		2000		2001	
			Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst
282-287	1990-1991	1998	-	-	Just	97	M	96	86	86	82	Just
290-295	1991-1993	1996	100	100	100	100	M	100	99	Just	-	M
329-334	1996	1997	Just	100	100	100	M	100	100	100	98	M
346-349	1978-1979	1996	100	100	100	100	M	100	100	100	98	M
350-355	1987	1998	-	-	Just	98	M	98	91	91	87	M
355-357	1985	1997	Just	100	100	99	M	90	86	Just	-	-

M = Data mangler  
Just = Maskinjustering

På tre av km-strekningene begynner K-tallet å synke ca 2 år etter pakking, på to km-strekningene begynner K-tallet å synke 4 år etter pakking, og på en km-strekning begynner K-tallet å synke 5 år etter pakking.



Tabell 16 viser hvordan K-tallet har utviklet seg de siste årene før ballastrensing; dvs i perioden fra siste pakking av sporet og fram til ballastrensing.

*TABELL 16 Utvikling av K-tall etter siste pakking før ballastrensing på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand*

Strekning (km)	Sist maskinjustert	Ballastrenset	1997		1998		1999		2000	
			Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst
303-305	før 1996	1998	100	94	74	BR	-	-	-	-
305-309	1996	1998	85	90	86	BR	-	-	-	-
309-311	1997	1998	Just	100	98	BR	-	-	-	-
312-314	1996	1999	90	100	100	100	M	BR	-	-
314-316	1998	1999	-	-	Just	91	M	BR	-	-
316-320	1997	1999	Just	100	98	100	M	BR	-	-
320-321	1998	1999	-	-	Just	100	M	BR	-	-
321-324	1998	2000	-	-	Just	100	M	100	97	BR
336-338	1998	2000	-	-	Just	100	M	100	100	BR
338-340	1997	2000	Just	100	91	100	M	90	83	BR
340-341	1999	2000	-	-	-	-	Just	100	100	BR
341-342	1998	2000	-	-	Just	100	M	100	100	BR

M = Data mangler  
 Just = Maskinjustering  
 BR = Ballastrensing

Tabell 16 viser følgende:

- På 2 km-strekninger er det få målinger og det ses derfor bort fra disse strekningene
- Når ballastrensing utføres, har 5 km-strekninger fortsatt et K-tall på 100 (1-2 år etter pakking)
- På 5 km-strekninger begynner K-tallet å synke under 100 1-2 år etter siste pakking før ballastrensing utføres. En har ikke opplysning om når forrige ballastrensing ble utført på disse km-strekningene

Ved å sammenholde tabell 15 og 16 kan vi observere følgende:

- På km-strekninger som er ballastrenset de siste 25 år holder K-tallet seg på 100 i ca 4 år på ca halvparten av km-strekningene før det begynner å synke litt under 100
- På km-strekninger som har ligget uten ballastrensing lenger begynner K-tallet å synke under 100 allerede etter ca 2 år på 50-70 % av km-strekningene. Kvaliteten synker også betydelig raskere enn på strekningene som er ballastrenset de siste 25 årene. Dette vil resultere i at det er behov for å justere sporet oftere på strekninger der det er lenge siden det er utført ballastrensing
- Begge tabellene viser at K-tallet synker i løpet av vinteren og ikke i løpet av sommeren

### Mosjøen-Mo

Tabell 17 viser hvordan K-tallet har utviklet seg etter maskinjustering på aktuelle km-strekninger på denne referansestrekningen.

**TABELL 17** Utvikling av K-tall etter maskinjustering på referansestrekningen Mosjøen-Mo

Strekning (km)	Forrige pakking	Siste pakking	1997		1998		1999		2000		2001	
			Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst
411-412	1999	2001	-	-	-	-	Just	100	M	100	100	Just
467-468	1998	etter 2001	-	-	Just	100	100	100	M	100	93	89
489-491	1997	1999	Just	97	74	74	36	Just	-	-	-	-
489-491	1999	etter 2001	-	-	-	-	-	Just	M	68	47	70
494-496	1997	2000	Just	100	82	83	71	58	M	Just	-	-

M = Data mangler  
Just = Maskinjustering

På to av km-strekningene begynner K-tallet å synke under 100 allerede etter 1 år, på en har det holdt seg på 100 i 2 år mens på en km-strekning begynner det å synke under 100 etter 3 år.

### Sammenligning av de to referansestrekningene

På km-strekninger på Sørlandsbanen som er ballastrenset de siste 25 år holdt K-tallet seg på 100 i ca 4 år på halvparten av de undersøkte km-strekningene. På den resterende halvparten synker K-tallet under 100 etter 2-3 år. På de km-strekningene som har ligget lenger enn 25 år uten ballastrensing begynner K-tallet å synke under 100 allerede 2 år etter ballastrensing. K-tallet synker også betydelig raskere på de km-strekningene som har ligget lengst uten ballastrensing. Undersøkelser på Nordlandsbanen stemmer godt overens med resultatene fra de km-strekningene på Sørlandsbanen som ikke er ballastrenset de siste 25 årene. Dette viser at ballastrensingen har en positiv effekt, men det er ikke mulig å tallfeste dette nærmere med grunnlag i datamaterialet fra dette prosjektet.

### 5.6 K-tall ved pakking

Verdien av K-tallet ved pakking forteller noe om den standarden som holdes på banen. Dersom K-tallet er høyt når pakking utføres holdes en høy standard på banen, og dersom det er lavt holdes en lav standard. Referansestrekningen på Sørlandsbanen har hovedsaklig kvalitetsklasse 3 med noen korte strekninger med kvalitetsklasse 2 (i 2001). Referansestrekningen på Nordlandsbanen har kvalitetsklasse 3 på ca 60 % av lengden, kvalitetsklasse 2 på ca 35 % og resten av strekningen har kvalitetsklasse 1. Dette betyr at på referansestrekningen på Nordlandsbanen er det et strengere krav til kvalitetstall enn på referansestrekningen på Sørlandsbanen da en større andel av referansestrekningen på Nordlandsbanen har kvalitetsklasse 2 og 1. For kvalitetstall har vi følgende akuttgrense og vedlikeholdsgrense /2/:

- K1: 40 70
- K2: 30 60
- K3: 20 50

Ved underskridelse av akuttgrensen skal kvaliteten bedres snarest, senest før neste måling. Ved underskridelse av vedlikeholdsgrensen skal utbedring planlegges på neste års vedlikeholdsprogram.



I det følgende er det undersøkt hva K-tallet var før pakking på km-strekninger som har ligget 2 år eller mer siden forrige pakking.

### Nelaug-Kristiansand

Tabell 18 viser hvordan K-tallet har utviklet seg mellom to pakkinger på referansestrekningen.

*TABELL 18 K-tall ved pakking på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand*

Strekning (km)	Forrige pakking	Siste pakking	1996		1997		1998		1999		2000		2001	
			Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst
282-287	1998	2001	-	-	-	-	Just	96	M	95	86	86	82	Just
291-295	1996	2000	-	Just	100	100	100	100	M	100	100	Just	-	-
296-299	?	1999	M	M	100	100	95	95	M	Just	-	-	-	-
361-362	1998	2000	-	-	-	-	Just	100	M	81	68	Just	-	-
363-365	1996	1999	-	Just	87	93	79	80	M	Just	-	-	-	-

M = Data mangler  
Just = Maskinjustering

På de 5 km-strekningene varierte K-tallet mellom ca 70 og 100 når pakking ble utført. Gjennomsnittlig K-tall ved pakking var ca 85. På ingen av strekningene hadde K-tallet underskredet vedlikeholdsgrensa ved pakking. En av strekningene ble pakket selv om K-tallet var 100. Dette tyder på at på denne referansestrekningen holdes det en standard med hensyn på K-tallet som er langt høyere enn kravene i regelverket /2/. Det skal imidlertid gjøres oppmerksom på at andre faktorer enn K-tallet kan ha utløst pakkingen. Dette er ikke undersøkt her.

### Mosjøen-Mo

Tabell 19 viser hvordan K-tallet har utviklet seg på km-strekninger som ikke ble pakket i perioden 1998-2001.

*TABELL 19 Utvikling av K-tall på km-strekninger på referansestrekningen Mosjøen-Mo som ikke ble pakket i perioden 1998-2001*

Strekning (km)	Forrige pakking	Siste pakking	1997		1998		1999		2000		2001	
			Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst
433-434	1997	etter 2001	Just	100	69	88	64	64	M	62	59	58
450-451	1997	etter 2001	Just	100	100	100	94	78	M	54	38	38
453-454	1997	etter 2001	Just	100	100	100	93	100	M	100	92	100
457-458	1997	etter 2001	Just	M	100	100	100	100	M	100	99	100
470-472	1997	etter 2001	Just	100	96	92	78	76	M	50	35	99
479-481	1997	etter 2001	Just	100	99	89	79	58	M	47	26	28

M = Data mangler  
Just = Maskinjustering

Tabell 19 viser at K-tallet slippes langt ned før det pakkes på disse km-strekningene. På 3 av km-strekningene lå K-tallet omtrent på vedlikeholdsgrensa høsten 2000 uten at det ble pakket i 2001. På et par av km-strekningene har K-tallet gått opp noe i løpet av sommeren. Dette kan tyde på at



sporet er pakket, og at pakkingen ikke er registrert i registeret. På denne strekningen har det vært en viss reduksjon av K-tallet også i løpet av sommeren, i motsetning til på Sørlandsbanen.

Tabell 20 viser en oversikt over K-tallet før pakking på km-strekninger som har ligget 2 år eller mer før pakking.

TABELL 20 K-tall ved pakking på referansestrekningen Mosjøen-Mo

Strekning (km)	Forrige pakking	Siste pakking	1997		1998		1999		2000		2001	
			Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst
408-409	1997	2001	Just	89	73	71	67	62	M	48	41	Just
410-411	før 1997	2000	100	100	100	100	79	77	M	Just	-	-
411-412	1999	2001	-	-	-	-	Just	100	M	100	100	Just
414-415	1997	2000	Just	89	81	82	69	M	M	Just	-	-
416-418	1997	2000	Just	100	100	100	100	76	M	Just	-	-
420-421	1997	2001	Just	100	78	99	87	77	M	54	34	Just
476-478	før 1997	1999	100	100	100	100	81	Just	-	-	-	-
489-491	1997	1999	Just	97	74	74	36	Just	-	-	-	-
489-491	1999	etter 2001	-	-	-	-	-	Just	M	68	47	70
494-496	1997	2000	Just	100	82	83	71	58	M	Just	-	-

M = Data mangler  
Just = Maskinjustering

Tabell 20 viser at K-tallet ved pakking i snitt er ca 55. Dette varierte imidlertid fra 35 til 80 mellom km-strekningene. Med referanse til vedlikeholdsgrense og akuttgrense ble pakking utført ved følgende K-tall:

- Ca 20 % av km-strekningene hadde et K-tall som var vesentlig større enn vedlikeholdsgrensa
- Ca 20 % av km-strekningene hadde et K-tall som var omtrent på vedlikeholdsgrensa
- Ca 50 % av km-strekningene hadde et K-tall som var mellom akuttgrensa og vedlikeholdsgrensa
- Ca 10 % av km-strekningene hadde et K-tall som var omtrent på akuttgrensa

Tabell 19 og 20 tyder på at på denne referansestrekningen holdes det en standard med hensyn på K-tallet som er omtrent etter kravene i regelverket /2/ selv om det varierer noe fra km-strekning til km-strekning. På ca 20 % av km-strekningene kan det imidlertid se ut som om standarden er betydelig høyere enn kravene i regelverket. Dette kan imidlertid skyldes at andre faktorer enn K-tallet kan ha utløst pakkingen, men dette er ikke undersøkt her.

### Sammenligning av de to referansestrekningene

På Sørlandsbanen hadde ikke K-tallet underskredet vedlikeholdsgrensa ved pakking på noen av de undersøkte km-strekningene. En av km-strekningene ble pakket selv om K-tallet var 100. Dette tyder på at på denne referansestrekningen holdes det en standard med hensyn på K-tallet som er langt høyere enn kravene i regelverket, og drifts- og vedlikeholdsrutinene bør derfor gjennomgås nøye.

På Nordlandsbanen derimot ble sporet på de fleste km-strekningene (ca 80 %) pakket når K-tallet var kommet ned i en verdi på vedlikeholdsgrensa og ned mot akuttgrensa. Dette tyder på at på denne referansestrekningen holdes det en standard som er omtrent etter kravene i regelverket. En

årsak til denne store forskjellen mellom de to referansestrekningene kan være at på Sørlandsbanen har en hatt ballastrenseprosjektet gående, og at en har pakket før en egentlig burde. Det kan også ha vært andre årsaker enn K-tallet til at pakking ble utført.

## 5.7 Alvorlige sporfeil

Figur 5 til 16 viser en oversikt over alvorlige sporfeil ved vår- og høstmålingene på referansestrekningene for perioden 1991-2001.

Det gjøres oppmerksom på at på Sørlandsbanen mangler målingene for høst 1992, høst 1996 og vår 1999. I figurene ser det ut som om det er 0 feil til disse tidspunktene. I vurderingene er det tatt hensyn til at disse målingene mangler. Målingene i perioden 1991-1996 er gjort med Mauzin målevogn. Fra og med 1997 er målingene gjort med STRIX målevogn bortsett fra målingen høsten 2001. Denne målingen er gjort med Roger 1000. Det har vist seg at det måles flere feil med denne målevognen. Dette er trolig årsaken til at antall feil øker sterkt høsten 2001. I vurderingene har vi derfor sett bort fra høst 2001.

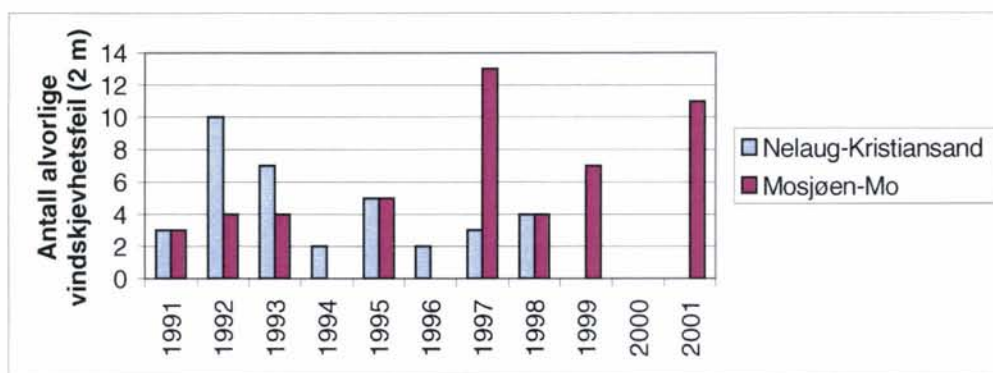
På Nordlandsbanen mangler målingene for høst 1992, vår 1996 og vår 2000. I vurderingene er det tatt hensyn til at disse målingene mangler. Målingene i perioden 1991-1996 er gjort med Mauzin målevogn. Fra og med 1997 er målingene gjort med STRIX målevogn på Nordlandsbanen.

Generelt er det ingen stor endring av antall alvorlige feil fra 1996 til 1997, dvs ved skifte fra Mauzin til STRIX målevogn.

Vindskjevhet påvirker sikkerheten, mens høydefeil og pilhøydefeil påvirker komforten til de reisende.

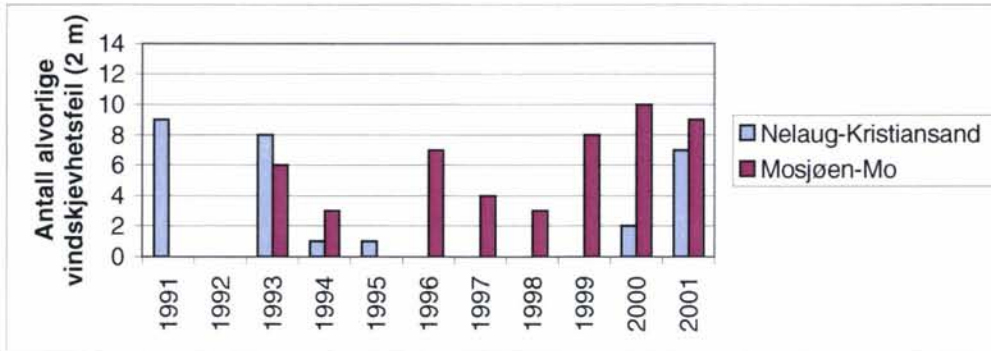
### Vindskjevhet, 2 m målebasis

I figur 5 og 6 er antall alvorlige vindskjevhetsfeil (2 m målebasis) ved vår- og høstmålingen vist for hvert enkelt år på de to referansestrekningene. Figur 7 viser gjennomsnittlig antall alvorlige vindskjevheter (2 m) på de to referansestrekningene. Grensen for akuttfeil er 10 mm både for K2- og K3-baner.

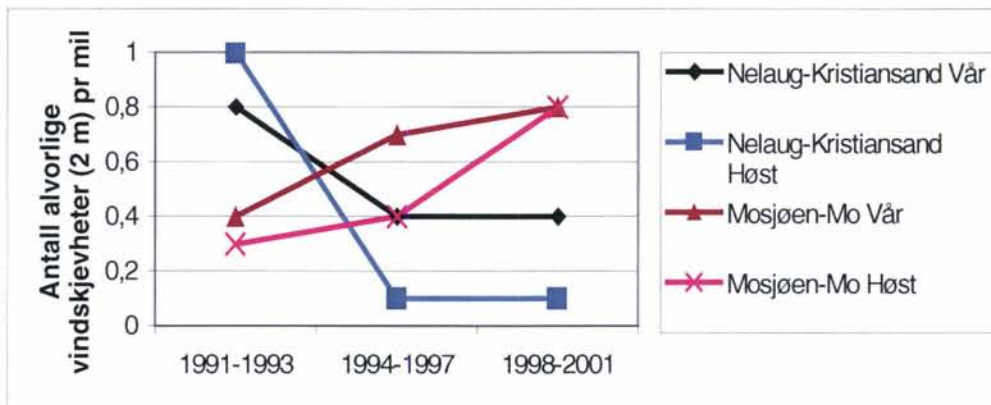


FIGUR 5 Antall alvorlige vindskjevhetsfeil (2 m målebasis) på referansestrekningene ved vårmålingene





FIGUR 6 Antall alvorlige vindskjevhetsfeil (2 m målebasis) på referansestrekningene ved høstmålingene



FIGUR 7 Gjennomsnittlig antall alvorlige vindskjevhetsfeil (2 m målebasis) pr mil spor pr år på referansestrekningene

På referansestrekningen Nelaug-Kristiansand viser figur 7 at det har vært en reduksjon i antall vindskjevhetsfeil i perioden, spesielt ved høstmålingen. Ved vårmålingen har antall feil blitt redusert fra 0,8 feil/mil de første årene i perioden til 0,4 feil/mil de siste årene i perioden. Ved høstmålingen har tilsvarende reduksjon vært fra 1 feil/mil til 0,1 feil/mil. Spesielt fra 1993 til 1994 har det vært en klar reduksjon i antall feil. Ca 45 % av referansestrekningen var ferdig ballastrenset i 1993.

På referansestrekningen Mosjøen-Mo viser figur 7 at det har vært en økning i antall vindskjevhetsfeil i perioden, både ved vår- og høstmålingen. Antall feil har øket fra 0,3-0,4 feil/mil de første årene i perioden til 0,8 feil/mil de siste årene i perioden både om våren og høsten. Spesielt de siste tre årene i perioden har det vært en klar økning i antall feil.

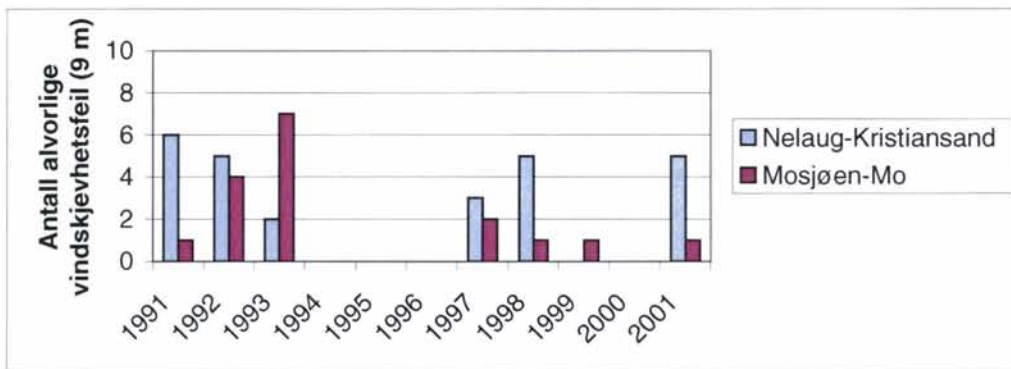
Utviklingen i antall alvorlige vindskjevhetsfeil (2 m) har hatt motsatt tendens på de to referansestrekningene i 10-årsperioden. På Sørlandsbanen har det vært en reduksjon på 50-90 % i antall feil, mens det på Nordlandsbanen har vært en økning på 100-150 %. I starten av 10-årsperioden var det 2-3 ganger så mange feil på Sørlandsbanen som på Nordlandsbanen. Mot slutten av perioden er det ved vårmålingen ca dobbelt så mange feil på referansestrekningen på Nordlandsbanen som på Sørlandsbanen. Tilsvarende er det opp mot 8 ganger så mange feil ved høst-



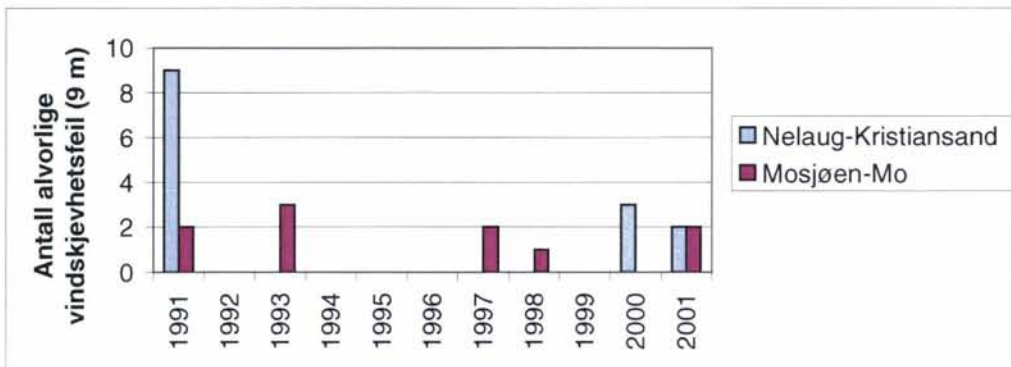
målingen. Dette tyder på at ballastrensingen har hatt en klar effekt på antall alvorlige vindskjevhetsfeil med 2 m målebasis.

### Vindskjevhet, 9 m målebasis

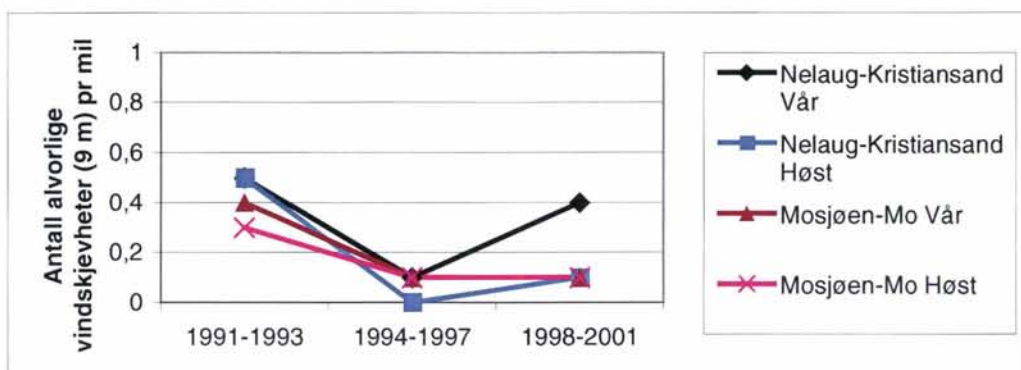
I figur 8 og 9 er antall alvorlige vindskjevhetsfeil (9 m målebasis) ved vår- og høstmålingen vist for hvert enkelt år på de to referansestrekningene. Figur 10 viser gjennomsnittlig antall alvorlige vindskjevheter (9 m) på de to referansestrekningene. Grensen for akuttfeil er 31 mm både for K2- og K3-baner.



FIGUR 8 Antall alvorlige vindskjevhetsfeil (9 m målebasis) på referansestrekningene ved vårmålingen



FIGUR 9 Antall alvorlige vindskjevhetsfeil (9 m målebasis) på referansestrekningene ved høstmålingene



FIGUR 10 Gjennomsnittlig antall alvorlige vindskjevhetsfeil (9 m målebasis) pr mil spor pr år på referansestrekningene

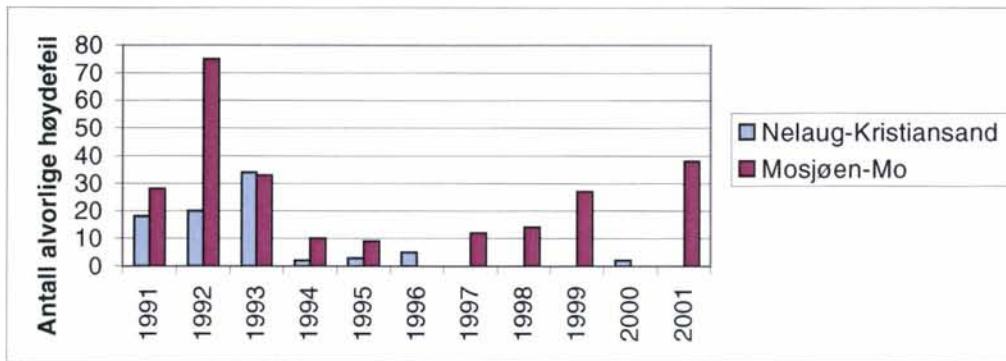
På referansestrekningen Nelaug-Kristiansand viser figur 10 at det har vært en reduksjon i antall vindskjevhetsfeil i perioden, spesielt ved høstmålingen. Ved vårmålingen har antall feil kun blitt redusert fra 0,5 feil/mil de første årene i perioden til 0,4 feil/mil de siste årene i perioden. I perioden 1994-1997 var det imidlertid kun 0,1 feil/mil. Ved høstmålingen har tilsvarende reduksjon vært fra 0,5 feil/mil til 0,1 feil/mil. I perioden 1993-1999 ble det ikke registrert alvorlige vindskjevhetsfeil ved høstmålingen.

På referansestrekningen Mosjøen-Mo viser figur 10 at det også har vært en reduksjon i antall vindskjevhetsfeil i perioden, både ved vår- og høstmålingen. Antall feil har blitt redusert fra ca 0,3-0,4 feil/mil de første årene i perioden til 0,1 feil/mil de siste årene i perioden. Spesielt fra 1993 til 1994 har det vært en klar reduksjon i antall feil.

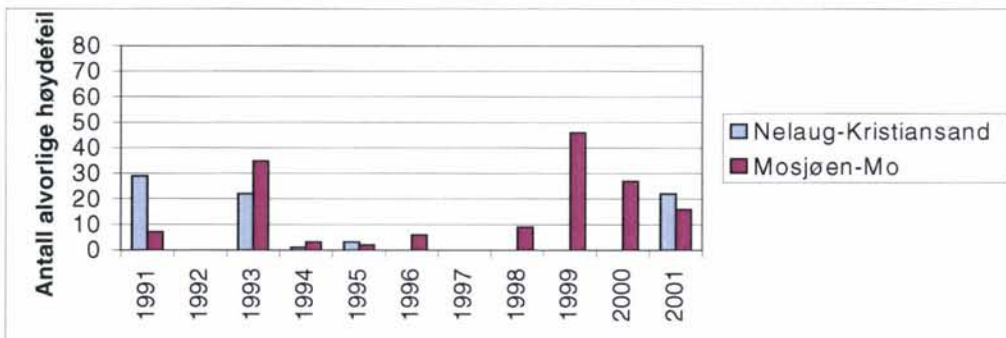
Det har blitt færre alvorlige vindskjevhetsfeil (9 m) på begge referansestrekningene. På begge referansestrekningene har det vært en reduksjon på 70-80 % i antall feil ved høstmålingen. Ved vårmålingen har reduksjonen på Sørlandsbanen kun vært på ca 20 % mens reduksjonen på Nordlandsbanen har vært på ca 75 %. Mot slutten av 10-perioden er det ved vårmålingen ca 4 ganger så mange feil på referansestrekningen på Sørlandsbanen som på Nordlandsbanen. Tilsvarende er det like mange feil ved høstmålingen. Dette tyder på at ballastrensingen har hatt en viss effekt på antall alvorlige vindskjevhetsfeil med 9 m målebasis på Sørlandsbanen, men samtidig har reduksjonen i antall alvorlige feil på Nordlandsbanen vært større.

## Høydefeil

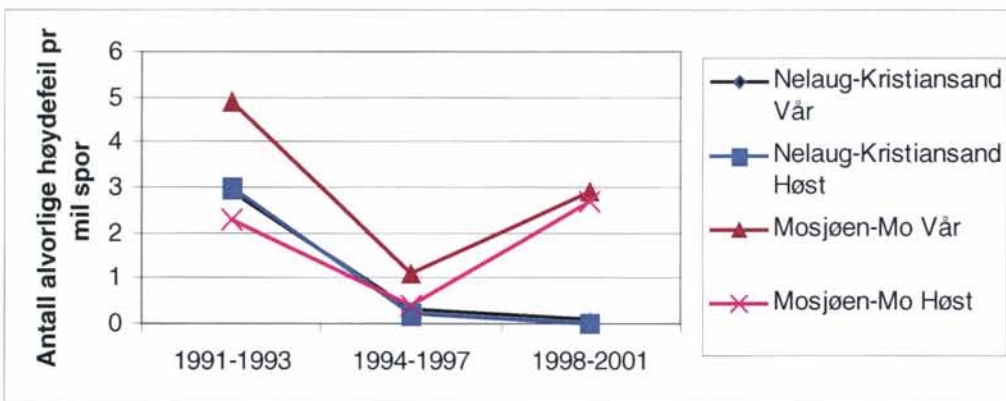
I figur 11 og 12 er antall alvorlige høydefeil ved vår- og høstmålingen på de to referansestrekningene vist for hvert enkelt år. Figur 13 viser gjennomsnittlig antall alvorlige høydefeil på de to referansestrekningene. Grensen for akuttfeil er 9 mm på K2-baner og 12 mm på K3-baner.



FIGUR 11 Antall alvorlige høydefeil på referansestrekningene ved vårmålingene



FIGUR 12 Antall alvorlige høydefeil på referansestrekningene ved høstmålingene



FIGUR 13 Gjennomsnittlig antall alvorlige høydefeil pr mil spor pr år på referansestrekningene

På referansestrekningen Nelaug-Kristiansand viser figur 13 at det har vært en klar reduksjon i antall høydefeil i perioden. Antall feil har blitt redusert fra ca 3 feil/mil spor de første årene i perioden til 0-0,1 feil/mil spor de siste årene i perioden. Spesielt fra 1993 til 1994 har det vært en klar reduksjon i antall feil. Ca 45 % av referansestrekningen ble ballastrenset i 1993.

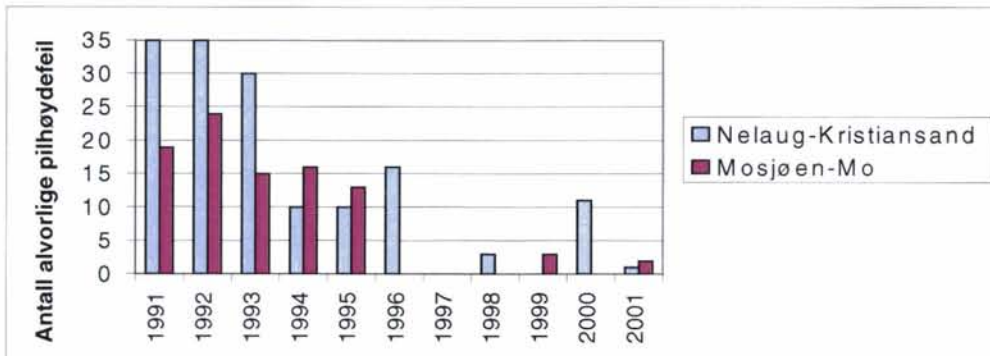


På referansestrekningen Mosjøen-Mo viser figur 13 at det har vært en reduksjon i antall høydefeil ved vårmålingen fra ca 5 feil/mil spor til ca 3 feil/mil spor, mens ved høstmålingen har antall feil holdt seg på ca 2,5 feil/mil spor. Både ved vår- og høstmålingen var antall feil betydelig lavere i perioden 1995-1997 (vår 1,1 og høst 0,4).

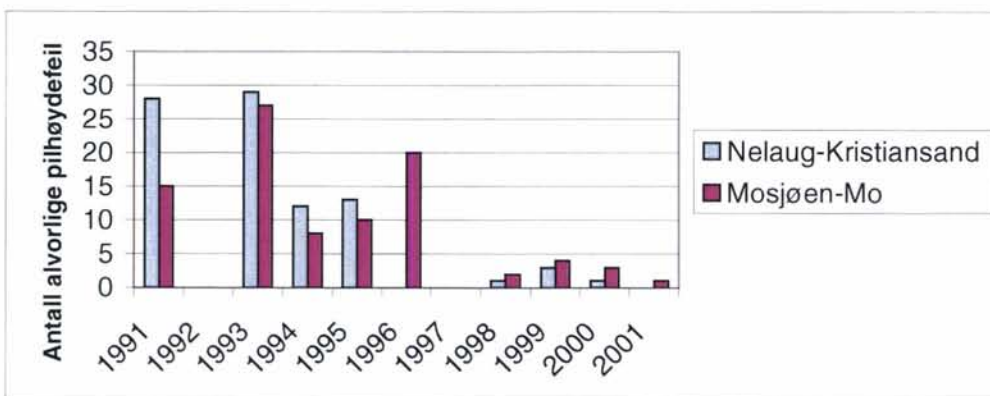
Det har blitt færre alvorlige høydefeil på begge referansestrekningene. På Sørlandsbanen er reduksjonen meget klar fra ca 3 feil/mil spor til 0-0,1 feil/mil spor ved både høst og vårmålingen, dvs en reduksjon på 95-100 % i antall feil. På Nordlandsbanen har det vært en reduksjon på ca 40 % ved vårmålingen, mens ved høstmålingen er det heller en svak tendens til økning i antall feil. Mot slutten av perioden er det 25-30 ganger så mange feil på referansestrekningen på Nordlandsbanen som på Sørlandsbanen. Dette viser at ballastrensingen har hatt en klar effekt på antall alvorlige høydefeil.

### Pilhøydefeil

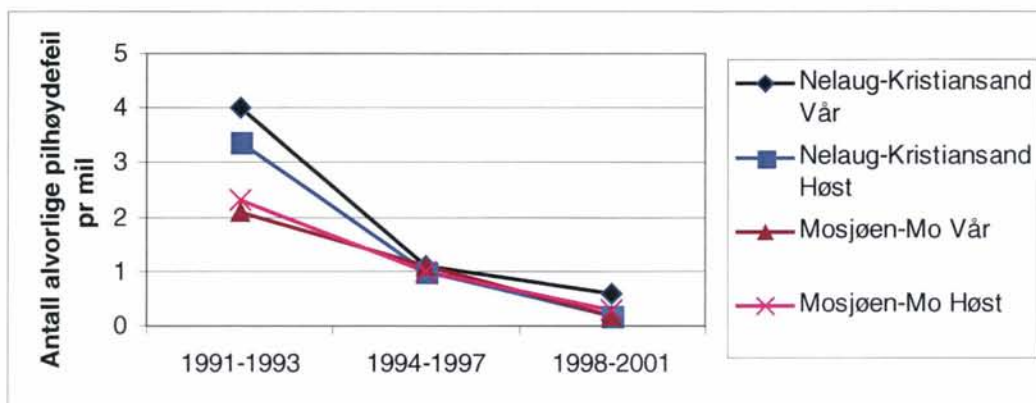
I figur 14 og 15 er antall alvorlige pilhøydefeil ved vår- og høstmålingen vist for hvert enkelt år på de to referansestrekningene. Figur 16 viser gjennomsnittlig antall alvorlige pilhøydefeil på de to referansestrekningene. Pilhøydefeil gir et godt uttrykk for hvor stabilt svillene ligger i ballastpukken. Grensen for akuttfeil er 9 mm for K2-baner og 12 mm for K3-baner.



FIGUR 14 Antall alvorlige pilhøydefeil på referansestrekningene ved vårmålingene



FIGUR 15 Antall alvorlige pilhøydefeil på referansestrekningene ved høstmålingene



**FIGUR 16** Gjennomsnittlig antall alvorlige pilhøydefeil pr mil spor pr år på referansestrekningene

På referansestrekningen Nelaug-Kristiansand viser figur 16 at det har vært en klar reduksjon i antall pilhøydefeil i perioden. Ved vårmålingen har antall feil blitt redusert fra 4,0 feil/mil de første årene i perioden til 0,6 feil/mil de siste årene i perioden. Vårmålingen i 2000 skiller seg klart ut med 11 feil på hele referansestrekningen og er med på å trekke opp gjennomsnittet til 0,6 feil/mil. Ved høstmålingen har tilsvarende reduksjon vært fra 3,4 feil/mil til 0,2 feil/mil. Spesielt fra 1993 til 1994 og fra 1996 til 1997 har det vært klare reduksjoner i antall feil.

Også på referansestrekningen Mosjøen-Mo har det vært en klar reduksjon i antall pilhøydefeil i perioden. Ved vårmålingen har antall feil blitt redusert fra 2,1 feil/mil de første årene i perioden til 0,2 feil/mil de siste årene i perioden. Ved høstmålingen har tilsvarende reduksjon vært fra 2,3 feil/mil til 0,3 feil/mil. Spesielt fra 1996 til 1997 har det vært en klar reduksjon i antall feil.

Det har blitt betydelig færre alvorlige pilhøydefeil på begge referansestrekningene. I begynnelsen av 10-årsperioden var det opp mot dobbelt så mange feil på Sørlandsbanen som på Nordlandsbanen. På Sørlandsbanen har det vært en reduksjon på 80-95 % i antall feil. På Nordlandsbanen har det vært en reduksjon på ca 90 % i antall feil. Mot slutten av perioden er det ca like mange feil på referansestrekningen på Nordlandsbanen som på Sørlandsbanen. Unntaket er ved vårmålingene på Sørlandsbanen der antall feil er noe større grunnet det høye antall feil som ble målt våren 2000. Dette tyder på at ballastrensingen har hatt en klar effekt på antall alvorlige pilhøydefeil på Sørlandsbanen, men samtidig har antall alvorlige pilhøydefeil på Nordlandsbanen blitt redusert.

### Oppsummering for alvorlige sporfeil

Figurene 5 til 16 viser at i begynnelsen av 90-årene var det flest vindskjevhetsfeil (både 2 m og 9 m) og pilhøydefeil på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand. Våren 1992 (høydefeil) skiller seg ut på Mosjøen-Mo med spesielt mange alvorlige feil. Dersom disse feilene inkluderes i gjennomsnittet var det noe flere høydefeil på Mosjøen-Mo enn på Nelaug-Kristiansand. Dersom disse feilene ikke inkluderes var det flest feil på Nelaug-Kristiansand. Generelt var altså tilstanden med hensyn på de 4 forannevnte alvorlige sporfeilene tildels betydelig dårligere på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand sammenlignet med referansestrekningen Mosjøen-Mo i perioden 1991-1993.

I slutten av 90-årene har antall feil på Nelaug-Kristiansand blitt redusert til ca 0,1 feil/mil ved høstmålingene for alle de 4 feilene. Ved vårmålingene er det noe flere feil for vindskjevhet (2 m



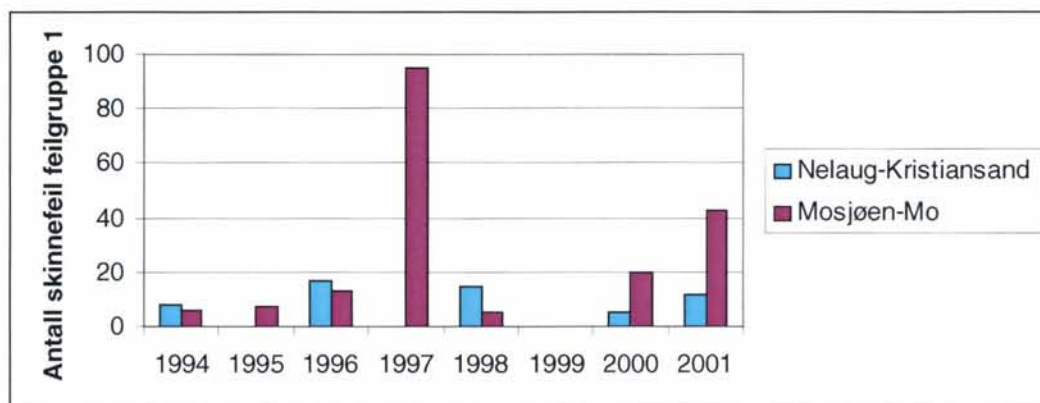
og 9 m) og pilhøyde. På dette tidspunktet er det omtrent like mange vindskjevhetsfeil (9 m) og pilhøydefeil på de to referansestrekningene, mens det er klart flere vindskjevheter (2 m) og høydefeil på Mosjøen-Mo.

På Nelaug-Kristiansand har det for de fleste feilene vært en reduksjon av alvorlige sporfeil på i størrelsesorden 70-90 % fra begynnelsen av 90-årene til år 2000. På Mosjøen-Mo har det vært en noe mindre reduksjon for vindskjevhet (9 m) og pilhøydefeil. For vindskjevhet (2 m) har det vært en økning i antall feil, mens høydefeil har holdt seg på omtrent samme nivå.

Dette viser at det har vært en betydelig standardheving med hensyn på de 4 sporfeilene på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand, og det er naturlig å anta at dette hovedsaklig skyldes ballastrensingen. På referansestrekningen Mosjøen-Mo spriker resultatene avhengig av hvilken sporfeil som fokuseres. Det har vært prioritert å redusere antall sporfeil på denne strekningen. Dette har tildels vært gjort ved å utføre punktpakking. En stor del av sporpakkingene som er utført på denne referansestrekningen har en utstrekning på 200-400 m. På Nelaug-Kristiansand derimot er det svært få sporpakkinger med en utstrekning på under 1 km. Utstrakt bruk av punktpakking vil sannsynligvis på lang sikt føre til at standarden på banen generelt sett faller. Dette kan være årsaken til at for et par av feiltypene har det vært en viss økning i antall sporfeil mot slutten av perioden på referansestrekningen i Region Nord.

## 5.8 Skinnefeil

Figur 17 viser en oversikt over antall skinnefeil gruppe 1 på de to referansestrekningene.



FIGUR 17 Antall skinnefeil feilgruppe 1

På Sørlandsbanen er det i gjennomsnitt ca 8 feil pr år. Dette tilsvarer ca 1 feil pr mil pr år. Det er ikke mulig å anslå om feilraten har øket eller minket i løpet av perioden.

På Nordlandsbanen er det i gjennomsnitt ca 27 feil pr år. Dette tilsvarer ca 3 feil pr mil pr år. På denne referansestrekningen varierer feilraten mye fra år til år. Spesielt to år skiller seg ut med høye feilrater; 1997 og 2001. En sannsynlig årsak til alle skinnefeilene er at ca 18 % av referansestrekningen består av 40 kg skinner med tildels meget dårlig tilstand. Det kan synes som om det har vært en klar økning i antall feil i de to periodene 1994-1997 og 1998-2001.



I begynnelsen av perioden var det omtrent like mange skinnefeil på de to referansestrekningene, mens i slutten av perioden var det klart flere skinnefeil på referansestrekningen i Region Nord.

### 5.9 Akuttfeil i sporveksler

Tabell 21 viser en oversikt over antall akuttfeil i sporveksler på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand. Det kan være flere akuttfeil i en og samme sporveksel. På Nelaug-Kristiansand er det 28 sporveksler mens på Mosjøen-Mo er det 14 sporveksler.

*TABELL 21 Antall akuttfeil i sporveksler på referansestrekningen Nelaug-Kristiansand*

Type kontroll	1997	1998	1999	2000	2001
Sikkerhetskontroll	-	-	-	9	50
Vedlikeholdskontroll	13	15	3	21	30

I Region Sør ble rutineene omkring inspeksjon av sporveksler sterkt intensivert og satt i system i år 2000. Dette kan være årsaken til den store økningen i antall feil de siste årene to på denne referansestrekningen. Sikkerhetskontroll utføres i april/mai og vedlikeholdskontroll i oktober/november.

Følgende feilrater ble funnet:

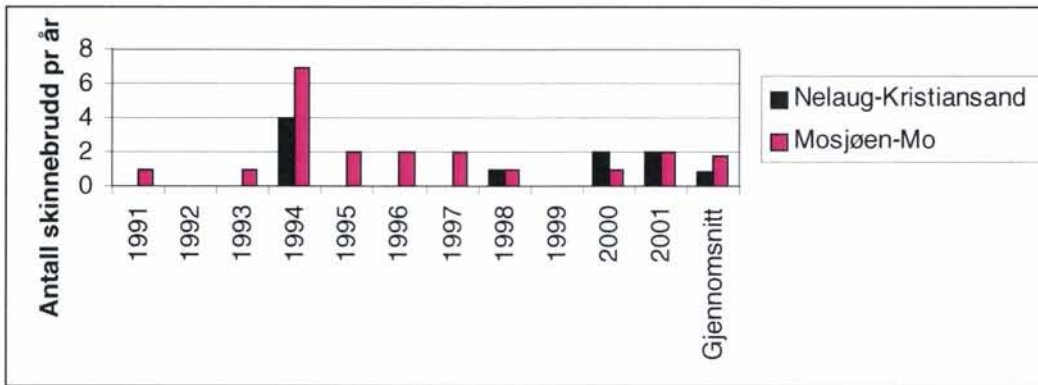
- Ved sikkerhetskontrollen varierte feilraten mellom ca 0,3 og 1,8 pr sporveksel pr år med et gjennomsnitt på 1,1
- Ved vedlikeholdskontrollen varierte feilraten mellom ca 0,1 og 1,1 pr sporveksel pr år med et gjennomsnitt på 0,6

I Region Nord mangler nøyaktige data, men antall akuttfeil ble anslått til gjennomsnittlig 4 feil pr år i perioden 1997-2001. Dette tilsvarer ca 0,3 akuttfeil pr sporveksel pr år. Strekningen Mosjøen-Mo har de nyeste sporvekslene. Sør for Mosjøen er det betydelig flere feil.

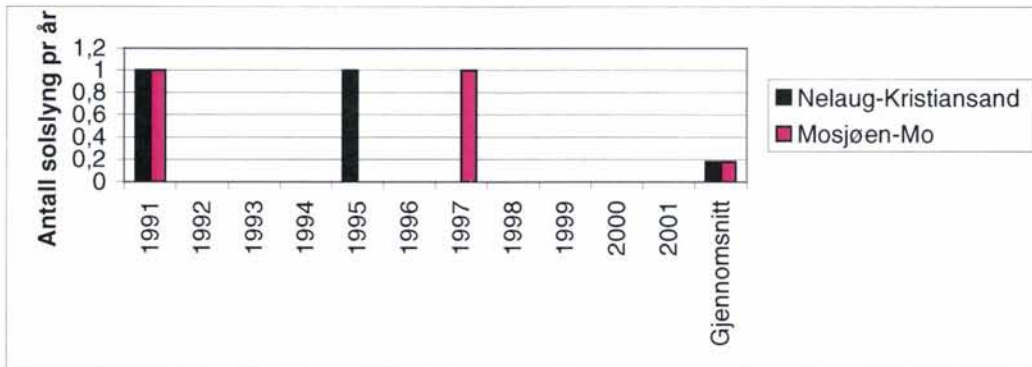
Siden inspeksjonsrutinene i de to regionene tydeligvis er så forskjellige, er det ikke gjort noen sammenligning av antall feil i sporvekslene på de to referansestrekningene.

## 6 Uhell og uønska hendelser

I perioden 1997-2001 har det ikke vært avsporinger som skyldes dårlig spor, på noen av de to referansestrekningene. Figur 18 og 19 viser en oversikt over antall skinnebrudd og solslyng som skyldes dårlig spor, på de to referansestrekningene. For solslyng var det ingen forskjell mellom de to referansestrekningene (gjennomsnittlig 0,2 solslyng pr mil bane pr år). På referansestrekningen på Nordlandsbanen var det omtrent dobbelt så mange skinnebrudd som på referansestrekningen på Sørlandsbanen. Dette tilsvarer henholdsvis ca 0,2 skinnebrudd pr mil bane pr år (nord) og 0,1 skinnebrudd pr mil bane pr år (sør).



FIGUR 18 Antall skinnebrudd på referansestrekningene



FIGUR 19 Antall solslyng på referansestrekningene

## 7 Ikke-planlagte saktekjøringer

Antall ikke-planlagte saktekjøringer på en strekning sier noe om tilstanden på strekningen. Derfor er det gjort en undersøkelse av antall ikke-planlagte saktekjøringer. De to regionenes månedlige statusrapporter danner grunnlag for saktekjøringene. Disse rapportene inneholder en oversikt over stående ikke-planlagte saktekjøringer den siste datoen i hver måned.

På referansestrekningen i Region Sør ble det funnet 1 ikke-planlagte saktekjøring i perioden april 2000-januar 2002 (21 måneder). Denne sto i november-desember 2000 og var forårsaket av fare for utglidning av spor. Pr år tilsvarende dette ca 0,6 ikke-planlagte saktekjøringer med gjennomsnittlig varighet på 2 måned på denne referansestrekningen.

På referansestrekningen i Region Nord har det totalt vært 26 ikke-planlagte saktekjøringer i perioden januar 2000-februar 2002 (26 måneder). 2 av disse saktekjøringene har stått hele perioden, mens de resterende har hatt varierende varighet. Gjennomsnittlig tilsvarende dette ca 12 ikke-planlagte saktekjøringer pr år med gjennomsnittlig varighet 4,3 måneder på denne referansestrekningen.

Gjennomsnittlig har det vært ca 20 ganger så mange ikke-planlagte saktekjøringer på referansestrekningen på Nordlandsbanen. Samtidig har disse en gjennomsnittlig varighet som er dobbelt så lang som på referansestrekningen på Sørlandsbanen. Med hensyn på denne parameteren er det stor forskjell mellom de to referansestrekningene.

I kapittel 3.2 har vi funnet at investeringen på 160 mill kr i ballastrensing i perioden 1990-2000 må medføre årlige innsparinger på kr 77 pr lm spor ved ballastrensing hvert 50. år, og kr 123 pr lm spor ved ballastrensing hvert 25. år for at ballastrensingen skal være lønnsom ut fra et økonomisk synspunkt på strekningen Nelaug-Kristiansand.

I kapittel 4.1 har vi funnet at drifts- og vedlikeholdskostnadene (eksl ballastrensing og før- og etterarbeider) på Nelaug-Kristiansand er ca 33 kr mindre pr lm spor på Nelaug-Kristiansand sammenlignet med Mosjøen-Mo. På Mosjøen-Mo er underbygningsstandarden noe dårligere enn på Nelaug-Kristiansand samtidig som sporstandarden på Nelaug-Kristiansand har vært høyere enn på Mosjøen-Mo. Det er derfor rimelig å anta at den reelle forskjellen i drifts- og vedlikeholdskostnader (eksl ballastrensing og før- og etterarbeider) er på 40-50 kr pr lm spor dersom begge strekningene hadde hatt samme spor- og underbygningsstandard. De resterende kostnadene på ca 30 kr pr lm spor (ballastrensing hvert 50. år) til ca 80 kr pr lm spor (ballastrensing hvert 25. år) må da spares inn gjennom reduserte tidskostnader på strekningen.

På Nelaug-Kristiansand har det de siste årene gått ca 23 tog pr døgn. Ikke-planlagte saktekjøringer vil føre til at togene blir forsinket. På Nelaug-Kristiansand var det gjennomsnittlig 0,6 saktekjøringer med varighet på 2 måneder. Dette tilsvarende 1 saktekjøring med varighet ca 1 måned.

Vi gjør så følgende forutsetninger:

- Før ballastrensingen var ikke-planlagte saktekjøringer slik fordelt over året at de forsinket alle togene
- Hvert togminutt er verdt 250 kr, dvs at en forsinkelse på 1 min koster 250 kr. I dette tallet ligger det forutsetninger om passasjertallet på togene, antall som reiser i arbeid og fritid mm og godsmengden på godstog



Ved ballastrensing hvert 50. år, dvs en innsparing på 30 kr pr lm, må hvert tog spare inn ca 70 sekund i reisetid på hele strekningen. Dette tilsvarer en innsparing ca 9 sekund pr mil spor.

Ved ballastrensing hvert 25. år, dvs en innsparing på 80 kr pr lm, må hvert tog spare inn ca 190 sekund i reisetid på hele strekningen. Dette tilsvarer en innsparing ca 23 sekund pr mil spor.

Et scenarie blir da:

For at ballastrensingen på 160 mill kr i perioden 1990-2000 på Nelaug-Kristiansand skal være lønnsom, må:

- Ballastrensingen medføre årlige innsparinger i drifts- og vedlikeholdskostnader på 40-50 kr pr lm spor (3,4-4,3 mill kr pr år på referansestrekningen). Dette beløpet er av samme størrelsesorden som årlige diskonterte kostnader (35-50 kr pr lm) til selve ballastrensingen (eksl før- og etterarbeid) og kostnader til pakking i etterkant. Kostnadene til selve ballastrensingen kan altså spares inn gjennom drifts- og vedlikeholdsbudsjettet, mens kostnadene til før- og etterarbeid må spares inn gjennom reduserte tidskostnader, f.eks gjennom reduisering av antall ikke-planlagte saktekjøringer
- Ikke-planlagte saktekjøringer reduseres slik at alle tog i gjennomsnitt bruker 10-20 sekund kortere tid pr mil bane

Dette viser at for at ballastrensing til en kostnad på totalt ca 2 400 kr pr lm spor skal kunne forsvares økonomisk, må det oppnås betydelige tidsgevinster ved at regulariteten forbedres. Innsparing av drifts- og vedlikeholdskostnader alene kan ikke komme opp i slike beløp at ballastrensing kan forsvares økonomisk.

## 8 Konklusjoner

Vurderingene under bygger på kostnadsdata som er samlet inn for de to referansestrekningene i dette prosjektet. Det har vist seg at det er ressurskrevende og vanskelig å hente fram kostnadstall for tidligere år. Enkelte av kostnadstallene er også noe usikre. Konklusjonene er derfor beheftet med samme usikkerhet som datagrunnlaget.

Under er det gjort en oppsummering av de viktigste konklusjonene i dette prosjektet:

- Ballastrensing med tilhørende arbeider er en kostbar arbeidsprosess. Til ballastrensing og før- og etterarbeider i tilknytning til dette er det beregnet at det ble brukt ca 160 mill kr (prisenivå 1998) på strekningen Nelaug-Kristiansand (67 km spor) i perioden 1990-2000. Dette tilsvarer en pris på ca 2 400 kr pr lm spor. Av denne kostnaden utgjør selve ballastrensingen 35-40 % (kr 910), før- og etterarbeider (kabler, drenering og vegetasjonsrydding) ca 60 % (kr 1 440) og pakking etter ballastrensingen under 5 % (kr 50). Ut fra dette kan det se ut som om potensialet for innsparing først og fremst ligger i før- og etterarbeidene.
- Utført ballastrensing på strekningen Nelaug-Kristiansand i perioden fra 1990 til 2000 har medført en betydelig standardheving på strekningen i den samme perioden. Det har f.eks vært en betydelig forbedring av K-tallet i perioden samtidig som antall alvorlige sporfeil har blitt betydelig redusert. Dette vil medføre en sikrere drift på strekningen, f.eks er ikke-planlagte saktekjøringer meget lavt sammenlignet med strekningen Mosjøen-Mo.
- I perioden 1998-2001 var de gjennomsnittlige drifts- og vedlikeholdskostnadene (eksl ballastrensing og før- og etterarbeider i tilknytning til dette) på strekningen Nelaug-Kristiansand 77 kr pr lm pr år og på strekningen Mosjøen-Mo 110 kr pr lm pr år. Dersom vi tar hensyn til forskjell i spor- og underbygningsstandard, tyder tallene fra de to referansestrekningene på at det er et innsparingspotensiale på 40-50 kr pr lm spor ved å ballastrense. De årlige diskonterte kostnadene til ballastrensing er i størrelsesorden 80-120 kr pr lm spor avhengig av hvor ofte det ballastrenses. Dette tyder på at 30-60 % av kostnadene til ballastrensing (inkl før- og etterarbeid) kan spares inn gjennom drifts- og vedlikeholdsbudsjettet. Dette tilsvarer omtrent kostnadene til selve ballastrensingen (eksl før- og etterarbeid) og pakking av sporet etterpå.
- For at ballastrensingen skal kunne forsvares rent økonomisk må ballastrensingen føre til forbedret regularitet. Forsinkelser som følge av f.eks ikke-planlagte saktekjøringer må reduseres. I dette prosjektet er det beregnet at ved å redusere de gjennomsnittlige forsinkelsene pr tog med 10-20 sekund pr mil, vil de resterende 40-70 % av kostnadene til ballastrensing spares inn.
- Mye tyder på at på strekningen Nelaug-Kristiansand har det vært holdt en for høy standard på strekningen etter ballastrensing. Pakking av sporet har trolig vært gjort før det er behov for det ut fra kravene i det tekniske regelverket. Derfor har en i perioden 1995-2000 ikke fullt ut klart å ta ut gevinsten som ballastrenseprosjektet skulle medført.
- Det er stor forskjell i standard mellom de to referansestrekningen.



## 9 Videre arbeid

Arbeidet med dette prosjektet og resultatene fra prosjektet har vist at det er noen områder som det bør arbeides videre med. Under er de viktigste områdene listet opp:

- Kostnader til ballastrensing. Ballastrensing med tilhørende arbeider er en dyr arbeidsprosess. Kostnadsdata fra flere prosjekt bør bearbeides for å få sikrere data til bruk i drifts- og vedlikeholdsbudsjetter. Samtidig må det undersøkes nærmere hva som er gjort av før- og etterarbeider i tilknytning til ballastrensingen, da slike arbeider utgjør en vesentlig del av kostnadene til ballastrensing.
- Utarbeidelse av arbeidsbeskrivelser for hva som er nødvendige før- og etterarbeider ved ballastrensing for å få et mer optimalt resultat.
- Behovet for og nødvendigheten av ballastrensing bør undersøkes nærmere. I tilknytning til dette kan det være aktuelt å se nærmere på inngrepskriteriene for ballastrensing for å oppnå optimale virkninger av ballastrensingen.
- Årsaker til pakking av sporet. Resultatene fra dette prosjektet tyder på at det er pakket for ofte på Nelaug-Kristiansand den første tiden etter at strekningen ble ballastrenset. Dette er uheldig av økonomiske årsaker, samtidig som selve pakkingen bidrar til nedknusing av pukken. Årsaker til at sporet pakkes bør derfor undersøkes nærmere. På grunnlag av dette kan det utarbeides klarere kriterier for når pakking skal utføres. I disse vurderingene bør en også gi noen anbefalinger om lengde på strekningen som pakkes. På de to referansestrekningene i dette prosjektet har det vært stor forskjell på lengden til delstrekningene som ble pakket.
- Det kan være behov for en mer inngående studie av utvikling av ulike parametre, f.eks K-tall og alvorlige sporfeil, på strekninger som nylig er ballastrenset sammenlignet med strekninger som har ligget lenge uten å ha blitt ballastrenset.
- Undersøke nærmere hvilke faktorer som bidrar til å redusere K-tallet på det norske jernbanenettet.
- Det er stor forskjell i standard mellom de to referansestrekningene i dette prosjektet. En vesentlig årsak til dette er trolig fordeling av drifts- og vedlikeholdsmidler mellom regionene i Jernbaneverket. En annen årsak kan være interne prioriteringer i regionene. Det bør derfor arbeides videre med fordelingsmodeller for drift og vedlikehold.
- Gjennom arbeidet har det vist seg at det er vanskelig å få ut data om hva som er gjort av drifts- og vedlikeholdsarbeider tidligere år. Dette gjelder både lokalisering til tid, sted og kostnader til de ulike arbeidene. Dette må ses opp mot innføring av ny Banedatabank i Jernbaneverket. Det er et stort behov for å standardisere registrene i hele organisasjonen.
- Det har vært tidkrevende å finne fram til kostnadsdata i dette prosjektet. Det synes som om mange medarbeidere i Jernbaneverket har sitt eget "skyggeregnskap" for å holde orden på kostnadene. Et mer enhetlig system for kostnadsoppfølging bør derfor innføres.



## 10 Referanser

- /1/ Jernbaneverket (1999): "Årgangsanalyse av anlegg. Delprosjekt over- og underbygning – vedlegg 3. Rapport av 25.03.99.
- /2/ Jernbaneverket (1998): Teknisk regelverk. "Overbygning. Regler for vedlikehold." JD532.
- /3/ Jernbaneverket (1998): Teknisk regelverk. "Overbygning. Regler for prosjektering." JD530.
- /4/ Jernbaneverket (2001): "Jernbanestatistikk 2000"