



***Energiøkonomisering i  
banestrømforsyning og togframføring  
2002***

***Rapport fra arbeidsgruppe fase 1,  
2003***

Utgitt mars 2004

Jernbaneverket  
Biblioteket

Eks. 1

7 620.9:656.025.4 JBV Ene

|  |  |   |
|--|--|---|
| <br><b>JERNBANEVERKET</b> | <b>TITTEL</b> <i>Energiøkonomisering i<br/>banestrømforsyning og<br/>togframføring 2002.<br/>Rapport fra arbeidsgruppe fase 1,<br/>2003.</i> |   |
|  | <b>SAKSNR.</b> 02/939  | <b>ARKIVBETEGNELSE</b> i 760  |
|  | <b>DATO</b> 16.03.2004   | <b>ANTALL SIDER</b> 52  |
| <b>OPPDRAKSGIVER</b> <i>Jernbaneverket Hovedkontoret<br/>Miljøseksjonen</i>                                |  | <b>OPPDRAKSGIVERS REFERANSE</b> <i>Seksjonssjef<br/>Veronica<br/>Valderhaug</i> |
| <b>SAKSBEHANDLER/PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)</b><br><br><i>Rådgiver Sigrun Nygård</i>                      |  | <b>PROSJEKTMEDARBEIDER</b><br><br><i>Arbeidsgruppe som omtalt s.7</i>           |
| <b>KVALITETSSIKRET AV (NAVN, STILLING, SIGN.)</b> <i>Sigrun Nygård</i>                                     |  |   |
| <b>GODKJENT (NAVN, STILLING, SIGN.)</b> <i>Veronica Valderhaug</i>   |  |   |
| <b>SAMMENDRAG</b><br>➤ Se s.6.   |  |   |

## Forord

Jernbaneverket og trafikkutøverene ble i 2002 enige om å etablere et samarbeidsprosjekt om energiøkonomisering. Miljøseksjonen i Jernbaneverket Hovedkontoret utarbeidet et mandat for prosjektet og tok initiativ til opprettelse av en arbeidsgruppe bestående av representanter fra Jernbaneverket og trafikkutøverene.

Arbeidsgruppen har vært delt inn i 3 undergrupper med hver sine oppgaver. Representantene fra Bane Energi har vurdert tiltak ang. matestasjonsanlegg. Representantene fra Jernbaneverket Hovedkontoret har vurdert tiltak ang. øvrige infrastrukturprosjekt. Representantene fra trafikkutøverene har vurdert tiltak ang. rullende materiell.

Denne rapporten sammenstiller det materiale som de 3 undergruppene har utarbeidet og er å betrakte som en oppsummering av fase I av prosjektet som ble igangsatt i 2002. Det er fortsatt en del ubesvarte spørsmål/blanke felt i teksten. Dette er de forhold som sto ubesvart etter høringsrunde til arbeidsgruppen juli-sept 2003. Rapporten avgis til oppdragsgiver, Miljøseksjonen i Jernbaneverket.

**Energiøkonomisering i Banestrømforsyning og togframføring 2002.**  
**Rapport fra arbeidsgruppe fase I,**  
**2003**

**Innholdsliste:**

|  |    |
|--|----|
| Forord.....  | 3  |
| 1. Sammendrag.....   | 6  |
| 2. Innledning .....  | 7  |
| 2.1 Bakgrunn .....   | 7  |
| 2.2 Organisering av prosjektet.....  | 7  |
| 2.3 Om prosjektgruppens arbeid.....  | 7  |
| 3. Generelt .....  | 8  |
| 3.1 Forbruk av elektrisk kraft og energikontrakter .....   | 8  |
| 3.1.1 Forbruk elektrisk kraft.....   | 8  |
| 3.1.2 Kostnadsutvikling elektrisk kraft.....   | 9  |
| 3.1.3 Prognose for framtidig prisutvikling .....   | 9  |
| 3.1.4. Transportarbeid med elektrisk trekraft .....  | 9  |
| 4. Stasjonære anlegg.....  | 11 |
| 4.1 Innledning.....  | 11 |
| 4.2 Ombygging av kjølesystem på roterende omformere.....   | 11 |
| 4.3 Avmagnetisere generatoren i lavlastperioder .....  | 11 |
| 4.4 Utnytte spillvarme fra omformere til varmegjenvinning.....   | 12 |
| 4.5 Overgang til statiske omformere .....  | 14 |
| 4.6 Ombygging av kontaktledningssystemet.....  | 14 |
| 4.7 Reduserte overføringstap i strømforsyningssystemet ved overgang til asynkronteknikk i traksjonsmateriellet ..... | 16 |
| 4.8 Nytt mateledningssystem.....   | 16 |
| 4.9 Energihusholdningsprogrammer .....   | 17 |
| 4.10 Overgang til 25 kV og 50 Hz strømforsyning .....  | 17 |
| 4.11 Programmerte oppvarmingsystem (stasjonære togvarmeanlegg) .....   | 18 |
| 4.12 Elektrisk sporvekseloppvarming ( $16^{2/3}$ Hz) .....   | 20 |
| Tabell I Oppsummering av nåverdi .....   | 22 |
| 5. Rullende materiell .....  | 23 |
| 5.1 Generelt .....   | 23 |
| 5.2 Spesifikt energiforbruk ved elektrisk banedrift .....  | 23 |
| 5.3. Trekkraftaggregater .....   | 23 |
| 5.3.1. Tilbakemating av bremseenergi. Nettbremse .....   | 23 |
| 5.3.2 Forbedring av trekkaggregatets effektfaktor .....  | 24 |
| 5.3.3 Reduksjon av forbruk på hjelpeutstyr (Trekkaggregater).....  | 26 |
| 5.3.4 Vektreduksjon. Lokomotiver.....  | 27 |
| 5.3.5 Aerodynamisk front lok/vogner.....   | 27 |
| 5.3.6 Virkningsgrad på lokomotiver.....  | 28 |
| 5.4 Vognmateriell.....   | 28 |
| 5.4.1 Kjøremotstand. Generelt.....   | 28 |
| 5.4.2 Godsvogner, kjøremotstand, energibehov .....   | 28 |
| 5.4.3 Personvogner, kjøremotstand, energibehov.....  | 29 |
| 5.4.4 Enøk i personvogner.....   | 29 |
| 5.4.5 Krengetog .....  | 30 |
| 5.4.6 Vektreduksjon (vogner-motorvogner).....  | 31 |
| 5.5 Drift.....   | 31 |
| 5.5.1 Energiøkonomisk kjøring. Utløpsmetoden.....  | 31 |
| 5.5.2 Bruk av hjelpemidler for energiøkonomisk kjøring .....   | 32 |
| 5.5.3 Innføring/forbedring av stasjonære tekniske anlegg.....  | 33 |
| 5.5.4 Info-kampanje .....  | 34 |
| 6. Aktuelle nye Enøk-tiltak .....  | 34 |
| 6.2. Sentral for energiavregning .....   | 35 |

|   |    |
|---|----|
| 6.3 Bedre oversikt over kraft til faste anlegg i Jernbaneanlegget.....            | 36 |
| 6.4 Bedret oversikt over biforbruk av 16 2/3 Hz energi.....                       | 36 |
| 6.5 Bedret fordeling av 16 2/3 Hz energi til togvarmeanlegg.....                  | 37 |
| 6.6 Varmluftoverføring m.m. [7] pkt 4.2.....                                      | 37 |
| 6.7 Kjøreplaner for omformere.[7] pkt 4.9.....                                    | 37 |
| 6.8 Linjespenning Hakavik [7].....  | 38 |
| 7. Videre arbeid.....   | 38 |
| VEDLEGG 1: Mandat fastsatt i oppstartmøte 13.06.02.....                           | 42 |
| VEDLEGG 2 Energiforbruk tog 2002.....   | 45 |
| VEDLEGG 3: Nøkkeltall for energiforbruk fordelt på togmateriell og strekning..... | 46 |
| VEDLEGG 4 Utdrag fra Eisenbahn-Revue 1-2/1998 Energisparen bei Reisezug.....      | 49 |
| VEDLEGG 5 Litteraturliste:.....   | 52 |



# 1. Sammendrag

NSB utarbeidet i 1994 rapporten "Energioptimalisering i banestrømforsyning og togframføring". Rapporten tok utgangspunkt i energiforbruket i jernbanesektoren i 1992 og la fram en rekke forslag til energioptimaliseringstiltak.

Jernbaneverket og trafikkutøverene ble i 2002 enige om å etablere et samarbeidsprosjekt om enøk. Hovedmål med prosjektet er å bidra til energioptimalisering av jernbanesektoren i Norge. Som del av dette prosjektet er det laget en oversikt over hvorvidt hvert enkelt av tiltakene som ble foreslått i 1994 er gjennomført, og hva som ble oppnådd. Det er lagt vekt på å vise hvor det fortsatt er potensiale for energioptimalisering og definere aktuelle nye enøk tiltak som er blitt relevante siden enøkrapport-94 ble laget. Prosjektet er avgrenset til å gjelde enøk innen banestrømforsyning og togframføring med 16 2/3 Hz (kjørestrøm). Enøk i forbindelse med 50 Hz strøm (husholdningsstrøm) i jernbanesektoren er ikke omtalt, bortsett fra henvisning til pågående arbeid med enøk knyttet til 50Hz strøm i Jernbaneverket .

Tiltakene som ble foreslått i 1994 er i varierende grad fulgt opp. Potensialet for enøk som ble anslått i 1994 er ikke oppnådd. En sammenligning av energiforbruket i 1992 og 2002 viser at energiforbruket har øket, men tallene er ikke direkte sammenlignbare mellom 1992 og 2002 bl.a fordi den prosentvise andelen av transportarbeidet mellom godstransport og persontransport har endret seg.

Det er fortsatt stort potensiale for enøk i jernbanesektoren i Norge. Arbeidsgruppen anbefaler at det arbeides videre med å gjennomføre enøktiltak.

## Forslag til prioriteringsliste matestasjonsanlegg:

1. linjespenning Hakavik
2. kjøreplaner for omformere
3. avmagnetisere generator i lavlastperioder
4. ombygging av kjølesystem for roterende omformere

## Forslag til prioriteringsliste øvrige infrastrukturanlegg:

1. Fortsatt ENØK-tiltak i sporvekselvarmeanlegg jf. Kap 4.12 a)
2. Utnyttelse av programmerbare stasjonære togvarmeanlegg og programmering av nytt togmateriell.
3. Bedret oversikt over energiforbruket
  - a)Energimålere
  - b)Oversikt over biforbruk fra kl-nettet
  - c)Automatisk avlesing av energimålere til felles energisentral
  - d)Automatisk energifordeling mellom trafikkutøvere ved bruk av togvarmeanlegg
4. Større bruk av togvarmeposter
5. Bygging av AT-løsninger
6. System som fordeler kostnader for økt tap på grunn av dårlig effektfaktor til hver enkelt loktype

## Forslag til prioritering for rullende materiell:

- 1.Prosjekt investeringsforslag energimålere
- 2.Investering simulator/opplæring kjøreteknikk
3. Opplæring m.v reduksjon av forbruk hjelpeutstyr
4. Optimal utnyttelse av varmeposter – togvarme

## Andre forslag:

Det bør holdes et årlig møte, der status for ENØK blir diskutert mellom JBV-hovedkontoret, BaneEnergi og Trafikkutøverene. Møtet holdes i første kvartal, slik at det kan koples til årsrapportering vedrørende ENØK.

## **2. Innledning**

### **2.1 Bakgrunn**

NSB utarbeidet i 1994 rapporten "Energiøkonomisering i banestrømforsyning og togframføring" heretter kalt Enøk-rapport-94. I rapporten er det listet opp mulige energiøkonomiseringstiltak for henholdsvis stasjonære anlegg og rullende materiell. Rapporten omhandlet elektrisitetsforbruk. Enøk for dieseltrekraft var ikke med. Det ble i rapporten konkludert med at de samlede potensielle muligheter for å redusere det spesifikke energiforbruk var betydelig.

Det har skjedd store endringer når det gjelder organisering av jernbanevirksomheten i Norge etter at rapporten ble laget i 1994. Når det gjelder gjennomføring av enøk-tiltak for å redusere jernbanens energiforbruk er det stort behov for å se helhet. Jernbaneverket og trafikkutøverene ble derfor i 2002 enige om å etablere et samarbeidsprosjekt for å finne fram til de beste enøk-tiltakene. Mandatet for arbeidet er vist i vedlegg 1.

Hovedmål med prosjektet er å bidra til energiøkonomisering av jernbanesektoren i Norge. Et viktig delmål er å lage en oversikt over hvilke tiltak som er gjennomført etter 1994, herunder hva som ble oppnådd (var effekten av tiltakene slik som beskrevet i enøkrapport-94). Det sentrale vil være å vise hvor det fortsatt er potensiale for energiøkonomisering og definere aktuelle nye enøk tiltak som er blitt relevante siden enøkrapport-94 ble laget. Vurderingene skal på samme måte som i 1994 omfatte både jernbaneinfrastruktur og rullende materiell.

Resultatet fra fase 1 av prosjektet er denne rapporten som viser status for tiltak foreslått i 1994, aktuelle nye tiltak og forslag til videre arbeid med enøk (fase 2).

Når det gjelder omfang og avgrensning er følgende tolkning av mandatet lagt til grunn: Prosjektet er avgrenset til å gjelde enøk innen banestrømforsyning og togframføring med 16 2/3 Hz (kjørestrøm). Enøk i forbindelse med 50 Hz strøm (husholdningsstrøm) i jernbanesektoren er ikke omtalt, bortsett fra henvisning til pågående arbeid med enøk knyttet til 50Hz strøm i Jernbaneverket.

### **2.2 Organisering av prosjektet**

Følgende personer har deltatt på ett eller flere møter:

Fra Jernbaneverket Hovedkontoret: Frode Johnsen, Magne Nordgård, Sverre Kloster, Sigrun Nygård (prosjektleder)

Fra Bane Energi: Johnny Brevik, Jan Petter Haugli, Georg Rokne, Erika Stenvik

Fra Jernbaneverket Region Øst: Ole Løken

Fra NSB: Tor Olaf Andersen, Erland Rasten, Christian Borgen, Terje Green

Fra Cargo Net AS: Kjell Myhre, Sjur Holvik

Fra Flytoget AS: Tom Lund, Jens A. Salberg

Fra Linx AB: Bengt Lyng, Arne Jonsson

### **2.3 Om prosjektgruppens arbeid**

Gruppen har hatt 3 fellesmøter: 13.juni 02, 29.oktober 02 og 29.januar 03.

Prosjektgruppen har vært delt inn i 3 undergrupper med hver sine oppgaver.



Representantene fra Bane Energi har vurdert tiltak ang. matestasjonsanlegg. Representantene fra Jernbaneverket Hovedkontoret har vurdert tiltak ang. øvrige infrastrukturanlegg. Representantene fra trafikktutøverene har vurdert tiltak ang. rullende materiell.

Sigrun Nygård og Sverre Kloster har satt sammen materialet fra de 3 undergruppene til en felles rapport.

Et utkast til rapport ble sendt til arbeidsgruppens medlemmer for kommentarer 14.juli 2003 med høringsfrist 01.09.03.

Det har ikke vært nye møter i arbeidsgruppen etter dette, rapporten gjengir derfor vurderinger fra arbeidsgruppen per september 2003.

### 3. Generelt

#### 3.1 Forbruk av elektrisk kraft og energikontrakter

Jernbaneverket ble i Stortingsproposisjon nr. 64 i 1996/-97 tillagt ansvaret for innkjøp av elektrisk kraft til togframføring. Innen Jernbaneverket er det Bane Energi som håndterer innkjøp og avregning av denne energien. En del av volumet er blitt kjøpt på langsiktige kontrakter, bl.a. med Statkraft (Hakavik kraftverk) og Tinfos (varmegjennvinningskraft). Resterende blir kjøpt på den nordiske elbørsen NordPool. For å søke å oppnå en mest mulig stabil og lav kraftpris benyttes finansielle prissikringskontrakter på en andel av volumet.

##### 3.1.1 Forbruk elektrisk kraft

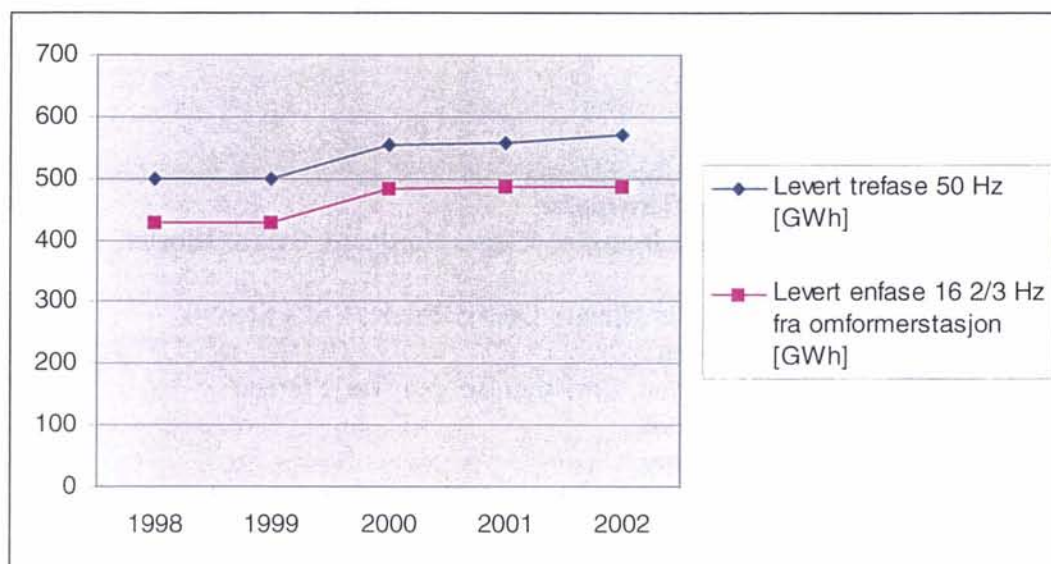


Fig 1: Totalt forbruk av kraft til togframføring i perioden 1998 til 2002:

I 2002 kjøpte Jernbaneverket inn 572 259 MWh elektrisk kraft til togframføring. Dette til en kostnad på 168,4 millioner kr. inkl. forbruksavgift til Staten. Forbruk av elektrisk energi til

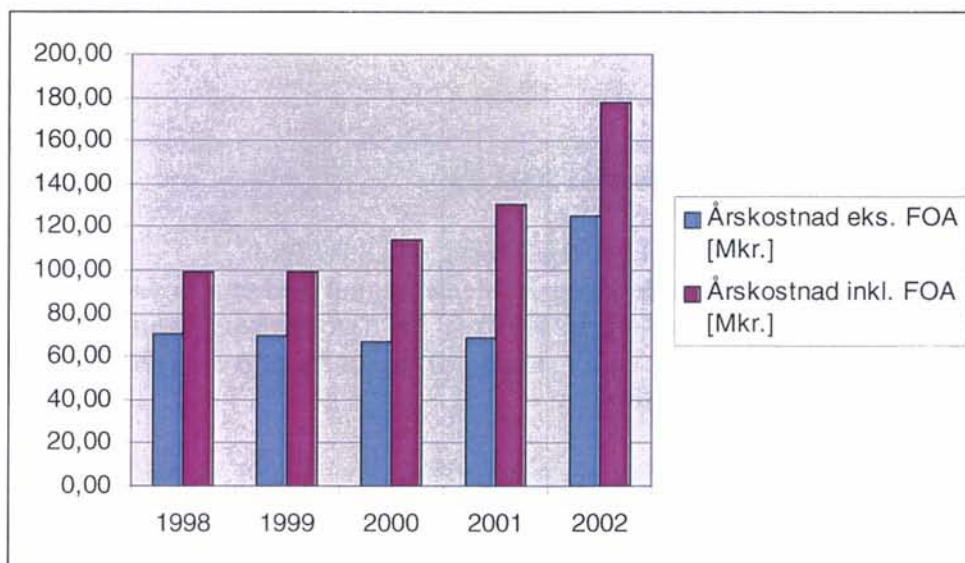


togframføring utgjør 0,44% av total produksjon av elektrisitet i Norge i 2002 på 130 601 GWh.

For 1992 var utgjorde energien til togframføring 0,43% av den samlede energiproduksjon på 117 502 GWh, jfr. Enøkrapport av -94.

### 3.1.2 Kostnadsutvikling elektrisk kraft

Fig 2: Årlig kostnad ved innkjøp av elektrisk kraft til togframføring for perioden 1998 til 2002:



Som det framgår av figuren har totalkostnaden økt jevnt i perioden grunnet økt forbruk og økning i avgifter. Innkjøpsprisen ekskl. forbruksavgift gikk jevnt ned i perioden fra 1998 til 2001, men økte kraftig i 2002.

### 3.1.3 Prognose for framtidig prisutvikling

De store prisvariasjonene på elektrisk kraft har vist at dette er en svært varierende parameter. Det er ingen forhold som tilsier at dette vil endre seg i årene framover.

### 3.1.4. Transportarbeid med elektrisk trekkraft

I Enøk-rapport -94 ble det gjennomsnittlige spesifikke energiforbruket med elektrisk banedrift ved NSB- ekskl Ofotbanen beregnet til 41Wh/Btkm.[1] Her er også medregnet energien til banestrøm til driftsbanegårder.

Samlet transportarbeid med elektrisk energi eksklusive Ofotbanen –MTAS-var:

For 1992: 10 303 779 000 Btkm med energiforbruk 422.676 MWh som gir 41 Wh/Btkm

For 2002: 10 074 230 000 Btkm med energiforbruk 470.150 MWh som gir 46 Wh/ Btkm som gir en økning på 12% fra 1992.

Se vedlegg 2: Energiforbruk tog 2002- referert innkjøpt 50 Hz.

NB. Energiforbruket er her- som i Enøk-rapport 94- regnet ut fra matestasjon eller tilnærmet på strømvaktaker, det vil si den energien som nyttes til selve togframføringen. Energitapet i omformingen er antatt til ca.15%.

Tallene er ikke direkte sammenlignbare mellom 1992 og 2002 fordi den prosentvise andelen av transportarbeidet mellom godstransport og persontransport har endret seg vesentlig :

|                  |          |                   |
|------------------|----------|-------------------|
| Transportarbeid: | 1992 [1] | 2002 se vedlegg 2 |
| Persontransport  | 43%      | 61%               |
| Godstransport:   | 57%      | 39%               |

Ut fra ovennevnte fordeling av transportarbeidet i 2002 fås:

1. For **godstransport** Cargo Net et spesifikt energiforbruk på 28 Wh/tkm  
Kommentar: I Enøk-rapport -94 , se side 13 og 29 ble det regnet med et spesifikt forbruk på 35 Wh/tkm for "arbeidende godstog" og 26 Wh/tkm for "fjerngodstog" som er den transportmåte som nyttes i dag. Tallene virker rimelig riktige ut fra at godstogene i dag kjøres med lokomotiver uten tilbakemating.
2. For **persontransport** NSB, Flytoget, m.fl. et spesifikt energiforbruk på 53 Wh/tkm  
Kommentar: I Enøk-rapport-94 side 13 er beregnet et spesifikt forbruk 50 Wh/tkm. Tallene viser 6% økning, men da en vesentlig del av persontransporten i dag kjøres med trekkaggregater med tilbakemating av bremseenergi burde en hatt en reduksjon i energiforbruket?  
Unntaket er type 69 som ikke har tilbakemating og hyppig start/stopp.  
Forholdet bør/må analyseres nærmere.

Momenter:

Er de gjennomsnittlige reisehastighetene høyere enn for ti år siden?

Vektøkning på materiellet.(Vekt per sete øket?)

Komforten i persontogmateriell har øket, bl.a til klimaanlegg.

Bruken av trykkluft har øket bl.a til krenkning.

Hvor nøyaktige er de oppgitte bruttotonnm ? Er prøvekjøringer og kjøring til og fra verksteder og driftsbanegårder tatt med?

**SBB** utførte året 1995 et transportarbeid på 52,9 milliarder Btkm/år som gir et midlere spesifikt energiforbruk på 35 Wh/Btkm. [10]

## 4. Stasjonære anlegg

### 4.1 Innledning

### 4.2 Ombygging av kjølesystem på roterende omformere

Tiltaket er omtalt i kap.4.2 i Enøkrapport-94. Sparepotensialet ble i 1994 anslått til 84 MWh/år per omformer.

Tiltaket består i endring av kjølesystemene i omformerne – både i omformer og den faste stasjonsutrustning. I omformer fjernes en del av viftebladene som gir tvungen kjøling og kompenseres med et eksternt system som kan regulere kjøleluftmengden ut i fra målt kjølelufttemperatur. Dermed passerer det ikke mer luft enn nødvendig. Vifteblader for tvungen kjøling av dempeviklingene kan ikke fjernes på grunn av hurtige temperatursvingninger som må kjøles umiddelbart.

Er tiltaket fulgt opp ? Tiltaket er ikke utført, ses i sammenheng med varmluftsoverføring og kjøreplaner for omformere, kap 6.5 og 6.6.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket er fortsatt aktuelt.

Kostnad: Beregningene fra rapporten viser en investering på 1,7 mill kr til sammen når man bygger ut kjølesystemer i 20 omformerne. Omregnet til dagens prisnivå blir dette litt i overkant av 2 mill kr for alle 20 omformere.

Potensiale: Inntjeningen i energi ved ombygging ligger på 84 MWh per år for hver omformer, dette vil minke med økende trafikk tetthet på grunn av at mindre tomgang (antar i rapporten at gjennomsnittlig tomgangstid for omformere tilsvarer 1/3 av driftstiden, 6500 timer/år). Med kraftpris på 37 øre/kWh gir det et årlig sparepotensial på 621 600 kr dersom man bygger ut 20 omformere. Nyten av tiltaket reduseres dersom varmluftsoverføring og kjøreplaner for omformere, jf. kap 6.5 og 6.6, utnyttes effektivt.

Nåverdi: Totalt vil nåverdien for utbygging av 20 omformere bli 7,0 mill kr. Med en relativt høy nytte/kost verdi (4,40) er dette et tiltak som anbefales gjennomført.

Følsomhetsanalyse: nåverdien vil forbli positiv ved både høy og lav kraftpris, 11,42 og 4,07 mill kr respektivt. Det er altså stor variasjon i nåverdien, dette på grunn av at det er store besparelser ved redusert tap. Men vil i verste fall ha en nytte/kost-verdi på 2,97 (se vedlegg 7 i BE rapport [7] ).

Konklusjon, avsnitt 4.2

Tiltaket anbefales gjennomført, men nyten reduseres ved effektiv utnyttelse av varmluftsoverføring og kjøreplaner for omformere.

### 4.3 Avmagnetisere generatoren i lavlastperioder

Tiltaket er omtalt i kap 4.3 i Enøkrapport -94. Sparepotensialet ble i -94 anslått til 107 MWh/år pr/omformer.



Tiltaket: Avmagnetisering av generatoren i lavlastperioder er hensiktsmessig dersom lastøkning ikke forventes i løpet av kort tid. Maskinen vil holde synkront turtall og være i fase med nettet dersom det ikke har vært nede i løpet av tiden. Generatoren avmagnetiseres ved å legge ut E-bryter og feltbryter.

Er tiltaket fulgt opp ? Tiltaket er under utførelse på to omformere som ombygges vår/sommer 2003 i forbindelse med hovedrevisjon.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket er fremdeles aktuelt.

Kostnad: I enøk-rapport-94 settes kostnadene ved konstruksjonsendringene lik null fordi dette vil inngå i det generelle arbeidet i hovedrevisjonen. Hvor realistisk det er å sette disse til null, er usikkert. Det vil trolig være nødvendig med en investering. Utrekningene for dette alternativet vil da kun si noe om hvor mye det er mulig å spare over analyseperioden, og dermed gi en indikasjon på hvor mye man kan tillate seg å investere i konstruksjonsendringene. I tillegg vil det også være sannsynlig med en økning i driftskostnadene som følge av forandringene.

Potensiale: Totale magnetiseringstap (jerntap, rotortap, børstetap og feltmaskintap) er på cirka 49,4 kW. Regner også her med at 1/3 av driftstiden er tomgang, altså vil totale tap for en omformer hvert år ligge på rundt 107 MWh som tilsvarer 39 590 kr/år.

Nåverdi: med kostnader satt til null, er nåverdien beregnet til 577 000 kr. Dersom det antas økning i driftskostnadene, må man også ta hensyn til nåverdien av disse.

Følsomhetsanalyse: Med en lav kraftpris på 25 øre/kWh, kan man investere opp til 390 000 kr per omformer, mens man med 55 øre/kWh kan tillate seg investeringer opp mot 850 000 kr. Usikkerhet rundt investeringskostnadene gjør det vanskelig å si noe om hvorvidt prosjektet er lønnsomt i de forskjellige tilfellene.

|   |
|---|
| Konklusjon avsnitt 4.3: Tiltaket er fortsatt aktuelt. Prototype bygges inn i de to første omformerne i løpet av 2003. |
|---|

#### **4.4 Utnytte spillvarme fra omformere til varmegjenvinning**

Tiltaket er omtalt i kap 4.4 i Enøk-rapport –94. Sparepotensialet ble anslått til 1105 MWh/år pr/omformer.

Tiltak: Installering av ventilasjons- og varmegjenvinningsanlegg som består av tre hoveddeler:

- varme anlegg, fordeling av varmt vann til forbruker
- varmegjenvinningsanlegg, varmepumpe
- ventilasjonsanlegg.

Er tiltaket gjennomført ? Tiltaket er ikke gjennomført.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltak er mindre aktuelt fordi avsetning av overskuddsenergien er vanskelig å finne utenfor omformerstasjonene. Dette gjelder også for omformerstasjoner i sentrale strøk.

Kostnad: Priser for ny maskinhall, regnet for Bergen omformerstasjon

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Varmeanlegg:        | 600 000 kr          |
| Varmegjenvinning:   | 400 000 kr          |
| Ventilasjonsanlegg: | 800 000 kr          |
| <u>Sum</u>          | <u>1 800 000 kr</u> |

For bygging i omformerhall som allerede er i drift kan man beregne en prisøkning på 10%, slik at summen per anlegg bli 2 mill kr. I dagens priser blir det 2,18 mill kr for ny hall og 2,43 mill kr for eksisterende. Vedlegg 1, prisindeks BE rapport datert 8.8.02.

Potensiale: det totale sparepotensialet ved å utnytte spillvarme ved å installering av ventilasjons- og varmegjenvinningsanlegg, tilsvarer varmepumpens varmeopptak på 170 kW. Per omformer blir dette et årlig sparepotensial på 1105 MWh/år, en inntjening på 331 500 kr per år ved salg av varmeenergien til 30 øre/kWh, som er prisen som antas i rapporten fra 1994.

Nåverdi: Nåverdiene blir da 2,65 mill kr og 2,42 mill kr for henholdsvis nytt og eksisterende anlegg.

Følsomhetsanalyse: kraftprisen har veldig stor innflytelse på lønnsomheten av tiltaket. Men vil i begge tilfeller, både høy og lav kraftpris, får vi et positivt utfall. Nåverdien ved lav kraftpris blir 1,6 og 1,8, og nytt/kost verdien er 1,66.

Status: Det ble ikke bygget varmegjenvinningsanlegg i Bergen omformere fordi avtakere av energien ikke var villige til å være med på finansieringen. Det eksisterende ventilasjonsanlegget i Bergen er forberedt på å tilkoples et varmegjenvinningsanlegg dersom det skulle være aktuelt, se Enøk-rapport -94. En viktig forutsetning for utbygging av varmegjenvinningsanlegg er at det finnes marked for salg av, eventuelt behov for, vannbåren varme i nærheten av omformerer.

På Lillestrøm og Jessheim ble det regnet på bruk av spillvarme til å holde gårds plassene isfrie, men det viste seg ikke å være lønnsomt.

Utnytting av spillvarme kan ses i sammenheng med kap 6.6. Varmluftsoverføring mellom omformerhallene er bygget i alle Bane Energis omformerstasjoner med minimum 2 roterende omformere.

|  |
|--|
| Konklusjon avsnitt 4.4. Tiltaket er mindre aktuelt fordi det er vanskelig å finne avsetning for overskuddsenergien utenfor omformerstasjonene. |
|--|



#### 4.5 Overgang til statiske omformere

Tiltaket er omtalt i kap 4.5 i Enøkrapport -94

I statiske omformere utføres frekvensomformingen ved hjelp av kraftelektronikkomponenter. Utvikling av kraftelektronikk gjør at tapene minker og ytelsen forbedres. I utgangspunktet var hensikten med å bygge statiske omformere å oppnå generelt bedre virkningsgrad, samt lavere produksjonskostnader enn roterende omformere. Sparepotensialet ble i -94 anslått til 10155 MWh/år

Er tiltaket gjennomført ? Tiltaket er delvis utført i forbindelse med etablering av nye omformerstasjoner.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket vil være aktuelt ved anskaffelse av nye omformere.

Kostnad: for et komplett anlegg kommer kostnadene på mellom 45 og 60 mill kr i 1994-kroner. For videre utregning brukes dagens middel på 63,7 mill kr.

Potensiale: statiske omformere har bedre virkningsgrad enn roterende. Virkningsgradkurven synker ved effektuttak under merkeeffekt. Med økende trafikk tetthet blir det lettere å få omformere til å gå nær merkelast. I rapporten regnes det med en virkningsgrad på 85% for roterende og 93% for statiske omformere (et forsiktig anslag på grunn av varierende last som fører til at det er vanskelig å oppnå optimal virkningsgrad). Det er altså potensiale for å spare 8% av den delen av energiproduksjonen som overføres fra roterende til statiske omformere. Totalt for fem omformere anslår rapporten et potensial på 50 779 MWh/år, det vil si 10 155 MWh/år per omformer. Dette gir en besparelse på litt i overkant av 3,7 mill kr per år.

Nåverdi: Nåverdien til å skifte ut eksisterende roterende omformere med statiske ligger på - 8,84 mill kr. Investeringskostnadene må under 54,4 mill kr for at prosjektet skal være lønnsomt, og være betydelig større for å få et tilfredsstillende nytte/kost forhold.

Følsomhetsanalyse: overgangen til statiske omformere er svært avhengig av kraftprisen på grunn av de høye investeringskostnadene. Nåverdien for en kraftpris på 55 øre/kWh er godt over 17 mill kr. For at prosjektet skal gå i pluss, må Kraftprisen helt opp i 43 øre/kWh.

Status: det er bygget 6 stasjoner med statiske omformere. Energimålingssystemene i statiske omformere bygget i forbindelse med Gardermobanen viser en energivirkningsgrad på ca 94%, noe som er rett i overkant av det forventede potensiale.

|  |
|--|
| Konklusjon avsnitt 5.4 : Det er ikke økonomisk forsvarlig å skifte ut eksisterende roterende omformere med statiske <u>kun</u> for å spare energi. |
|--|

#### 4.6 Ombygging av kontaktledningssystemet

Tiltaket er omtalt i kap.4.6 i Enøkrapport -94.

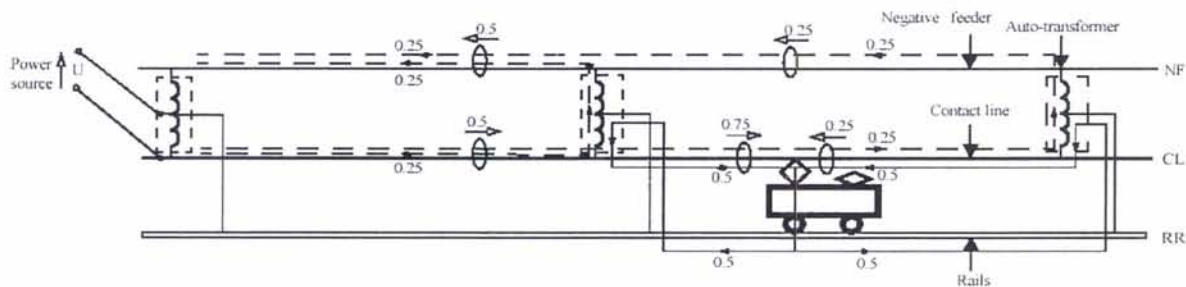
Tiltaket ville ikke gi Enøkgevinst av betydning.



Er tiltaket gjennomført ? Tiltaket er ikke utført i større grad . Anleggene er noe forbedret på grunn av en viss fornyelse.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket vil være aktuelt ved ombygging av kontaktledningsanlegget til AT- system.

I den senere tid har det blitt fokus på bygging av kontaktlednings-/strømforsyningsanlegg med autotransformator (AT). Med AT får man en dobling (eller mer) av overføringsspenningen og dermed en halvering av strømmen sammenlignet med konvensjonelt kontaktledningsanlegg. Effekttapet (og energitapet) i kontaktledningsanlegget er proporsjonalt med strømmen i kvadrat ( $I^2$ ) og blir derfor teoretisk redusert til  $1/4$ .



Figur. 3. Prinsipp for autotransformatorsystem med dobbel spenning (+/- 15 kV).

Banverket har gjennom utredninger om AT i Sverige [16] gjort beregninger av energitapet i konvensjonelt kontaktledningsanlegg (med sugetransformatorer) og system med autotransformator. Med AT-system med dobbel spenning (+/- 15 kV) er det et totalt sparepotensial på om lag 30 % i forhold konvensjonelt system.

I tillegg kan AT-system bidra til en mer effektiv drift av omformerstasjoner slik at tapene kan reduseres. Beregninger vedrørende dette er ikke utført.

⇒ **Mulige nye tiltak:** Bygging av AT system kan gi om lag 30 % reduksjon av overføringstapene i kontaktledningsanlegget (fra omformerstasjon/matepunkt til toget).

NB: Bygging av AT-system vil ikke være et ENØK-tiltak i seg selv, men vil bidra til bedre utnyttelse av energien.

#### **Nytte- / kost – vurderinger:**

Bygging av AT-system vil aldri bli bygget ene og alene pga. potensialet for energisparing. Det vil være helt andre kriterier som ligger til grunn for valg av AT, slik som bedre effektoverføringsevne i kl-anlegget (om lag 3 ganger mer effekt kan overføres enn med konvensjonelt kl-system). Det betyr i praksis at man kan overføre mer effekt til togene uten at spenningsfallet blir for stort. AT-system gir derfor en forbedring av driftsforholdene for togene, og gir mulighet for større trafikk (flere tog, tyngre tog og/eller kraftigere tog) uten bygging av nye omformere. Eventuelt man kan også fjerne eksisterende omformerstasjoner når AT blir bygd. AT vil gi besparelser i form av lavere investeringer og langt lavere driftskostnader samt mindre energitap. Utnyttelsesgraden av omformeraggregater vil kunne øke og forbedre gevinsten ytterligere.

Konklusjon avsnitt 4.6

94-rapporten angir ikke noe potensiale for Enøk- gevinst ved ombygging av kontaktledningsanlegget. Status uendret.

Bygging av AT anlegg – som først eventuelt vil bli realisert om flere år- vil også kunne gi en Enøk effekt.

#### **4.7 Reduserte overføringstap i strømforsyningssystemet ved overgang til asynkronteknikk i traksjonsmateriellet**

Tiltaket er omtalt i kap 4.7 og 5.3.2 i Enøkrapport –94.

Redusert overføringstap i strømforsyningssystemet ved overgang til asynkronteknikk i traksjonsmateriellet er i denne rapporten i sin helhet behandlet i kapittel 5.3.2.

#### **4.8 Nytt mateledningssystem**

Tiltaket er omtalt i kap.4.8 i Enøkrapport –94.

Tiltaket består i å gå over til et nytt mateledningssystem med 55 eller 132 kV som knytter sammen et antall omformere- og transformatorstasjoner.

Er tiltaket gjennomført ? Tiltaket er ikke gjennomført.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Bane Energi skal i løpet av høsten 2003 gjennomføre et utredningsprosjekt hvor alternative planer for fremtidig banestrømforsyning skal vurderes. Nytt mateledningssystem vil være et av flere alternativer som blir vurdert.

Tiltak: system bestående av 55 eller 132 kV, 16 2/3 Hz som knytter sammen et antall omformere- og transformatorstasjoner som går med jevnere belastning og høyere virkningsgrad. (Har vært benyttet i Tyskland i en årrekke.) Har vært gjort en utredning på forsterkning av banestrømforsyningen på Dovrebanen. Alternativet ble forkastet etter kost/nytte-analyse. Det er ikke gjort noen beregninger rundt besparelse for dette tiltaket i enøk-rapport -94, for detaljer rundt dette vises det til [8].

Konklusjon avsnitt 4.8. Bane Energi skal i løpet av høsten 2003 gjennomføre et utredningsprosjekt hvor alternative planer for framtidig banestrømforsyning skal vurderes. Nytt mateledningssystem vil være et av flere alternativer som blir vurdert.

#### 4.9 Energihusholdningsprogrammer

Tiltaket er omtalt i kap 4.9 Enøkrapport –94. Sparepotensiale ikke angitt.

Er tiltaket gjennomført ? Tiltaket ikke utført.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket er ikke aktuelt i dag ut fra nytte-kost vurdering.

I følge Enøk-rapport –94 tilbyr moderne EDB-baserte fjernkontrollsystemer systemer for optimal effektproduksjon i nettet. Systemene kan lage prognoser over effektbehovet over alt i nettet.

Prognosene kan bygge på kraftpriser, forsinkelser ,ekstratog, overføringskapasiteter, tilgjengelig effekt, start- og stoppkostnader for omformere, statistikk og minste tillatte spenning på kontaktledning.

Denne løsningen passer best for mateledningssystemer med høy overføringskapasitet over et stort geografisk område, slik de har i Sverige hvor det er potensial for å kunne spare mye. I Norge er det mest sannsynlig for lav overføringskapasitet til at det skal ligge noe betydelig sparepotensial i å benytte energihusholdningsprogrammer. Det er derfor ikke gjort noen videre utredninger rundt dette i rapporten.

Status: Ikke utført i særlig grad. Kan ses i sammenheng med kapittel 6.7 -Kjøreplan omformere.

|  |
|--|
| Konklusjon , avsnitt 4.9 Tiltaket er ikke aktuelt i dag ut fra nytte-kost vurdering. |
|--|

#### 4.10 Overgang til 25 kV og 50 Hz strømforsyning

Tiltaket er omtalt i kap 4.10 i Enøkrapport –94 og det er vurdert å gå over til 25 kV og 50 Hz strømforsyning til kontaktledningen

Er tiltaket gjennomført ? Tiltaket er ikke gjennomført.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket vil ikke bli gjennomført.

Tiltak: ved å gå over til 25 kV og 50 Hz strømforsyning vil man eliminere alle tap ved omforming til 16 2/3 Hz som eksisterende matesystem er basert på. For dagens system ligger de gjennomsnittlige tapene i omformerne på rundt 15%. Alternativet er utredet i rapporten- "25 kV, 50 Hz matesystem ved NSB" [ 2] og i sammenstillingsrapport "25 kV, 50Hz matesystem ved NSB, videre utredning" [3].



I sammenstillingsrapporten ble det gjennomført en teknisk/økonomisk gjennomgang av de anlegg, materiell og andre forhold med betydning for lønnsomheten ved en eventuell overgang. For de økonomiske analysene brukes her 25 år, fra 1997-2022, som analyseperiode. Kraftprisen som benyttes i er 35 øre/kWh (sammenlignet med 37 øre/kWh i denne rapporten). Inntektene og kostnadene har nåverdier på 4,67 og 5,24 milliarder kr respektivt. Nåverdien på prosjektet blir da -574 mill kr (nåverdiene er regnet i 1995-kroner).

Rapporten tar blant annet for seg en sensitivitetsanalyse for å finne prosjektets følsomhet for ulike endringer i de forutsetningene som er gjort. Med hensyn til kraftprisen, viser det seg at det blir relativt liten endring i nåverdien til tross for kraftig økning av kraftprisen. Selv med en kraftpris på 210 øre/kWh blir nåverdien -402 mill kr. Dette fordi det reduserte energiforbruket først oppstår med full virkning mot slutten av analyseperioden. Det vil da ikke kunne forsvare de store utgiftene prosjektet medfører.

|  |
|--|
| Konklusjon avsnitt 4.10 Prosjektet vil ikke bli gjennomført. |
|--|

#### **4.11 Programmerte oppvarmingssystem (stasjonære togvarmeanlegg)**

Tiltaket er omtalt i kap. 4.11 i Enøkrapport av -94. Rapporten [1] angir et mulig sparepotensiale på 0,5 % av det totale energiforbruket ved å ta i bruk programmerte oppvarmingssystemer.

Det finnes i dag programmerbart stasjonært togvarmeanlegg i Lodalen i Oslo, men anlegget utnyttes i liten grad. Anlegget brukes som et "vanlig" togvarmeanlegg uten at programmeringsmulighetene (tidsstyrt inn- og utkopling) benyttes.

Er tiltaket gjennomført ? Tiltaket er i dag i liten grad benyttet.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket må/bør tas i bruk og utnyttes. Jernbaneverket er eier av de stasjonære anleggene og må legge til rette for bedre utnyttelse av anleggene. Bruken av anlegget i Lodalen er generelt liten i forhold til det antall tog som faktisk står i Lodalen. En økt bruk av anlegget og i tillegg bedre utnyttelse av programmeringsmulighetene i anlegget vil kunne gi besparelse i fremtiden.

I Enøk-rapport [1] angis det, med referanse til andre jernbaneforvaltninger at det vil være mulig å spare 25 % av forbruket til togoppvarming. Totalt for hele NSB var forbruket i 1994 til togvarme anslått til 8 GWh. For 2002 ble det ved avregning av energi til togfremføring til togvarme i hensatte tog fakturert et forbruk på ca 31 GWh. [Ref energiavregning fra BaneEnergi til trafikkoperatørene for 2002 jf. vedlegg 2].

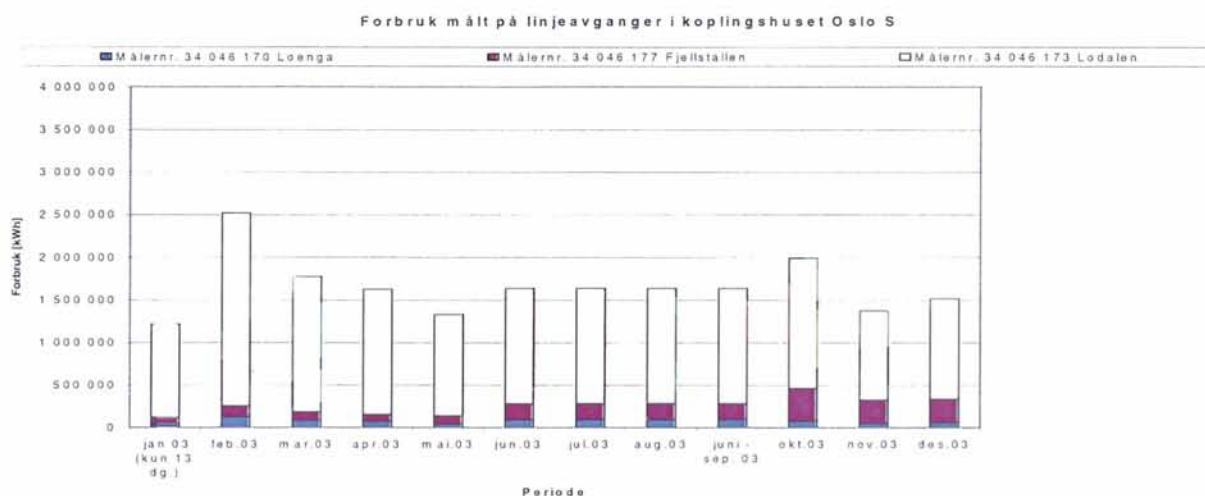
Totalforbruket på de fem stasjonære togvarmeanleggene i Lodalen for hele 2002 var 47 431 kWh (0,047 GWh) og for hele 2003 kun 39 000 kWh (0,039 GWh). Årsak til hvorfor anleggene benyttes så lite er ikke nærmere undersøkt.

I økende grad hensettes togmateriell med tilkopling direkte til kontaktledningen (via strømavtager) uten tilkopling til stasjonære togvarmeanlegg. Hvor stor andel av togvarmen som tas ut på denne måten er ikke kjent.

Ved brev av 22.01.03 er regionene bedt om følge opp energiforbruket på 16 2/3 Hz-nettet, bl.a. ved å installere flere målere.

I Lodalen er det satt i gang registrering av alt forbruk fra kontaktledningsanlegget. Energiforbruket til driftsbanegården Lodalen blir avlest og registrert en gang pr måned. (Se også pkt 6.4)

Tre linjeavganger fra koblingshuset på Oslo S mater inn til Lodalen. Forbruket på disse tre avgangene dekker i hovedsak områder der det ikke foregår ordinær trafikkavvikling (ikke registrert som bruttotonnm eller personkm). Over nevnte togvarmeanlegg i Lodalen mates også fra disse tre linjeavgangene. Forbruket i 2003 er vist i figur 4 under.



Figur 4. Totalforbruk Lodalen 2003 målt på linjeavganger i koblingshuset Oslo S.

Det totale forbruket i Lodalen for 2003 var 18 687 700 kWh (18,7 GWh). Som nevnt ovenfor er forbruket på togvarmeanlegget i Lodalen i 2003 kun 39 051 kWh (0,039 GWh), dvs kun 0,2 % av totalforbruket i Lodalen. Dette tyder på at togvarmeanlegget brukes svært lite.

Ved oppvarming via strømavtager vil forbruket i toget være større enn nødvendig; togets (lokomotivet eller motorvognsettet) hovedtransformator vil være spenningssett og tomgangstapene i størrelsesorden 10 kW [1] vil bety økt energiforbruk.

Nytt togmateriell har innebygget mulighet for programmert oppvarming av hensatt tog, slik at tilsvarende besparelser som med programmerbare stasjonære togvarmeanlegg er mulig. I hvor stor grad dette utnyttes av operatørene er ikke kjent.

Et annet forhold ved bruk av stasjonære togvarmeanlegg er det faktum at det siden 1994 har blitt flere operatører som benytter anleggene. Kostnadene ved bruk av togvarme (stasjonære anlegg eller fra strømavtager) skal betales av hver enkelt operatør. Oversikt over og fordeling av energiforbruket til togvarme vil inngå i det øvrige arbeidet med oversikt over energiforbruket (se punkt 6.3 om forslag til nye ENØK-tiltak). For 2002 er det, som nevnt over, gjort beregninger av forbruket til togvarme til hensatt materiell og fordelt på de ulike operatører (unntatt Flytoget som betaler for målt forbruk).



#### Konklusjon, avsnitt 4.11

Målinger av el-forbruket i Lodalen 2003 viser et betydelig energiforbruk som ikke tas ut over togvarmeanlegget. Togvarmeanlegget brukes i liten grad, og programmeringsmulighetene brukes ikke. Det er derfor et ENØK potensiale her som består i to forhold:

- 1) Bruke togvarmeanlegget i stedet for å hente strøm til togoppvarming direkte via strømvatager
- 2) Bruke programmeringsmulighetene på togvarmeanlegget

#### 4.12 Elektrisk sporvekseloppvarming ( $16^{2/3}$ Hz)

Tiltaket er omtalt i kap 4.12 i Enøk-rapport -94. Det er to forhold som tas opp. For det første omtales mulighetene for å redusere energiforbruket gjennom reguleringsystemer. Dette tiltaket er omtalt nærmere under 4.12.a nedenfor. Det andre forholdet som tas opp i Enøk-rapport 94 er å begrense bruk av  $16^{2/3}$  Hz til sporvekselvarme. Dette omtales nærmere under 4.12 b) nedenfor.

Installert effekt til sporvekselvarme forsynt fra kontaktledningsanlegg er i dag på totalt 667 kW, fordelt på 55 anlegg. (Installert effekt i -94 var 989kW, en reduksjon på 33%)  
Energiforbruket kan grovt anslås til ca 1,3 GWh. Dette utgjør i dag omlag 0,26 % av energien levert til kl-anlegget [15].

##### 4.12.a) regulering av sporvekselvarme

Dersom det i investeres i reguleringsanlegg for anleggene kan det antas en besparelse på 50 %, dvs. ENØK-potensiale: 0,13 % av det totale  $16^{2/3}$  Hz – energiforbruket

Er tiltaket gjennomført ? Alle Jernbaneverkets regioner arbeider med egne Enøk-prosjekter der sporvekselvarme er et av de viktigste områdene.

##### Er tiltaket aktuelt i dag ?

Tiltaket er fortsatt aktuelt, både når det gjelder sporvekselvarme som tas fra  $16^{2/3}$  Hz og sporvekselvarme fra 50-Hz-nettet.

##### Kost-/nytte-vurdering

Kost/nytte-beregninger er nødvendig for alle tiltak som regionen utfører. Investeringene og besparelsene kan relativt enkelt vises for hvert enkelt anlegg. Lønnsomhetsvurderinger er foretatt bl.a i forbindelse med utforming av søknad til ENOVA. Det er ikke lønnsomt med tiltak for alle typer anlegg, men det er svært mange anlegg med stor lønnsomhet. Forhold som kan påvirke lønnsomheten er:

- Anleggets størrelse (dekker det en eller flere sporveksler)
  - Anleggets generelle tekniske standard og forventet restlevetid
- Anleggets beliggenhet



#### 4.12 b) begrense bruken av 16 2/3 Hz til sporvekselvarme

Er tiltaket gjennomført ? Som nevnt ovenfor er den installerte effekt til sporvekselvarme forsynt fra kontaktledningsanlegg redusert med 33% i forhold til 1994.

Er tiltaket aktuelt i dag ?

Det er i Jernbaneverket et mål at biforbruket fra kontaktledningsanlegget skal minimaliseres, og det er ikke tillatt med nye anlegg tilkoplede til kl-nettet til annet enn reservestrømsforsyning til signalanleggene. En stor del av sporvekselvarmeanleggene kan relativt enkelt forsynes fra 50Hz-nettet, men mange anlegg vil fortsatt måtte forsynes fra kl-nettet da andre alternativer ikke finnes (langt fra eksisterende lokal energiforsyning fra el-verk).

Kost-/nytte vurdering: Med dagens pris på energi hentet fra kl-nettet er det ikke lønnsomt å gå over til 50 Hz-forsyning.

Konklusjon avsnitt 4.12.

4.12.a) Enøk-potensiale : 0,13% av det totale 16,7 Hz – energiforbruket

4.12.b) Effekten til sporvekselvarme vil fortsatt i avtagende grad tas fra banestrømforsyningen med 16 2/3 Hz. Men med dagens pris på energi hentet fra kl-nettet er det ikke økonomisk lønnsomt for Jernbaneverket å gå over til 50 Hz forsyning for alle sporvekselvarmeanlegg.

### Tabell 1 Oppsummering av nåverdi

Kalkulasjonsrente: 6%  
 Analyseperiode: 30 år  
 Kraftpris over perioden :37 øre/kWh  
 Prisindeks 1994-2002: 1,21279

| Tiltak   | Nåverdi   | Nytte/kost | Investering      | Årlig besparelse [kr]       | Årlig besparelse [kWh] | Status  |
|--|---|------------|------------------|-----------------------------|------------------------|---|
| Ombygging av kjølesystemet på roterende omformere                        | kr 7 007 849  | 4,40       | kr 2 061 743     | kr 621 600                  | 1 680 MWh              | Ikke utført, ses i sammenheng med varmlufts-overføring og kjøreplaner for omformere |
| Avmagnetisere generatoren i lavlastperioder (per omformer)               | kr 577 646  | -          | 0,00             | kr 39 590                   | 107 MWh                | Prototype bygges inn i to omformere i 2003.   |
| Utnytte spillvarme fra omformerne (i drift) til varmegjenvinning         | kr 2 411 244  | 1,99       | kr 2 425 580     | kr 331 500                  | 1 105 MWh              | Ikke utført, ses i sammenheng med varmlufts-overføring                              |
| Utnytte spillvarme fra omformerne (i ny maskinhall) til varmegjenvinning | kr 2 653 802  | 2,22       | kr 2 183 022     | kr 331 500                  | 1 105 MWh              |   |
| Overgang til statiske omformere  | kr -8 844 710   | 0,86       | kr 63 671 475    | kr 3 757 646                | 10 156 MWh             | Bygget 6 stasjoner med statiske omformere   |
| Ombygging av kontaktlednings-systemet                                    |   |            |                  |                             |                        |   |
| Reduserte overføringstap ved overgang til asynkronteknikk                | Se kap 5.3.2  |            |                  |                             |                        |   |
| Nytt madelednings-system   | Minimal besparelse  |            |                  |                             |                        | Skal utredes høsten 2003  |
| Energihusholdnings-programmer  | Minimal besparelse  |            |                  |                             |                        | Ikke utført i særlig grad   |
| Overgang til 25 kV og 50 Hz strømforsyning                               | kr -574 110 000   | 0,89       | kr 5 240 897 000 | Totalt:<br>kr 4 666 787 000 |                        | Ikke utført   |
| Programmerte oppvarmings-system (stasjonære togvarmeanlegg)              |   |            |                  |                             |                        |   |
| Elektrisk sporveksel-oppvarming (16 2/3 Hz) - regulering                 | Tiltaket er lønnsomt for mange av anleggene.  |            |                  |                             |                        |   |
| Elektrisk sporveksel-oppvarming (16 2/3 Hz) - overgang til 50 Hz         | Med dagens pris på energi hentet fra kl-nettet er det ikke økonomisk lønnsomt for Jernbaneverket å gå over til 50 Hz forsyning. |            |                  |                             |                        |   |

## 5.Rullende materiell

### 5.1 Generelt

### 5.2 Spesifikt energiforbruk ved elektrisk banedrift.

Det gjennomsnittlige spesifikke energiforbruket ved elektrisk banedrift på JBV eks. Ofotbanen er for 2002 beregnet til nesten 46 Wh/Btkm, se pkt.3.1.4, der det også er gitt noen kommentarer.

Vedlegg 3 viser nøkkeltall for energiforbruk fordelt på togmateriell og strekning. Disse nøkkeltallene danner grunnlag for Jernbaneverkets fordeling av energikostnader, 16 2/3 Hz, sammen med innrapportering av bruttotonnkilometer. Nøkkeltallene er simulert av BanePartner [4]. I tillegg har BanePartner foretatt målinger av energiforbruk for noen togtyper. Sammenligning av simulerte og målte nøkkeltall framgår av egen rapport fra BanePartner [9].

Noen resultater/opplysninger fra operatører, se også pkt.5.3.1

**Linx AB** trafikerer Kongsvingerbanen med X2 med asynkronteknikk og tilbakemating

I Sverige ble det i perioden 1995-97 gjennomført målinger på et antall SJ-tog. For **X2** (4 vogner) ble målt, inklusive energitap i overføringene:  
29,8 Wh/bruttotonnkm ved hastighet 130 km/t ( I 1994-rapport oppgitt til 30 Wh/Btkm på strekningen Stockholm-Gøteborg ) og 33,4 Wh/Btkm ved hastighet 200 km/t

**SBB** utførte året 1995 et transportarbeid på 52,9 milliarder Btkm/a ( bruttotonnkilometer pr år) som gir et midlere spesifikt energiforbruk på 35 Wh/Btm.[10 ]  
(I 94-rapporten var energiforbruket 43 Wh/Btm for SBB) Se pkt 3.1.4

### 5.3. Trekkraftaggregater

#### 5.3.1. Tilbakemating av bremseenergi. Nettbremse.

Tiltaket er omtalt i kap 5.3.1 i Enøkrapport -94 .Tilbakemating av bremseenergi ble anslått til å gi det største enkeltbidrag til energisparing- anslagsvis ca 15-20% ved overgang til asynkronteknikken.

Er tiltaket gjennomført ? Siden -94 rapporten ble utarbeidet er El 18, Type 71, Type 72, Type 73 og Type73b levert med asynkronteknikk og med mulighet for tilbakemating av bremseenergi. Tilbakematingsandelen for Flytoget, og type 71,72 og 73 er anslagsvis 10-15%.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket er fortsatt aktuelt etter hvert som materiell med tyristorsteknikk fases ut, i første rekke Type 69.



Noen eksempler på tilbakemating:

**Linx AB** oppgir: På X2000 tog ble det i 1995-97 gjennomført målinger av tilbakemating på strekningen Gøteborg –Stockholm. Snittresultat for 10 reiser var en tilbakemating på ca **12%**. Linx har i sin føreropplæring lagt særlig vekt på aktiv bruk av nettbremse ved nedbremsing. Linx vedlikeholdsleverandør har registrert mindre slitasje på Linx bremses enn andre X2000 tog, hvilket med stor sannsynlighet kan forklares gjennom aktiv bruk av nettbremse. ( I Enøk-rapport 94 er oppgitt en tilbakemating på 8% for Linx).

**Nye S-tog til København.** I en publikasjon om S-togene[5] oppgis at minimum 60% av den energi som brukes til å akselerere toget kan tilbakemates.

**ØBB:** Den nye lokserien 1016/1116 som har energimålere har display i førerbord som viser både den opptatte og den tilbakematede energi. Tilbakematningsgraden var i gjennomsnitt over 10%. Energiforbruket ble fastlagt for hver togtur.[13] Det ble ikke gitt "soll-Vorgabe" for energiforbruket, men det ble gitt opplæring i energisparende kjøremåte.[14]

DB Byggeserie ET 423 sparer i linjetjeneste 12-15% bremseenergi ved tilbakemating i forhold til forgjengeren ET 420 [6] Togsettet går i S-banetraffikk. Togsettet er bygd i en lett stål/kunststoff-konstruksjon.

Konklusjon avsnitt 5.3.1:

Tilbakematningsandelen for de nyeste togene (Flytoget og type 71,72 og 73) er anslagsvis 10-15%. Tilbakematningsandelen av det totale energiforbruket vil øke etter hvert som togsett med asynkronteknikk utfører en større andel av transportarbeidet.

### 5.3.2 Forbedring av trekkaggregatets effektfaktor

Tiltaket er omtalt i kapittel 4.7 og kapittel 5.3.2 i ENØK-rapport-94. ENØK-rapport-94 anslår en forbedring i gjennomsnittlig effektfaktor fra 1994 til 2002 fra 0,880 til 0,911. Etter beregningsmetoder i denne rapporten utgjør dette et sparepotensiale for tiltaket på 4,78 GWh/år ut fra energiforbruket for 2002.

#### Er tiltaket gjennomført ?

Tiltaket er fulgt opp som følge av at nytt elektrisk trekkraftmateriell i økende grad benytter asynkronteknikk. Gjennomsnittlig effektfaktoren for 2002 er beregnet til 0,918. Dette er en bedring av effektfaktoren som er 22,6 % bedre enn forventet. Se tabellen nedenfor.

| Type<br>materieill  | Ytelse<br>kW | 1994         |             | 2002 (antatt 1994) |             |        | 2002         |  |                            | System |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|-------------|--------|--------------|--|----------------------------|--------|
|                     |              | Antall       | Sum<br>MW % | Antall             | Sum<br>MW % | Antall | Sum<br>MW %  |  |                            |        |
| EI 11               | 1680         | 38           | 64          | 0                  | 0           | 0      | 0            |  | Vekselstr.lok              |        |
| EI 13               | 2720         | 36           | 98          | 0                  | 0           | 6      | 16           |  | Vekselstr.lok (CargoNet)   |        |
| EI 14               | 5100         | 31           | 158         | 31                 | 158         | 31     | 158          |  | Vekselstr.lok (CargoNet)   |        |
| EI 16               | 4400         | 17           | 75          | 17                 | 75          | 17     | 75           |  | Tyristormotor(derav 8 stk) |        |
| EI 17               | 3400         | 12           | 41          | 12                 | 41          | 10     | 34           |  | Asynkronmotor              |        |
| EI 18               | 5400         | 0            | 0           | 20                 | 108         | 22     | 119          |  | Asynkronmotor              |        |
| BM 69               | 1200         | 83           | 100         | 83                 | 100         | 83     | 100          |  | Tyristormotor              |        |
| BM 70               | 1720         | 12           | 21          | 20                 | 34          | 16     | 28           |  | Asynkronmotor              |        |
| BM 71               | 2645         | 0            | 0           | 20                 | 53          | 16     | 42           |  | Asynkronmotor              |        |
| Type 72             | 1492         | 0            | 0           | 0                  | 0           | 7      | 10           |  | Asynkronmotor              |        |
| BM 73               | 2645         | 0            | 0           | 0                  | 0           | 16     | 42           |  | Asynkronmotor              |        |
| BM 73b              | 2645         | 0            | 0           | 0                  | 0           | 6      | 16           |  | Asynkronmotor              |        |
| SUM                 |              | 229          | 556         | 203                | 569         | 230    | 640          |  |                            |        |
| Effektfaktor 0.9:   |              | 105          | 320 57,6    | 31                 | 158 27,8    | 37     | 174 27,2     |  |                            |        |
| Effektfaktor 0.8:   |              | 100          | 174 31,4    | 100                | 174 30,7    | 100    | 174 27,2     |  |                            |        |
| Effektfaktor 1.0:   |              | 24           | 61 11,1     | 72                 | 236 41,5    | 93     | 291 45,5     |  |                            |        |
| Snitt effektfaktor: |              | <b>0,880</b> |             | <b>0,911</b>       |             |        | <b>0,918</b> |  |                            |        |

- Materieill fra MTAS, Togkompaniet, Linx og en del utenlandsk materieill er ikke tatt med i oversikten
- Beregningsmetoden skiller ikke på hvor mye hvert enkelt tog benyttes

Stipulert totalt energiforbruk for 2002 er ca. 572 GWh. ENØK-rapport-94 oppgir for 1992 et totalt energiforbruk på 508 GWh. Det har altså vært en økning i det totale forbruket på 12,6 %.

### Energibesparelse på grunn av forbedringen i effektfaktor fra 1994 frem til 2002:

Totalt levert energi til omformerstasjonene: 572 GWh

Anslått koppertap i omformerstasjonene: 4 %

Anslått tap i kontaktledning: 8 %

Totale tap i banestrømsystemet:  $572 * 0,12 = 68,6$  GWh

Forbedring i effektfaktoren fra 1994 til 2002:  $(0,918/0,880 - 1) * 100 = 4,39$  %.

En forbedring av effektfaktoren med 4,39 % betyr at strømmen som overføres i systemet ved samme effektuttak synker med  $1/1,0439 = 0,958$  eller 4,2 %.

Siden koppertap og tap i kontaktledningsanlegget er proporsjonale med kvadratet av strømmen vil varmetapene i systemet senkes med  $1,042 * 1,042 = 1,0858$  eller 8,6 %.

8,6 prosent reduksjon av 68,6 GWh er 5,90 GWh. Det vi si at den årlige besparelsen ut fra energiforbruket i 2002 er på omlag 5,90 GWh eller omlag 1,0 % av det totale forbruket.

### Er tiltaket aktuelt i dag ?

Tiltaket er aktuelt ved anskaffelser av nytt elektrisk trekraftmaterieill. Forbedring i effektfaktoren fra dagens 0,918 til 1,0 vil medføre en besparelse i varmetapet i kontaktledning



og omformerstasjoner på om lag 17,1 prosent. Årlige besparelsen ut fra energiforbruket i 2002 blir på omlag 11,5 GWh eller omlag 2,0 % av det totale energiforbruket.

#### **Nytte-/kost - vurderinger for fremtidig forbedring av effektfaktor:**

Utskifting av rullende materiell bare for å forbedre effektfaktoren vil aldri bli aktuelt. Energibesparelsene er relativt små sammenlignet med kostnadene for nytt materiell. Alt nytt materiell vil sannsynligvis bli bygd med relativt god effektfaktor. Utarbeidelse av total kost/nytte vurdering for innføring av nytt materiell med bedret effektfaktor er derfor lite relevant.

Vurdering av kostnader for økt energiforbruk på grunn av dårlig effektfaktor over materiellets levetid bør legges inn som et kriterium ved valg av nytt materiell. Forbedring i effektfaktoren på et lok fra 0,9 til 1,0 vil kunne medføre livstidsbesparelser på omlag 2,3 GWh (2,5 GWh/år \* 40 år \* 0,12(totale varmetap) \* 0,19(reduksjon av varmetap)). Med en antatt pris på 0,40 kr/kWh blir livstidsbesparelsen på NOK. 912.000.-. Per år vil besparelsen for eksemplet være på omlag NOK 22.800.-.

Bedre effektfaktor i traksjonsmateriellet gir mindre tap i kontaktledningsnettet noe som betyr at man får mindre spenningsfall frem til togene. Redusert spenningsfall gir forbedret driftsforhold for togene (bedre punktlighet) eller det gir mulighet for større trafikk (flere tog, tynge tog og/eller kraftigere tog) uten behov for forsterkning i strømforsyningsanleggene. Kvantifisering av denne nytten er ikke gjort.

#### **Tiltak:**

Det anbefales at trafikkutøverne ved sammenligning av pris ved kjøp av nytt materiell tar hensyn til forskjell i energikostnader over materiellets levetid på grunn av ulik effektfaktor.

Dagens system for fordeling av energikostnader ved hjelp av nøkkeltall for Wh/bruttotonnkm tar hensyn til togets effektfaktor. For fordeling av energikostnader ved hjelp av energimålere må Jernbaneverket utvikle et system som på en tilfredsstillende måte fordeler kostnader for økt tap på grunn av dårlig effektfaktor til hver enkelt loktype.

#### **Konklusjon:**

Forbedring i effektfaktor fra 1994 til 2002 har gitt en årlig besparelse som tilsvarer 1% av det totale forbruket i 2002. Utskifting av rullende materiell bare for å forbedre effektfaktoren vil aldri bli aktuelt. Det anbefales at trafikkutøverne ved sammenligning av pris ved kjøp av nytt materiell tar hensyn til forskjell i energikostnader over materiellets levetid på grunn av ulik effektfaktor. JBV må utvikle et system som på en tilfredsstillende måte fordeler kostnader for økt tap på grunn av dårlig effektfaktor til hver enkelt loktype

### **5.3.3 Reduksjon av forbruk på hjelpeutstyr (Trekkaggregater)**

Tiltaket er beskrevet i kap 5.3.3 i Enøkrapport –94. Sparepotensiale 3-5% av det samlede energiforbruk. De vesentlige forbrukere av hjelpeutstyr på trekkaggregater er kjøle- og ventilasjonanlegg og luftkompressoranelegg. Kjøle- og ventilasjonanleggene er dimensjonert



for maks. +30 C og er således overdimensjonert for vinterbruk. Ved å bygge om og tilpasses behovsventilasjon kan det spares energi.

Er tiltaket gjennomført ? Type 72, Type 73 og El 18 er tilpasset behovsventilasjon. Det er foreløpig ingen oversikt over hvilken reduksjon i energiforbruket dette gir.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket vurderes fortsatt i forbindelse med ombygging av eldre materiell for eksempel type 69 hvor det vurderes å erstatte trykkluft med elektrisk drevne dører.

Konklusjon avsnitt 5.3.3:

Tiltaket vurderes i forbindelse med ombygging av eldre materiell for eksempel type 69.

#### **5.3.4 Vektreduksjon. Lokomotiver.**

Tiltaket er omtalt i kap. 5.3.4. i Enøkrapport –94. Vektreduksjon på lokomotiver har lite potensiale til å spare energi.

Er tiltaket gjennomført ? Tiltaket er ikke utført.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket er ikke aktuelt.

Siden – 94 er El18 levert og har innbygd ytelse på 63 kW/tonn, mot 55 kW/tonn på El16, El 18 har derved 14% større innbygd ytelse pr tonn enn El16. Denne fordelingen- energiøkonomisk betraktet- vil best utnyttes ved store tog.

Til persontog som tidligere ble framført med lok og vogner f.eks EL 17 og vogner nyttes i dag motorvognstog Type 73 Signatur. En vekt/sete sammenlikning er her mindre aktuell?

Konklusjon, avsnitt 5.3.4

Vektreduksjon lokomotiver vurderes fortsatt å ha lite potensiale for å spare energi i hvert fall isolert som energisparetiltak.

#### **5.3.5 Aerodynamisk front lok/vogner**

Tiltaket er omtalt i kap.5.3.5 i Enøkrapport-94. Sparepotensiale lite for norske strekninger?

Er tiltaket gjennomført ? Tiltaket er gjennomført på Type71-72-73

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket er aktuelt ved nyanskaffelser ?

Type 73 Agenda og Signatur har en aerodynamisk front , men med begrenset kjøring med hastigheter i området 120-200 km antas reduksjonen i energiforbruket å bli lite. På grunn av flere lange tunneler vil energiforbruket øke noe. Det er ikke kjent at foreligger målinger her i landet?

Konklusjon avsnitt 5.3.5: Lite aktuelt fordi nytt materiell allerede er anskaffet.

### 5.3.6 Virkningsgrad på lokomotiver

Tiltaket er omtalt i kap. 5.3.6 i Enøkrapport –94. Sparepotensiale ble anslått som lite.

Er tiltaket gjennomført ? Tiltak antas gjennomført på nyanskaffet trekkraftmateriell siden –94?

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket er aktuelt ved nyanskaffelser.  
Det foreligger ikke her nye data, men nyere trekkraftmateriell har noe bedre virkningsgrad.  
En bedring i virkningsgraden på 0,1 gir energibesparelse på ? %.

Konklusjon avsnitt: 5.3.6: Tiltaket er aktuelt ved nyanskaffelser men nyanskaffelser av lokomotiver er ikke aktuelt de nærmeste årene.

## 5.4 Vognmateriell

### 5.4.1 Kjøremotstand.Generelt

Tiltaket omtalt i kap.5.4.1. i Enøkrapport av –94 på generelt grunnlag.

Er tiltaket gjennomført ? Tiltak er utført på nye typer materiell?

Er tiltaket aktuelt i dag ? .

Konklusjon avsnitt 5.4.1: Tiltaket er ikke aktuelt ?

### 5.4.2 Godsvogner, kjøremotstand, energibehov

Tiltaket er omtalt i kap.5.4.2. i Enøkrapport av –94.

Er tiltaket gjennomført ? Gjennomsnittshastigheten for godstog er økt, noe som bidrar til økt luftmotstand og energiforbruk ved samme stoppmønster . Det er ikke gjort tiltak for å hindre at energiforbruket øker.

Er tiltaket aktuelt i dag ?

Konklusjon avsnitt 5.4.2: Tiltaket er ikke aktuelt ?

### 5.4.3 Personvogner, kjøremotstand, energibehov

Tiltaket er omtalt i kap. 5.4.3.i Enøkrapport-94.

Er tiltaket gjennomført ? Tiltak-konstruktive- er foretatt på nyanskaffet materiell?

Er tiltaket aktuelt i dag ?.

Kurvemotstand: Både Type 72 og Type 73 har radielt innstillbare aksler, bortsett fra motoraksler på Type 72. Det antas at dette vil gi en viss energibesparelse, et eksempel fra Enøkrapport-94 gir en senking av energiforbruket med 4% på en strekning med 30% kurveandel.

Konklusjon avsnitt 5.4.3:

Tiltaket er fortsatt aktuelt.

### 5.4.4 Enøk i personvogner

Tiltaket er omtalt i kap.5.4.4.i Enøkrapport av -94. Det samlede energisparepotensiale for en vogn ble anslått til 30%.

Er tiltaket gjennomført ? Nytt vognmateriell- typene 71,72 og 73 er anskaffet.

Er tiltaket fortsatt aktuelt ? Tiltaket er fortsatt aktuelt.

En artikkel om Enøk i personvogner [10 ] ved SBB omtaler/refererer fra en inngående analyse som ble utført for å fastlegge hvilket potensiale det er til energiøkonomisering både på eldre, men spesielt på nye vogner. Detaljundersøkelsen ble foretatt på en 2.kl. 44 t klimatisert vogn. Klimakammer ble også benyttet i undersøkelsene.

Energiforbruket omfattet 4 kategorier: **Se vedlegg 4**

Nettøp (Omforming og overføring fra omformerstasjon)

Traksjon (Lokomotivtap og kjøremotstand ifølge vekt og luftmotstand)

Komfort (Varming, Kjøling, Ventilasjon, Belysning, WC)

Funksjon (Bremses, Døråpner)



Resultatet av undersøkelsene var at en ny vogntype kunne bygges for et energiforbruk til 46% av det opprinnelige.

Det samlede energiforbruk for den ovennevnte klimatiserte vogn var 690 MWh/år.

En kWh-pris på 0,50 kr gir 345000 kr/ år eller ca 1000 kr /dag .

Overraskende i den ovennevnte undersøkelse var at 22,6% at vognens totale energiforbruk gikk til trykkluft til bremses, inne og utedører, toalett, luftfjæring. Dørdrift bør drives elektrisk.

Ved reduksjon av trykkluftmengden kan f.eks også trykkluftbeholdere og lufttørkeanlegg forminskes.

For Type 72 og Type 73 skal gjennomsnittet for K- verdi ikke overstige 1,50 W/m<sup>2</sup> K.

Personvogn B7 og sovevogn WLAB type2 har en K-verdi på 2,1 W/m<sup>2</sup>K ved 130 km/t

Varmetapet gjennom vognkassen for Type 72 og Type73 reduseres med ca 30% ? i forhold til B7 og WLAB/2.

Utgangsdører Type 72: Automatisk lukking etter x sekunder.(pneumatisk?) S-tog?

Mulighet for å forhåndsprogrammere "varmstart"- tidspunkt på Type 72.

Type 72 og Type 73 har klimaanlegg

Lyskilder Type 73: Lysrør og downlights (halogen)

Konklusjon , avsnitt 5.4.4.: Det er ikke fram til nå foretatt målinger på det nye materiellet som kan si noe om hvilket potensiale som er tilstede for energisparing.

#### 5.4.5 Krengetog

Tiltaket er omtalt i i kap.5.4.5. i Enøkrapport-94 . For norske forhold ble anslått et energisparepotensiale på 10%.

For krengetog ICE-T tilhørende DB oppgis at toget bruker 8% mindre energi ved krenning enn uten krenning.[11]

Type 73 Signatur har utstyr for krenning som for tiden er under prøving/idriftsettelse. Energibesparelsen er ukjent.

Konklusjon, avsnitt 5.4.5: Det har ikke vært innført økt kurvehastighet i forbindelse med krengetog, derfor heller ingen energibesparelse fram til nå. Vil imidlertid bli vurdert i forbindelse med installering av nye boggier.

#### 5.4.6 Vektreduksjon (vogner-motorvogner)

Tiltaket er omtalt i kap.5.4.6 i Enøkrapport-94- Vektreduksjon har potensiale til å spare energi.

Er tiltaket gjennomført ? Nei ?

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket er aktuelt ved nyanskaffelser.

Et nordisk samarbeidsprosjekt om miljø[12] mellom VR/NSB/SJ/DSB fra november 1999 omtaler en rekke områder der det er potensiale til å spare vekt.

Til persontog som tidligere ble framført med lok og vogner nyttes i dag motorvognstog Type 73 Signatur. En vekt/sete-sammenlikning er her mindre aktuell?

Nærtrafikk Type 72 vil etter hvert avløse BM 69.

NSB har på Type 72 og Type 73 satset på at større komfort vil gi flere reisende, og mener dette er "god" enøk forutsatt at toget bruker mindre energi enn andre transportformer.

- Klimaanlegg
- Handicap-plass, rullestolheis og handicap-toalett
- Lavgulv for å lette av og påstigning.
- Bedre plass for barnevogn/sykkel.
- 8 brede dører pr togside-mot 6 mindre på BM 69
- Maks hastighet 160 km/t mot 130 km/t for BM 69

Dette vil gi noe større vekt og noen færre seteplasser.

Konklusjon avsnitt 5.4.6: Vektreduksjon er ikke prioritert i forbindelse med tilpasninger av nytt materiell type 72 og type 73. De nye togtypene har noe større vekt og noen færre seteplasser og dermed økt energiforbruk.

### 5.5 Drift

#### 5.5.1 Energiøkonomisk kjøring. Utløpsmetoden

Tiltaket er omtalt i kap.5.5.1 i Enøk-rapport -94. Stort energisparepotensiale med aggregater uten nettbremse.

Er tiltaket gjennomført ? Tiltaket er under innarbeidelse , se også pkt.5.5.2.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket er høyst aktuelt.

NSB har besluttet å anskaffe en kjøresimulator som bl.a. vil være et hjelpemiddel for lokfører til å kjøre best mulig energiøkonomisk, se avsnitt 5.5.2

Ved DB ble det foretatt storskalaforsøk med økonomisk kjøring over lengere tid under ulike vær og føreforhold i et pendeltog –Metropolitan- mellom Köln og Hamburg.[6].Energiforbruket ble registrert for 1900 turer og sendt over mobiltelefon til DB Energi der andre data som passasjertall/reisegods ble knyttet til, før utregningen av spesifikt energiforbruk for den enkelte tur. Metropolitan har tilbakemating av bremseenergi.Togene ble framført etter ruteplan. 80 lokførere var med i forsøket. Resultatet viste at enkelte turer ble framført med opptil 30% mer energi enn gjennomsnittet, mens andre turer brukte 30% under gjennomsnittet.

Forklaringen ligger i kjøremåten. Den som kjenner strekningen godt og kjenner egenskapene til lokomotivet og ”skuer” framover kan i større grad unngå unødige spissbelastninger og skarp bremsing.

Konklusjon kap 5.5.1: Simulator er bestilt, men enda ikke installert. Denne vil også simulere energiforbruket og gi lok.fører opplæring og incitament til energiøkonomisk kjøring.

### **5.5.2 Bruk av hjelpemidler for energiøkonomisk kjøring**

Tiltaket er omtalt i kap. 5.5.2 i Enøk-rapport –94.Energisparepotensiale er i rapporten oppgitt til 10-15%

Er tiltaket gjennomført ? NSB har bestilt togsimulator for opplæring og trening av lokførere.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket er høyst aktuelt.

Som et ledd i arbeidet med å oppnå bl.a. energiøkonomisk kjøring har det siden sommeren 2001 vært gjennomført et forprosjekt ved NSB for vurdering av bruk av togsimulator for opplæring og trening av lokomotivførere. Prosjektet har vært i kontakt med flere av de største togoperatørene i Europa ( DB, Eurostar, SNCF, VR, SJ, RENFE) som benytter simulatorentrening som et viktig element i sin lokomotivføreropplæring.

Det har vært vurdert flere varianter, men man har landet på en løsning med fullskala simulator med full bevegelse pluss 5 generelle førerbord. Investeringsrammen er på 62,2 mill.

Gjennom investering i et simulatorsenter kan NSB oppnå forbedringer på flere områder bl.a. sikkerhet, opplæring og ikke minst kjøreteknikk som vil kunne gi redusert energiforbruk  
reduisert slitasje på materiellet  
en 5% reduksjon er lagt til grunn. Dette gir en innsparing på 7,8 mill. kr. per år

Energiforbruk for NSB persontrafikk koster i dag ca. 143 mill. kr. pr. år. Forsøk fra KTH i Sverige og Tyskland viser at det er mulig med 15-25 % energibesparelse ved kjøring i "pendlertrafikk" dersom lokføreren kjører jevnt og unngår kraftige oppbremsinger.



DB har også oppnådd energi-forbedring etter simulatoretrening, men oppgir ikke tall for dette. Tilbakematet energi kan kun nyttes av andre tog på samme matestrekning. Geografiske forhold og mye enkeltsporet drift gjør at det i investeringsforslaget bare på energisiden er lagt til grunn 5% reduksjon som vil gi en kostnadsreduksjon pr år: **5% => 7 mill. kr.**

### CargoNet AS

For CargoNet er det kun et av tiltakene som vil være relevant, nemlig tiltak knyttet opp til stoppmønster og valg av ruteleier. Her er det åpenbart store summer å spare for CargoNet. Det er imidlertid vanskelig å få tallfestet hvor store besparelser som kan oppnås ved endrede kjøremønstre.

### **Ruteplanlegging**

For samtlige operatører er det viktig at Enøk kommer sterkere inn i bildet også når det gjelder ruteplanlegging.

Her er det også viktig med bedre kommunikasjon mellom togleder og lokfører når det er oppstått avvik i punktlighet i henhold til ruteplanen. Det er lite å hente ved økt hastighet for å ta igjen forsinkelser hvis toget av andre grunner må vente 5 minutter på neste stasjon.

Konklusjon, avsnitt 5.5.2.

Gjennom investering i et simulatorsenter kan NSB oppnå forbedringer på flere områder bl.a sikkerhet, opplæring og ikke minst kjøreteknikk som vil kunne gi

- Redusert energiforbruk
- Redusert slitasje på materiellet
- En 5% reduksjon er lagt til grunn. Dette gir en innsparing på 7,8 mill. kr. per år.

### **5.5.3 Innføring/forbedring av stasjonære tekniske anlegg**

Tiltaket er omtalt i kap.5.5.3 i Enøk-rapport-94.Sparepotensiale ikke oppgitt.

Er tiltaket gjennomført ? Noen tiltak utført- forbedret anlegg og togradig til togledelsen.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltakene fortsatt aktuelle.

Konklusjon, avsnitt 5.5.3:

Tiltaket vil gi noe reduksjon i energiforbruk, men det er vanskelig å kvantifisere hvor mye.

#### 5.5.4 Info-kampanje

Tiltaket er omtalt i kap.5.5.4. i Enøk-rapport av 94.Sparepotensiale anslått til 2% av totalforbruket.

Er tiltaket gjennomført ? Tiltaket er delvis gjennomført.

Er tiltaket aktuelt i dag ? Tiltaket synes fortsatt aktuelt.

|   |
|---|
| Konklusjon, avsnitt 5.5.4:<br>Infokampanje synes fortsatt å være aktuelt. |
|---|

## 6. Aktuelle nye Enøk-tiltak

Dette kapitlet omtaler tiltak som er blitt relevante- både på stasjonære anlegg og rullende materiell- etter at Enøkrapport- 94 ble laget.

De fire første tiltakene som omtales nedenfor er tiltak som kan bidra til bedre oversikt over energiforbruket i jernbanesektoren i Norge, særlig når det gjelder hvordan energiforbruket fordeles på ulike kilder. Disse tiltakene er ikke enøk-tiltak i seg selv men er likevel viktige fordi de indirekte kan bidra til energireduksjon. Bedre oversikt gir f.eks bedre grunnlag for å vite hvor det er best å sette inn energisparetiltak.

### 6.1. Installasjon av energimålere på elektrisk trekkraftmateriell.

Jernbaneverket har gjennomført vurderinger i forbindelse med hvordan fremtidig system for fordeling av energikostnader mellom trafikkutøverne skal ivaretas. Dette arbeidet har bl.a omfattet et nordisk samarbeid på området. Det er besluttet at framtidig fordeling av energikostnader vil basere seg på bruk av energimålere i alle elektriske lokomotiv og motorvogner. Hovedformålet er å få en riktig energiavregning for de enkelte operatører. Energimålere vil også gi større motivasjon for å spare energi for eks.ved energiøkonomisk kjøring. Derfor tas prosjektet med også her- som et Enøk-prosjekt.

Trafikkutøverne har utarbeidet en kostnadsvurdering på montering av energimålere i NSBs materiell. I følge denne vurderingen er kostnadene ca 16 mill kroner. Kostnadene er særlig høye for type 69.

**Tiltak, fremdrift og ansvar:** Jernbaneverket må utarbeide teknisk spesifikasjon for energimålere. Prosjekt i Nordisk Elkraft Samarbeid har som mål og ferdigstille teknisk spesifikasjon for selve energimåleren til 01.07.03.



Jernbaneverket bør fremskaffe rammeavtale med leverandør(er) på levering av energimålere. Jernbaneverket har som mål å få dette ferdigstilt til 01.04.04. Dato her avhenger sterkt av om markedet kan levere standardprodukter som passer til utarbeidet kravspesifikasjon.

Trafikkutøverne må gjøre nødvendige tilpasninger på sitt materiell (eventuelle måletransformatorer, ordne plass til energimåler m.m.) slik at det er klart til montering av selve energimåler når energimålere kan leveres. CargoNet har allerede etablert et prosjekt for å installere målere i et utvalg av sine elektriske lokomotiver.

Trafikkutøverne må montere inn energimålere og teste dem ut. Det er ikke fastsatt noen endelig dato for når det skal være energimålere i alle tog. Jernbaneverket må fastsette dato. Realistisk dato kan være 01.01.05.

Flytoget har allerede installert målere i sine tog, men det er på kort sikt behov for å vurdere/dokumentere nøyaktighets-graden til målerne. (Veritas undersøkt-egen rapport.)

Det forventes fritak for forbruksavgift for energitap fra matestasjoner og kontaktledningsanleggene under forutsetning at forbruket måles på alle tog.

Konklusjon, avsnitt 6.1:

Energimålere vil kunne gi større motivasjon for å spare energi f.eks ved energiøkonomisk kjøring.

## 6.2. Sentral for energiavregning

Systemet for automatisk avlesing (for eksempel per 5 minutt) med fjernavlesing av energiforbruk mot felles sentralutrustning gir større mulighet for mer rettferdig fordeling av energikostnader og gir større muligheter til å utarbeide god statistikk over energiforbruket. Nøyaktig målinger med ofte avlesninger og god statistikkbehandling gir grunnlag for store energibesparelser.

Det er ikke utarbeidet noe detaljert kostnadsoverslag for en energisentral. Utarbeidet foreløpig internt prosjektforslag i Jernbaneverket "Sentral for energiavregning" antyder en kostnad for Norge på NOK 1.260.000.- dersom felles nordisk energisentral bygges.

### **Tiltak, fremdrift og ansvar:**

Alle tog må på sikt utrustes med energimålere som er tilpasset system for automatisk fjernavlesing av energiforbruk.

Jernbaneverket har gjennom Nordisk elkraft Samarbeid igangsatt arbeid med utarbeidelse av teknisk spesifikasjon for avregningssystemet inkludert kommunikasjonsløsninger. Teknisk spesifikasjon er planlagt ferdigstilt i sept./okt. 2003.

Videre fremdrift her er sterkt avhengig av hvorvidt de nordiske land blir enige om å bygge en felles energisentral og av hvor stor vilje det er til å bevilge penger til dette formålet. Mulig fremdrift er også avhengig av valg av kommunikasjonsløsning. GSM-R vil tidligst være landsdekkende i løpet av 2005.



Konklusjon, avsnitt 6.2.

Sentral for energiavregning/ mer nøyaktig målinger med ofte avlesninger og god statistikkbehandling gir grunnlag for store energibesparelser.

### 6.3 Bedre oversikt over kraft til faste anlegg i Jernbaneverket

Det er besluttet i Jernbaneverket at all kraft til faste anlegg og – biforbruk skal samles med hensyn til innkjøp og avregning jf. JL-sakene 116/03 og 118/03. BaneEnergi er satt til å gjennomføre dette arbeidet. Et resultat av dette vil være at det oppnås bedre oversikt over Jernbaneverkets forbruk av kraft til faste anlegg. Det vil i større grad være mulig å sammenligne og analysere dette energiforbruket for å kunne rette energiøkonomiseringstiltak inn der de har best effekt.

Konklusjon, avsnitt 6.3 : Vedtaket om at all kraft til anlegg og biforbruk skal samles med hensyn til innkjøp og avregning vil gi bedre oversikt over forbruk og bedre grunnlag for å vurdere enøktiltak.

### 6.4 Bedret oversikt over biforbruk av 16 2/3 Hz energi.

For å bedre oversikten over biforbruket bør det monteres energimålere for alle store uttak. For enkelte mindre uttak av biforbruk er kostnadene ved å måle eksakt energiforbruk vurdert som for høye. Slike biforbruk vil bli anslått.

Milepæler, foreløpig forslag:

|   |  |
|---|--|
| Få oversikt over biforbruket                      | Innrapportering fra regionene i forbindelse med avregning 2002 viser at oversikten fortsatt er noe mangelfull, kan bli bedre |
| Beslutte hvor det skal settes oppmålere           | Innrapportering fra regionene mangelfull   |
| Estimere forbruket der det ikke skal være målere  | 01.10.03   |
| Målere installert ved alle store uttak. Biforbruk | 01.12.03   |

Det er igangsatt arbeid for å gi bedre oversikt over det totale forbruk av energi til annet enn togframføring. Regionene er pålagt å montere og avlese målere for de anlegg der dette kreves, og BaneEnergi skal stå for avregning av forbruket jf 6.3.

Innrapportert forbruk ligger til grunn for avregning av energiforbruk i 2002. Totalt er forbruket til reservestrøm og biforbruk fra kl-nett til Jernbaneverket beregnet/målt til ca 1,7 GWh.

Konklusjon. avsnitt 6.4: Biforbruk fra kl-nett vil bli beregnet eller målt og avregnet årlig. Dette vil gi bedre oversikt over forbruk og bedre grunnlag for å vurdere enøk-tiltak.

### **6.5 Bedret fordeling av 16 2/3 Hz energi til togvarmeanlegg**

Der flere trafikkutøvere benytter samme togvarmeanlegg bør det utarbeides mer automatisk system for riktig fordeling av energikostnadene mellom trafikkutøverne. Dette vil sannsynligvis bli en økende problemstilling i fremtiden. Relativt enkle kort og kodeløsninger finnes som "standardprodukt", men må tilpasses ønsket formål. Utarbeidelse av teknisk spesifisering vurderes. Kostnader og nytte er ikke nærmere vurdert.

Konklusjon. avsnitt 6.5

### **6.6 Varmluftsoverføring m.m. [7] pkt 4.2**

Tiltak: i 2001 startet BaneEnergi bygging av varmluftsoverføring mellom omformerhallene i alle Bane Energis omformerstasjoner med minimum to omformere. Tiltaket går ut på å bruke den varme luften fra omformeren som går til oppvarming av omformere som står stille. Slik unngår en at omformere må gå på tomgang for å unngå problemer med kondens. I løpet av 2002 ble dette ferdig i 19 av 23 omformerstasjoner. De resterende 4 omformerstasjoner ferdigstilles i 2003.

Konklusjon. avsnitt 6.6

### **6.7 Kjøreplaner for omformere.[7] pkt 4.9**

Tiltak: Driftssentralen hos BaneEnergi skal etter hvert bli i stand til automatisk å starte og stoppe alle omformere ut i fra effektbehovet til enhver tid, slik unngår en at unødig mange omformere går uten at det er behov for det.

Konklusjon. avsnitt 6.7

## 6.8 Linjespenning Hakavik [7]

Tiltaket går ut på å øke nominell linjespenning fra 55kV til 72,5 kV på strekningene Hakavik – Sande, Hakavik – Sundet og Asker- Skollenborg- Nordagutu- Neslandsvatn og vil kreve store investeringer i linjer/linjemateriell og i transformatorer.

Bane Energi har utredet, ved hjelp av BanePartner, hvilke besparelser og kostnader som følger av å øke driftsspenningen fra 55 kV til hhv. 58 og 66 kV. En liten økning i spenningen fra 55 kV til ca 58 kV vil kunne gi redusert overføringstap på rundt 525 MWh, eller ca 8% per år, mens en økning til 66 kW reduserer tapene med 2 131 MWh eller ca 35% per år. Å heve driftsspenningen til ca 58 kV vil trolig kreve få eller ingen investeringer, men det forventes hyppigere feilfrekvens på overføringslinjene pga gamle isolatorer. Det er mulig å foreta en varsom økning av spenningen og avtale med Statkraft, som eier Hakavik kraftstasjon, en forsvarlig framgangsmåte. Dersom spenningen skal heves til 66 kV må det påregnes investeringer på ca 19,5 mill kroner. For å bære en investering på dette beløp må den gjennomsnittlige kraftprisen over analyseperioden på 30 år være på 74 øre/kWh, se for øvrig [16].

Konklusjon. avsnitt 6.8

## 7. Videre arbeid

I henhold til mandat for prosjektet skal rapporten fra fase 1 inneholde en prioriteringsliste basert på nytte-kost beregninger, plassering av ansvar for gjennomføring av tiltak og framdriftsplan.

Gruppen har tolket mandatet slik at prioriteringslisten skal omfatte tiltak fra enøk-rapport 1994 som fortsatt er aktuelle + aktuelle nye tiltak.

Prosjektdeltagerne besluttet på møte 29.01.03 å lage gruppevis prioriteringsliste for tiltakene. Gruppen som "eier" tiltakene må bestemme prioritering. De andre gruppene gir sine kommentarer til dette.

Forslag til prioriteringsliste matestasjonsanlegg:

1. linjespenning Hakavik
2. kjøreplaner for omformere
3. avmagnetisere generator i lavlastperioder
4. ombygging av kjølesystem for roterende omformere

I tillegg til ovenstående har BaneEnergi gitt BanePartner i oppdrag å utrede optimal samkjøring av omformerne i Osloområdet. En optimalisert samkjøring av omformerne



forventes å ha en positiv bieffekt ved å gi reduserte overføringstap i kontaktledningsanleggene og dermed spare energi.

Bakgrunnen for prioriteringen er i første rekke kostnader og ressursforbruk forbundet med gjennomføring av tiltakene, dernest innsparingspotensialet.

#### Forslag til prioriteringsliste øvrige infrastrukturanlegg:

1. Fortsatt ENØK-tiltak i sporvekselvarmeanlegg jf kap 4.12 a)
2. Utnyttelse av programmerbare stasjonære togvarmeanlegg og programmering av nytt togmateriell.
3. Bedret oversikt over energiforbruket
  - a) Energimålere
  - b) Oversikt over biforbruk fra kl-nettet
  - c) Automatisk avlesing av energimålere til felles energisentral
  - d) Automatisk energifordeling mellom trafikktøvere ved bruk av togvarmeanlegg
4. Større bruk av togvarmeposter
5. Bygging av AT-løsninger
6. System som fordeler kostnader for økt tap på grunn av dårlig effektfaktor til hver enkelt loktype

Kommentarer fra TU: Tiltakene 3 a-d må prioriteres høyere.

#### Forslag til prioritering for rullende materiell:

1. Prosjekt investeringsforslag energimålere
2. Investering simulator/opplæring kjøreteknikk
3. Opplæring m.v reduksjon av forbruk hjelpeutstyr
4. Optimal utnyttelse av varmeposter – togvarme

Kommentarer fra JBV representanter: Tiltak vedrørende bedre effektfaktor bør være med på listen som nr.5. Det anbefales at trafikktøverne ved sammenligning av pris ved kjøp av nytt materiell tar hensyn til forskjell i energikostnader over materiellets levetid på grunn av ulik effektfaktor.

#### Andre forslag:

Det bør holdes et årlig møte, der status for ENØK blir diskutert mellom JBV-hovedkontoret, BaneEnergi og Trafikktøverene. Møtet holdes i første kvartal, slik at det kan koples til årsrapportering vedrørende ENØK.

#### Gjennomføring av fase 2 av prosjektet:

"Eierene" av tiltakene sørger for gjennomføring av "sine" tiltak. Tiltakene som det er aktuelt å samarbeide om på tvers er først og fremst: tiltak vedrørende energimålere og tiltak vedrørende togvarme.

Ansvar og framdrift for tiltak matestasjonsanlegg:

| Tiltak   | Ansvar | Framdrift |
|--|--------|-----------|
| Linjespenning Hakavik                            |        |           |
| Kjøreplaner omformere                            |        |           |
| Avmagnetisere generator i lavlastperioder        |        |           |
| Ombygging av kjølesystem for roterende omformere |        |           |

Ansvar og framdrift for tiltak øvrige infrastrukturanlegg:

| Tiltak   | Ansvar                | Framdrift  |
|--|-----------------------|--|
| 1)Fortsatt ENØK-tiltak i sporvekselvarmeanlegg   | JBV                   | Pågår  |
| 2)Utnyttelse av programmerbare stasjonære togvarmeanlegg og programmering av nytt togmateriell.      | JBV<br>Trafikkutøvere | I løpet av 2003 ?                                |
| 3a)Energimålere i alle tog   | JBV og Trafikkutøvere | 01.01.05 ???                                     |
| 3b)Oversikt over biforbruk fra kl-nettet   | JBV                   | Målere ved alle store uttak<br>31.12.03          |
| 3c)Automatisk avlesing av energimålere til felles energisentral                                      | JBV                   | Spesifikasjon sept/okt.03<br>I bruk 2005 ?       |
| 3d)Automatisk energifordeling mellom trafikkutøvere ved bruk av togvarmeanlegg                       | JBV ?                 | ?<br>Avhengig av pris kort/kodesystem            |
| 4)Større bruk av togvarmeposter  | JBV/Ttrafikkutøvere   | ?  |
| 5)Bygging av AT-løsninger  | JBV                   | I takt med generell utskifting av kontaktledning |
| 6) System som fordeler kostnader for økt tap på grunn av dårlig effektfaktor til hver enkelt loktype | JBV                   |  |

Ansvar og framdrift for tiltak rullende materiell:

| Tiltak  | Ansvar                | Framdrift                          |
|---|-----------------------|------------------------------------|
| Prosjekt investeringsforslag energimålere             | NSB ?                 | 2003 ?                             |
| 1) Investering simulator<br>2) opplæring kjøreteknikk | 1) NSB<br>2) NSB m.fl | 1) 2005 ?<br>2) Flytoget er i gang |
| Opplæring m.v reduksjon av forbruk hjelpeutstyr       | NSB                   | 2003                               |
| Optimal utnyttelse av varmeposter – togvarme          | JBV/TU/Mantena        | 2003-?                             |

Ansvar og framdrift for andre forslag:

| Tiltak  | Ansvar | Framdrift  |
|---|--------|--|
| Holde et årlig møte der status for ENØK blir diskutert mellom JBV-hovedkontoret, BaneEnergi og trafikkutøverene | JBV    | Møte holdes i første kvartal hvert år f.o.m første kvartal 2004. |



## **VEDLEGG 1: Mandat fastsatt i oppstartmøte 13.06.02**

### **ENERGIØKONOMISERING I BANESTRØMFORSYNING OG TOGFRAMFØRING 2002**

#### **Bakgrunn og forutsetninger**

NSB utarbeidet i 1994 rapporten "Energiøkonomisering i banestrømforsyning og togframføring". I rapporten er det listet opp mulige energiøkonomiseringstiltak for henholdsvis stasjonære anlegg og rullende materiell. Rapporten omhandler elektrisitetsforbruk. ENØK for dieseltrekraft var ikke med. Resultatet av arbeidet viste at de samlede potensielle muligheter for å redusere det spesifikke energibruk var 32% innen år 2002. Rapportens forfattere foreslo 25% reduksjon innen 2002 som et realistisk mål.

Ved brev av 28.05.97 tok Jernbaneverket kontakt med NSB BA Persontrafikk, NSB BA Godstrafikk, NSB Gardermobanen A/S og Bane Energi om statusrapport for prosjektet. Svarene viste at tiltakene i ulik grad var fulgt opp.

Energiøkonomisering er minst like aktuelt i 2002 som i 1994 da rapporten ble laget.

I 1994 omfattet NSB både infrastruktur og togframføring. I 1996 ble den tidligere forvaltningsbedriften NSB delt i særlovselskapet NSB og forvaltningsorganet Jernbaneverket. Etter delingen er det slik at Jernbaneverket står for banestrømforsyningen (BaneEnergi) mens trafikkutøverne (NSB og andre) forbruker elektrisk energi ved framføring av tog. Når det gjelder gjennomføring av ENØK tiltak for å redusere jernbanens energiforbruk er det stort behov for å se helhet. Jernbaneverket og trafikkutøverne har felles interesse i at jernbanen i Norge blir mer energieffektiv. (styrke konkurransefortrinn i forhold til andre transportformer). Derfor er det viktig at Jernbaneverket og trafikkutøverne samarbeider om å finne fram til de beste ENØK tiltakene.

#### **Prosjektets mål og resultater**

Hovedmål: Bidra til energiøkonomisering av jernbanesektoren i Norge.

##### Delmål:

Lage en oversikt over hvilke tiltak som er gjennomført etter 1994, herunder hva som ble oppnådd (var effekten av tiltakene slik som beskrevet i 94-rapporten). Det sentrale vil være å vise hvor det fortsatt er potensiale for ENØK, og definere aktuelle nye ENØK tiltak som er blitt relevante siden 1994-rapporten ble laget. Rapporten skal i likhet med 94-rapporten omfatte både jernbaneinfrastruktur og rullende materiell.

Etablere et samarbeid mellom Jernbaneverket og trafikkutøverne om ENØK. I første omgang et samarbeid om utarbeidelse av rapporten. Dette kan så utvikles videre til å bli et samarbeidsforum vedrørende gjennomføring av tiltakene.

##### Resultater fase 1:

En rapport som viser mulige tiltak og potensiale for ENØK. Rapporten skal inneholde:

- Status for tiltak foreslått i 94
- Aktuelle nye ENØK tiltak
- Prioriteringsliste basert på nytte-kost beregninger
- Plassering av ansvar for gjennomføring av tiltak
- Framdriftsplan

##### Resultater fase 2:

Gjennomførte tiltak = redusert energibruk og reduserte kostnader

### Omfang og avgrensing

ENØK innen banestrømforsyning og togframføring med 16 2/3 Hz og elektrisk sporvekseloppvarming med 50HZ. (kommentar frå Magne: sies det noe om tiltak i 50 Hz-nettet ?)Det er aktuelt å omtale tiltakene som er igangsatt i regionene vedørende f.eks sporvekselvarme, plattformer og belysning. Prioriteringslisten vil være viktig for avgrensing i fase 2.

### Organisering

Nedenfor følger et forslag til rollefordeling. Hver enhet har selv ansvar for gjennomføring av sin del av prosjektet. Det er en forutsetning at prosjektdeltakerne får godkjent prosjektdeltakelse og mandat hos sin linjeleder.

| Moduler   | Ansvar  |
|---|---|
| Modul 1: Generell del<br>Oppdatere følgende kapitler i 94-rapporten:<br>1. Sammendrag<br>2. Innledning<br>3. Generelt | JBV hovedkontoret   |
| Modul 2: Stasjonære anlegg<br>Oppdatere kapittel 4 i 94-rapporten:  | Kap 4.1 –4.5 og 4.8 -.10 Bane Energi<br>Kap 4.11 NSB + JBV<br>Kap 4.6, 4.7, 4.12 JBV Hovedkontoret                                  |
| Modul 3: Rullende materiell<br>Oppdatere kapittel 5 i 94-rapporten  | NSB<br><br>+ Andre trafikkutøvere CargoNet,<br>Flytoget, MTAS, Linx.<br>Bane Energi trekkes inn vedrørende kap<br>5.3.1 Nettbremse. |

I tillegg til disse 3 modulene vil det være behov for ressurser til å sy sammen modul 1-3 til en rapport (redaktørjobb). Dette kan eventuelt være en tilleggsoppgave til modul 1.

Det settes sammen arbeidsgrupper for den enkelte modul. Ved behov holdes fellesmøte for alle arbeidsgruppene for å drøfte felles problemstillinger. Brukerrådet for energi til togframføring holdes orientert om framdrift/resultater.

### Overordnet prosjektbeskrivelse:

## **Prosjektets faser**

Innledende fase

03.05.02 Presentere forslag på "Brukerrådsmøte" hos BaneEnergi

13.06.02: Drøfte forslag til mandat med berørte parter

Fase 1:Utarbeidelse av rapport

Juni 2002 – mars/april 2003: arbeid med de ulike modulene + sette sammen modulene til en rapport + trykking

Fase 2: Gjennomføring av tiltak

Gjennomføring av forslagene beskrevet i rapporten fra fase 1.

## **Rammer**

Kostnader ved utarbeidelse av rapport betales av dem som er ansvarlig for den enkelte modul.Trykking betales av JBV ? Kostnader ved gjennomføring av tiltak betales av aktuell enhet.

Suksesskriterier:

## **Referanser:**

Energiøkonomisering i Banestrømforsyning og togframføring. Forprosjekt mai-94. Utvikling og teknikk – SU.



## VEDLEGG 2 Energiforbruk tog 2002

### ENERGIFORBRUK TOG 2002 - REFERERT INNKJØPT 50

Hz

|                            | Brt.tonn km.         | MWh <sup>2</sup> | Snittforbruk |
|----------------------------|----------------------|------------------|--------------|
| NSB <sup>1</sup>           | 5 343 505 201        | 338 726          | 63,39        |
| CargoNet                   | 3 883 031 713        | 127 588          | 32,86        |
| MTAS                       | 828 272 991          | 18 462           | 22,29        |
| Flytoget                   | 848 492 273          | 47 648           | 56,16        |
| Biforbruk JBV              | -                    | 3 177            | -            |
| Reservestrøm JBV           | -                    | 245              | -            |
| Togvarme NSB <sup>1</sup>  | -                    | 30 242           | -            |
| Togvarme CargoNet          | -                    | 823              | -            |
| Togvarme MTAS              | -                    | 57               | -            |
| Togvarme Flytoget          | -                    | 0                | -            |
| Utveksling Sverige<br>(BV) | -                    | 4 669            | -            |
| <b>SUM</b>                 | <b>10 903 302178</b> | <b>571 636</b>   |              |

<sup>1</sup>=inkl. Linx, Tågkompaniet,  
Flåmsbana

<sup>2</sup>= referert innmatet trefase, dvs. inkl. tap i omforming og KL

### VEDLEGG 3: Nøkkeltall for energiforbruk fordelt på togmateriell og strekning

(Versjon 0 15.05.03)

| Togtype                                  | Beregnet spesifikt forbruk [Wh/br.tonnkm] | Tap i kontaktledning [Wh/br.tonnkm] (% vis økning av spesifikt forbruk) | Spesifikt forbruk + tap i kontaktledning [Wh/br.tonnkm] | Tap i omformer (15 % av totalt forbruk) [Wh/br.tonnkm] | Totalt energiforbruk [Wh/br.tonnkm] |
|--|---|---|---|--|-------------------------------------|
| Lokaltog østlandsområdet (1)             | 105                                       | 10.5 (10 %)   | 115.5   | 20.4   | 136                                 |
| Regiontog i østlandsområdet (2)          | 62  | 6.2 (10%)   | 68.2  | 12,0   | 80                                  |
| Persontog Arendalsbanen (1)              | 60  | 3,5 (5,9%)  | 63,5  | 11,2   | 75                                  |
| Regiontog og lokaltog Jærbanen (2)       | 77  | 4.5 (5,9 %)   | 81.5  | 14.4   | 96                                  |
| Regiontog og lokaltog Bergensbanen (2)   | 74  | 4,4 (5,9 %)   | 78,4  | 13,8   | 92                                  |
| Ekspresstog Dovrebanen (3) (14)          | 36  | 2,1 (5,9 %)   | 38,1  | 6.7  | 45                                  |
| Ekspresstog Bergensbanen (3)             | 37  | 2,2 (5,9 %)   | 39,2  | 6,9  | 46                                  |
| Persontog Ofotbanen (4)                  | 43  | 2,9 (6,8 %)   | 45,9  | 8,1  | 54                                  |
| Signaturtog Kristiansand – Stavanger (5) | 43  | 1,3 (3,1 %)   | 44,3  | 7,8  | 52                                  |
| Signaturtog Bergensbanen (5)             | 42  | 1,3 (3,1)   | 43,3  | 7,6  | 51                                  |
| Signaturtog Dovrebanen (5)               | 38  | 1,2 (3,1 %)   | 39,2  | 6,9  | 46                                  |
| Signaturtog Oslo – Kristiansand (5)      | 37  | 1,1 (3,1 %)   | 38,1  | 6,7  | 45                                  |
| Agendatog østlandsområdet (6)            | 50  | 5.0 (10 %)  | 55,0  | 9.7  | 65                                  |

|  |    |             |      |      |    |
|--|----|-------------|------|------|----|
| Agendatog østlandsområdet, innsatstog (4) (10)                       | 40 | 4,0 (10 %)  | 44,0 | 7,7  | 52 |
| Agendatog utenom østlandsområdet (Kristiansand – Stavanger) (5) (18) | 43 | 1,3 (3,1 %) | 44,3 | 7,8  | 52 |
| Utenlandsgående persontog Østlandet (Linx) (4)                       | 40 | 4,0 (10 %)  | 44,0 | 7,7  | 52 |
| Nattog Bergensbanen (3)  | 33 | 1,7 (5,0 %) | 34,7 | 6,1  | 41 |
| Nattog Kristiansand - Stavanger (3)                                  | 31 | 1,6 (5,0 %) | 32,6 | 5,8  | 38 |
| Nattog Oslo – Kristiansand (3)                                       | 24 | 1,2 (5,0 %) | 25,2 | 4,4  | 30 |
| Nattog på Dovrebanen (3)   | 29 | 1,4 (5,0 %) | 30,4 | 5,4  | 36 |
| Utenlands godstog på Østlandet (4)                                   | 23 | 2,3 (10 %)  | 25,3 | 4,5  | 30 |
| Malmtog østgående (8)  | 64 | 4,4 (6,8 %) | 68,4 | 12,0 | 80 |
| Malmtog vestgående (8)   | 2  | 0,1 (6,8 %) | 2,1  | 0,4  | 3  |
| Flåmsbanen (7)   | 46 | 2,7 (5,9 %) | 48,7 | 8,6  | 57 |
| Godstog Dovrebanen (9)   | 25 | 1,2 (4,6 %) | 26,2 | 4,6  | 31 |
| Godstog Bergensbanen og strekningen Kristiansand – Stavanger (9)     | 30 | 1,4 (4,6 %) | 31,4 | 5,5  | 37 |
| Godstog strekningen Oslo – Kristiansand (9)                          | 27 | 1,2 (4,6 %) | 28,2 | 5,0  | 33 |
| Godstog Ofotbanen (4)  | 37 | 2,5 (6,8 %) | 39,5 | 7,0  | 46 |
| EL 16 i regionaltrafikk Bergensomr.                                  |    |             |      |      | 75 |
| EL 17 og EL18 i regionaltrafikk                                      |    |             |      |      | 62 |

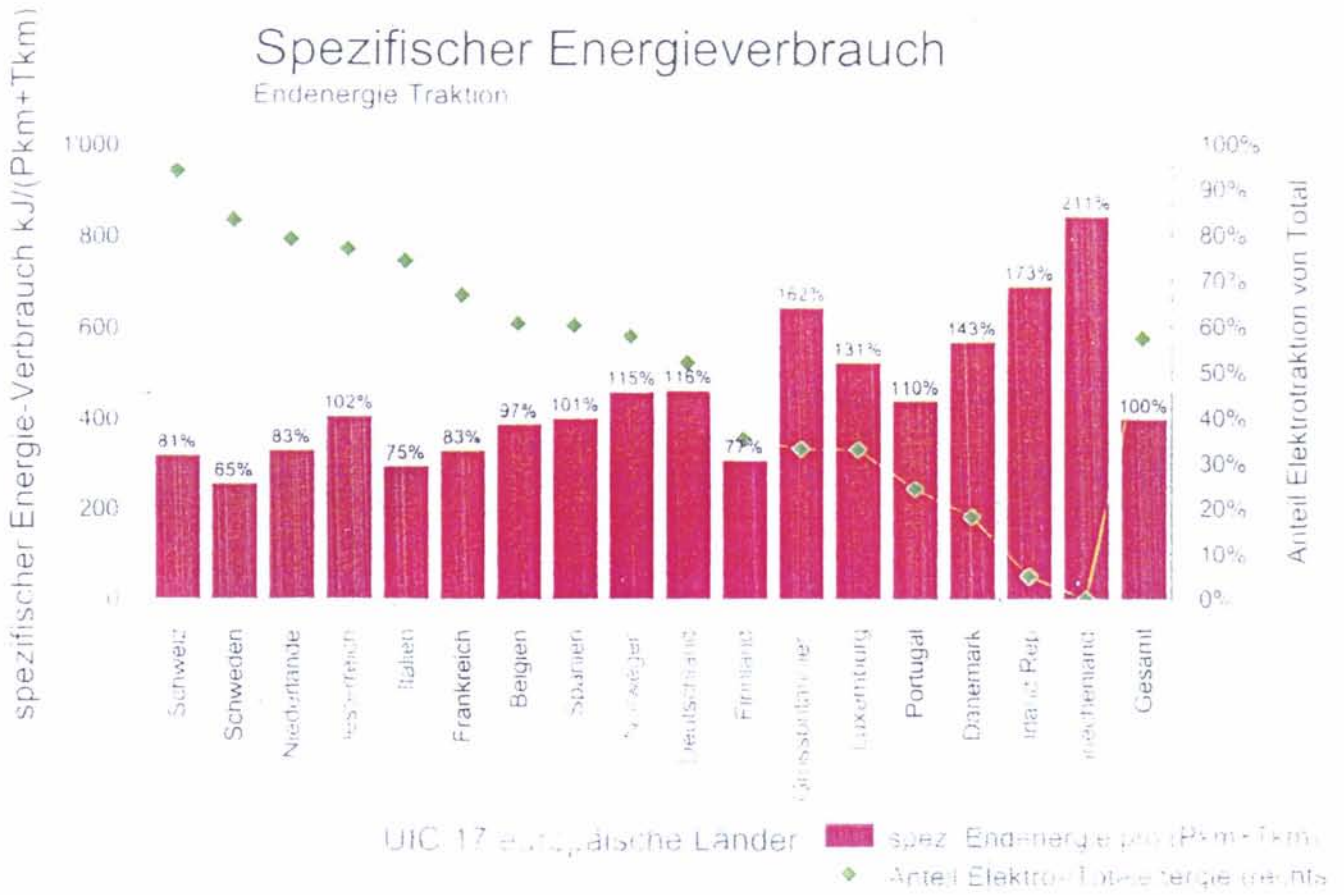


|  |  |  |  |  |      |
|--|--|--|--|--|------|
| Bergensomr.<br>(12)                                |  |  |  |  |      |
| EL17 i<br>fjerntrafikk (13)                        |  |  |  |  | 50   |
| El 18 i<br>regionaltrafikk<br>Østlandsomr.<br>(15) |  |  |  |  | 44   |
| BM 69 i<br>fjerntrafikk<br>Bergensbanen<br>(16)    |  |  |  |  | 92   |
| BM 72 i lokal og<br>regionaltrafikk<br>(17)        |  |  |  |  | 68,5 |
| Linx fremført<br>med X2 (19)                       |  |  |  |  | 39   |
| 1)   | Kun motorvognsett type 69 på strekningene Asker – Lillestrøm, Skøyen - Ski, Skøyen - Hakadal.  |  |  |  |      |
| 2)   | Kun motorvognsett type 69 på strekningene Kongsberg - Eidsvoll, Skøyen - Mysen, Skøyen – Kongsvinger/Årnes, Spikkestad – Moss samt Jærbanen, Bergensbanen og Arendalsbanen, El17 og vogner på strekningen Oslo - Gjøvik. |  |  |  |      |
| 3)   | Beregnet med El18-lok og vogner.   |  |  |  |      |
| 4)   | Beregnet med Rc-lok og vogner. Antas å også å gjelde for innsatstog med El16 og vogner i Agenda trafikk.   |  |  |  |      |
| 5)   | Beregnet med type 73 materiell i pluss hastighet   |  |  |  |      |
| 6)   | Beregnet med type 70 materiell   |  |  |  |      |
| 7)   | Beregnet med El 17-lok og vogner. Gjelder derfor kun for materiell med tilbakematingsmulighet  |  |  |  |      |
| 8)   | Beregnet med El15 lok og malmvogner  |  |  |  |      |
| 9)   | Beregnet med El 16 eller El14 og en blanding av åpne og lukkede vogner   |  |  |  |      |
| 10)  | Antas også å gjelde El16 i fjerntogstrafikk Dovre- og Bergensbanen for dagtog (se mail fra BP av 14.03.03 (sak xxxxx )   |  |  |  |      |
| 11)  | iht. mail fra BP av 14.03.03   |  |  |  |      |
| 12)  | iht. mail fra BP av 14.03.03   |  |  |  |      |
| 13)  | Gjelder EL17 i fjerntrafikk på Dovre- og Bergensbanen, iht. mail fra BP av 14.03.03  |  |  |  |      |
| 14)  | "Ekspresstog Dovrebanen" antas også å gjelde for El18 på Sørlandsbanen (se mail fra BP av 14.03.03 (sak xxxxx ).   |  |  |  |      |
| 15)  | Iht. notat pr mail fra BP 24.03.03. Også benyttet for BM 73 og BM 73B  |  |  |  |      |
| 16)  | iht. mail fra BP av 14.03.03   |  |  |  |      |
| 17)  | Iht. mail fra BP av 17.10.02. Snitt av Kongsberg-Eidsvoll og Spikkestad-Moss   |  |  |  |      |
| 18)  | Gjelder også BM73B Oslo-Kristiansand iht. mail fra BP 14.03.03   |  |  |  |      |
| 19)  | Iht. notat pr mail fra BP 24.03.03   |  |  |  |      |

#### Nøkkeltall for energiforbruk

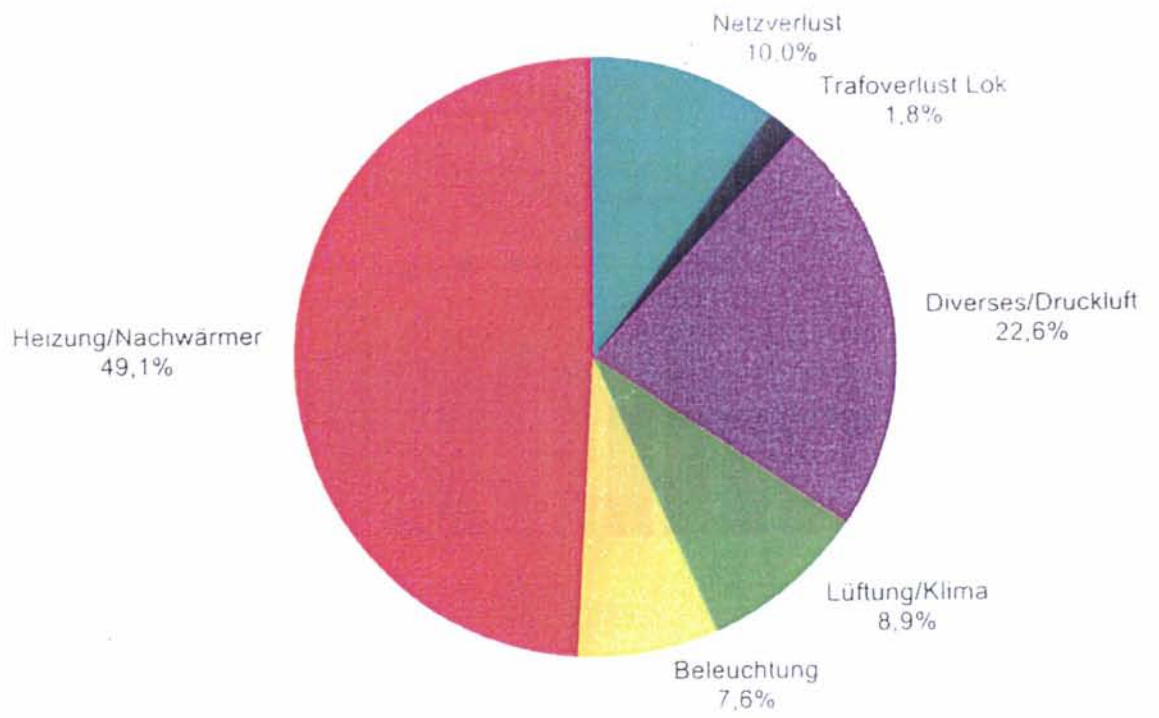
Tabellen er basert på tabell 6-2 i rapport "Beregning og anbefaling av forbrukstall til bruk i energiavregningen" [4]. Senere endringer i tabellen er skrevet inn med grå bakgrunn.

VEDLEGG 4 Utdrag fra Eisenbahn-Revue 1-2/1998 Energisparen bei Reisezügen



# Bpm 20-70 Z1 RIC SBB

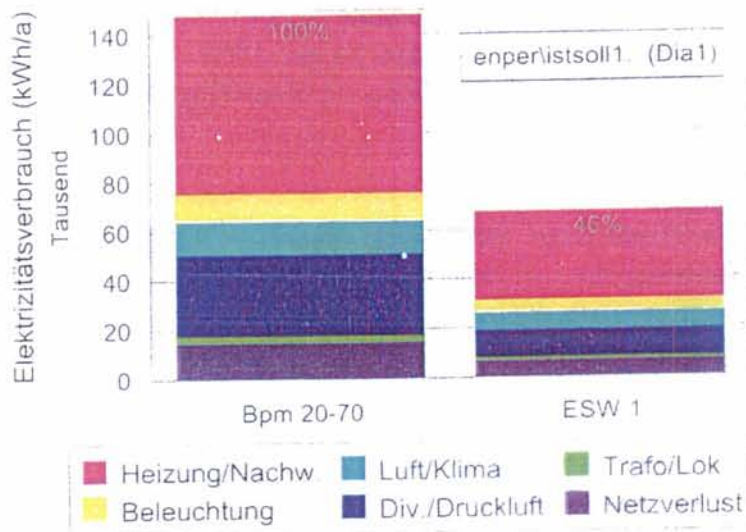
Elektrizität Jahresbilanz IST-Zustand





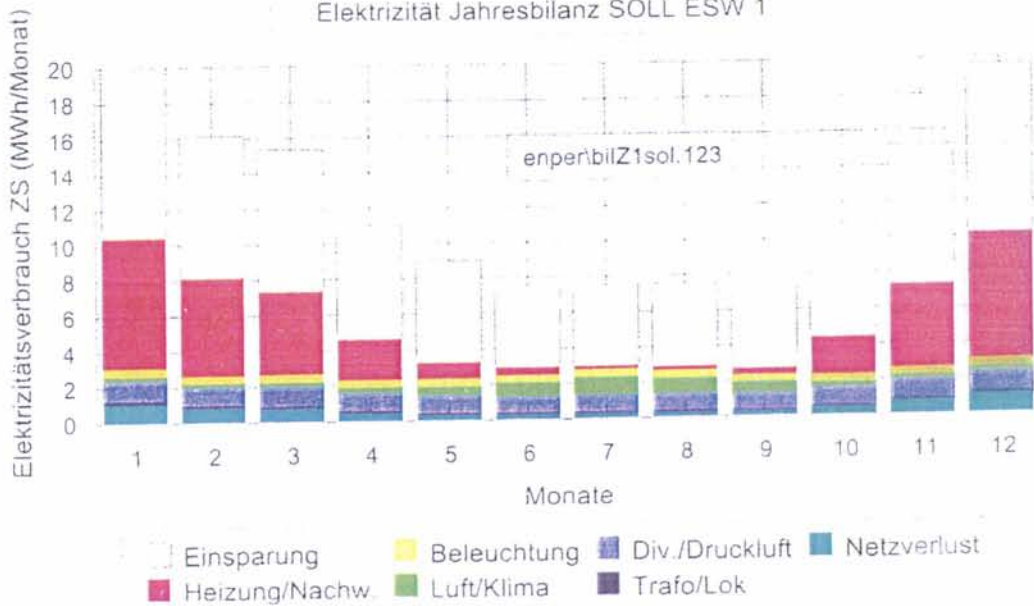
# Bpm 20-70 RIC Z1 SBB

Elektrizität Jahresverbrauch Ist/Soll



# Bpm 20-70 RIC Z1 SBB

Elektrizität Jahresbilanz SOLL ESW 1



## VEDLEGG 5 Litteraturliste:

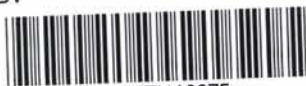
1. Enøk-rapport – forprosjekt mai 94.
2. 25 kV, 50 Hz matesystem ved NSB av 15.mars 1994
3. 25 kV, 50Hz matesystem ved NSB. Videre utredning.  
NSB BaneTeknisk kontor/ Jernbanevirksomheten, 26.juni 1995
4. BanePartner på oppdrag fra BaneEnergi, beregning og anbefaling av forbrukstall til bruk i energiavregning. August 2002.
5. DSB S-tog 1999: Fremtidens S-tog
6. Die DB-Umweltbericht 2000.
7. Energiøkonomisering hos BaneEnergi. BaneEnergi-rapport av 02.08.02
8. BE-Hovedplan-Banestrømforsyning på Dovrebanen 1.nov 2001
9. BanePartner Energiavregning i tog. Måling for kontroll av simulerte nøkkeltall for energibruk per bruttotonnm.
10. Eisenbahn-Revue 1-2/1998 Energisparen bei Reisezügen
11. Eisenbahn-Revue 6/1999
12. Nordic Environmental Manual, nov.1999
13. ZEV rail Glasers Annalen- Tagungsband SFT Graz 2002
14. Eisenbahn –Revue 1/2003. 34. Tagung ” Moderne Schienenfahrzeuge” in Graz
15. BaneEnergi-Årsrapport 2001
16. Utredning av virkningsgrad for fjernledningen, BanePartner rapport av 25.05.2003.

Classic DPs, 4 mm for 21-49 sheets 146  
[www.bioartistic.com](http://www.bioartistic.com)



Jernbaneverket  
Biblioteket

JJBV



09TU10975