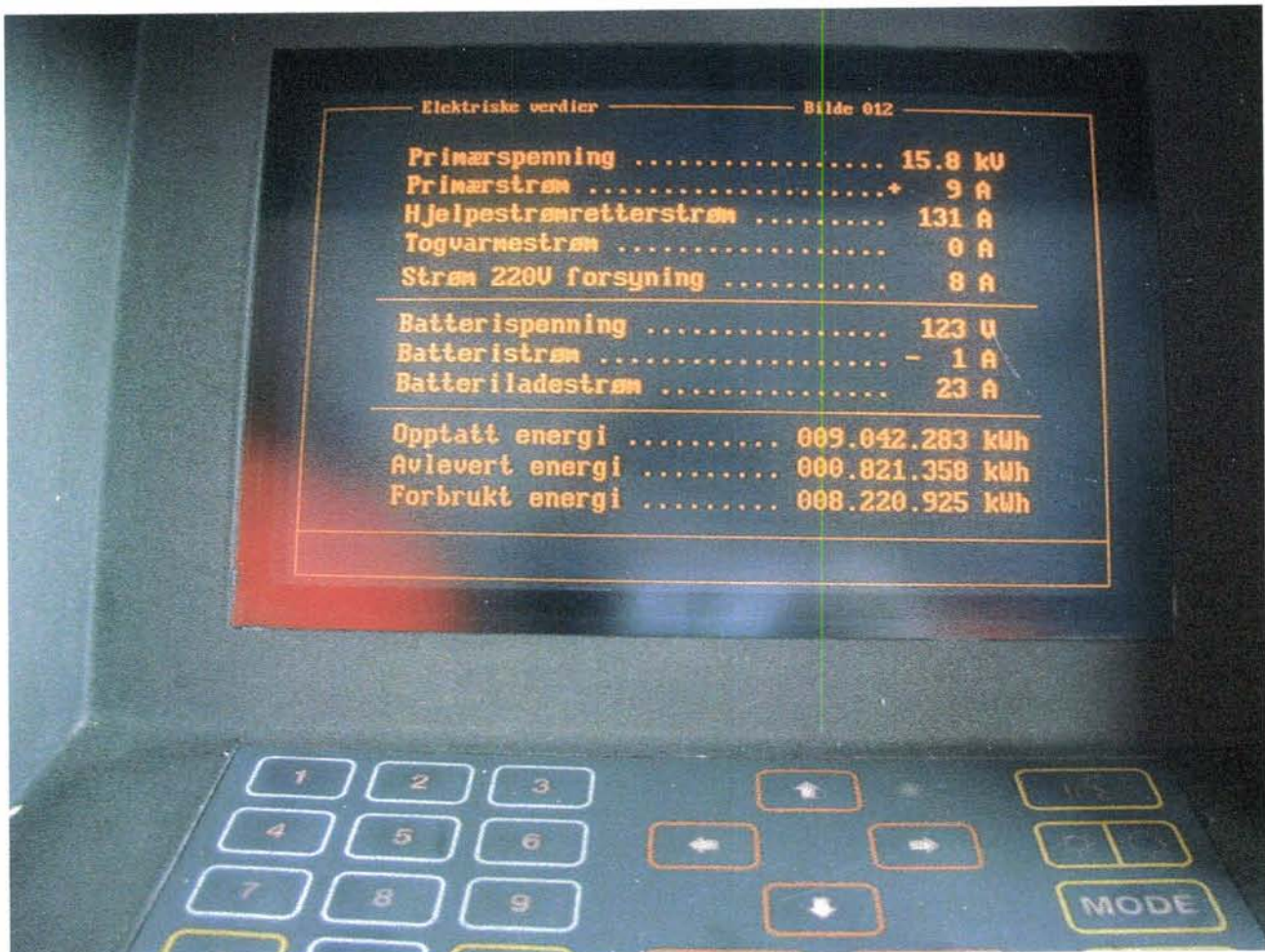


Måling for kontroll av simulerte nøkkeltall for energiforbruk per bruttotonnkilometer

Energiavregning i tog
Delrapport mars 2003

21-03 20-34 20-45
20-46 20-47 20-48
20-49 20-50



W. 11.11.03
10/11/03

621.33 MBV Mal

Prosjektnr.:	292257
Saksref.:	03/1348 SBP 760
Prosjektnavn:	Energiavregning i tog. Måling for kontroll av simulerte nøkketall for energiforbruk per bruttotonnm
Oppdragsgiver:	Jernbaneverket Hovedkontoret Banesystem Elkraft
Rapport nr.:	01

Sammendrag

Det er fra 2002-01-01 innført et nytt midlertidig system for energiavregning i alle tog utenom Flytoget, basert på nøkkeltall for energiforbruk per kjørte bruttotonnkilometer. BanePartner utførte i august 2002, på oppdrag fra Jernbaneverket Hovedkontoret og BaneEnergi, simuleringer for å beregne disse nøkkeltallene for ulike typer tog og banestrekninger. Trafikkutøverne rapporterer inn til BaneEnergi kjørte bruttotonnkilometer for tilsvarende togtyper og banestrekninger. Avregningen vil bli gjort på denne måten inntil energimålere er installert i de ulike typene rullende materiell.

På møtet mellom Jernbaneverket og trafikkutøverne 2002-10-14 ble det bestemt å verifisere de beregnede nøkkeltallene ved hjelp av målinger, og det ble foreslått å utføre målinger på type 69, type 73, El16 og El18. Målingene er i første omgang utført på et utvalg av materiell hvor energimålere er installert, det vil si El18 og type 73. Resultatene er behandlet i denne delrapporten.

Det er spesielt knyttet usikkerhet til feilregistreringer, togvektene som er lagt til grunn for beregning av energiforbruket for loktrukne tog, variasjon i passasjerbelegg samt udokumentert nøyaktighet i måleutstyr. Målingene viser mye større variasjon i energiforbruket for tog innen sammen togtype enn en i utgangspunktet hadde forventet.

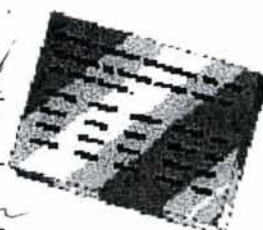
Det er funnet at det målte energiforbruket per bruttotonnkilometer i gjennomsnitt er 5% lavere enn det simulerte. For El18 og type 73 er målingene i gjennomsnitt henholdsvis 2 og 8% lavere enn simuleringene. Det gjennomsnittlige avviket for alle togtypene var på 9%. At målingen ga lavere energiforbruk enn simuleringene var ikke uventet siden den simulerte lokføreren i SIMTRAC gjerne har et mer energikrevende kjøremønster enn lokalkjente lokførere.

En har ikke funnet like stort avvik mellom målt og simulert energiforbruk for El18 som er funnet i tidligere arbeider hvor kjøringene ble gjort med motorutfall.

Det anbefales på bakgrunn av usikkerhetene i målinene at de tidligere simulerte nøkkeltallene for energiforbruk per bruttotonnkilometer fremdeles legges til grunn for energiavregningen. En finner ikke noen grunn til å utføre flere målinger på dette materiellet. Nødvendigheten av målinger på ytterligere materiell avklares først når de planlagte målingene på El16 og type 69 er utført.

For BanePartner:

Prosjektansvarlig (PA):	<i>for</i> Siri Fredriksen Aas	Signatur:	<i>Trond J. M. Føllesdal</i>
Prosjektleder (PL):	Trond J. M. Føllesdal	Signatur:	<i>Trond J. M. Føllesdal</i>
Rapport utarbeidet av:	Steinar Danielsen	Signatur:	<i>Steinar Danielsen</i>



SIDE FOR DOKUMENTKONTROLL

Oppdragsgiver: Jernbaneverket Hovedkontoret Banesystem Elkraft

Prosjektbeskrivelse: Energiavregning i tog. Måling for kontroll av simulerte nøkkeltall for energiforbruk per bruttotonnkm

Prosjektnr: 292257

Dokumenttittel: Rapport rullende materiell med egne energimålere Dokument nr.: 01

Rev.nr: 02

Sjekkpunkter	Utførende (saksbehandler) (dato/sign.)	Kontroll (SL) /andre (dato/sign)
Samsvar med egne fagkrav og bestemmelser	2003-03-27 / SB	31/3-03, JMF
Samsvar med andre fag	2003-03-27 / SB	31/3-03, JMF
Samsvar med kontrakt	2003-03-27 / SB	31/3-03, JMF
Disposisjon, logisk oppbygging, presentasjon	2003-03-27 / SB	31/3-03, JMF
Språk	2003-03-27 / SB	31/3-03, JMF

Generelle kommentarer:

Dokument godkjent for utsendelse

Dato:

31/3-03

Sign.

JMF

Innhold

1. INNLEDNING	1
1.1 MÅLSETTING	1
1.2 FORUTSETNINGER.....	1
1.2.1 Energimålere.....	1
1.2.2 Distanser.....	1
1.2.3 Togvekter	2
2. MÅLEOPPLEGG	3
2.1 ORGANISERING.....	3
2.2 NØYAKTIGHETSGRAD	3
3. MÅLERESULTATER	4
3.1 INNLEDENDE	4
3.2 MÅLERESULTATER	4
3.2.1 Beregningsmetode	4
3.2.2 Måleresultater	4
3.3 KOMMENTARER TIL MÅLERESULTATER.....	4
3.3.1 Ekspresstog Dovrebanen.....	5
3.3.2 Ekspresstog Bergensbanen.....	5
3.3.3 Signaturtog Kristiansand-Stavanger	6
3.3.4 Signaturtog Bergensbanen	6
3.3.5 Signaturtog Vøgne	6
3.3.6 Signaturtog Dovrebanen.....	6
3.3.7 Signaturtog Oslo-Kristiansand	6
3.3.8 Signaturtog Oslo-Stavanger	6
3.3.9 Agendatog Østfoldbanen.....	6
3.3.10 Agendatog Innsatstog Østfoldbanen	6
3.3.11 Agendatog Innsats Vestfold- og Dovrebanen	6
3.3.12 Agendatog Gjøvikbanen	7
3.3.13 Agendatog Kristiansand-Stavanger	7
3.3.14 Lokaltog Innsatstog Kongsberg-Oslo	7
3.3.15 Nattog Bergensbanen.....	7
3.3.16 Nattog Sørlandsbanen.....	7
3.3.17 Nattog Dovrebanen	7
4. SAMMENLIGNING AV SIMULERTE OG MÅLTE NØKKELTALL.....	8
4.1 BEREGNING	8
4.2 SAMMENLIGNING AV SIMULERTE OG MÅLTE NØKKELTALL.....	8
4.3 SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE MÅLINGER	9
5. DISKUSJON OG KONKLUSJON	10
5.1 DISKUSJON	10
5.2 KONKLUSJON OG ANBEFALING.....	13
5.3 VIDERE ARBEID	13
6. REFERANSEDOKUMENTER	14
7. VEDLEGG.....	15

1. Innledning

Det er fra 2002-01-01 innført et nytt midlertidig system for energiavregning i alle tog utenom Flytoget basert på nøkkeltall for energiforbruk per kjørte bruttotonnkilometer. BanePartner utførte i august 2002 på oppdrag fra Jernbaneverket Hovedkontoret og BaneEnergi simuleringer for å beregne disse nøkkeltallene for ulike typer tog og banestrekninger. Trafikkutøverne rapporterer inn til BaneEnergi kjørte bruttotonnkilometer for tilsvarende togtyper og banestrekninger. Avregningen vil bli gjort på denne måten inntil energimålere er installert i de ulike typene rullende materiell.

For å verifisere de beregnede nøkkeltallene ble det på møtet mellom Jernbaneverket og trafikkutøverne bestemt at det skal utføres målinger på El16, El18, type 69 og type 73. På grunn av at det har tatt lenger tid å installere energimåleutstyr enn det som først var antatt er prosjektet delt og målingene foregår i første omgang på et utvalg av materiell hvor energimålere er installert, med andre ord El18 og type 73. Dette er behandlet i denne delrapporten. Senere skal det installeres målere i et eller flere 69-sett og El16-lok og gjøres målinger på disse. Prosjektet er et samarbeid mellom NSB, CargoNet og Jernbaneverket.

1.1 Målsetting

Denne rapporten skal verifisere tidligere simulerte nøkkeltall for energiavregning gjort i [1] for materiell som har installert utstyr for energimåling (El18 og type 73). Rapporten skal også ut fra simuleringene og målingene anbefale nøkkeltall for avregningen og om det bør utføres flere målinger.

1.2 Forutsetninger

1.2.1 Energimålere

I utgangspunktet forutsettes det at trafikkutøverne stiller til rådighet måleutstyr med tilfredsstillende nøyaktighet.

1.2.2 Distanser

For utregning av nøkkeltall for energiavregning er det lagt til grunn distanser for de ulike tog som beskrevet i tabell 1-1.

Strekning	Distanse
Oslo-Kristiansand	354
Kristiansand-Stavanger	233
Oslo-Stavanger	587
Oslo-Drammen-Bergen	484
Oslo-Roa-Bergen	461
Oslo-Trondheim	551
Oslo-Trondheim Nattog	554
Oslo-Halden	136
Oslo-Skien	181
Oslo-Lillehammer	184
Skien-Lillehammer	365
Oslo-Drammen-Geilo	276
Oslo-Drammen-Ål	251
Oslo-Roa-Ål	228
Oslo-Roa-Geilo	253
Oslo-Kongsberg	88
Oslo-Gjøvik	124

Tabell 1-1: Distanser lagt til grunn i utregningen. Alle tall i km.

Det er tatt hensyn til at togene på Bergensbanen i perioden 16.01 til 23.01 gikk over Roa på grunn av skader på Ask bru. Første tog over Hokksund var tog nummer 602 den 23. januar.

1.2.3 Togvekter

For loktrukne tog med E118 er det i utregningen brukt den togvekten som lokfører har anført på loggskjemaet. Dette skal være bruttovekten på vognopptaket og beregnes for hvert enkelt tog.

For type 73 og 73b er det brukt vekt for 50% belegg og 70 kg per passasjer som er den vekten som legges til grunn for antall bruttotonnm som NSB rapporterer inn til BaneEnergi for energiavregning. Dette er henholdsvis 222 og 224 tonn. Forskjellen mellom tomt og fullt togsett er 7,3 og 8,5 tonn for henholdsvis type 73 og 73b.

2. Måleopplegg

2.1 Organisering

Energimålingene ble gjort i perioden 2003-01-20 til 2003-02-07 og ble utført på alle type 73- og 73b-sett samt alle E118-lok.

For å få gjennomført målingene var det nødvendig med et samarbeid mellom prosjektet og lokførerene. Registreringen var basert på at lokførerene skulle lese av energimålerne¹ og notere dette i en logg. I tillegg ble det registrert togvekt, tognummer og dato sammen med eventuelle merknader om turen. Eksempel på loggskjema som skulle fylles ut er gitt i vedlegg 2. Loggskjemaene var innbundet sammen med en kort informasjon om prosjektet og hvordan en kunne lese av målerne som vist i vedlegg 2.

I løpet av perioden skjemaene lå ute ble det kjørt over 1000 turer, hvorav 866 av disse danner grunnlag for resultatbehandlingen. Generelt har registreringen fra lokførerene vært bra.

2.2 Nøyaktighetsgrad på måleutstyr

Trafikkutøverne er bedt om å dokumentere målesystemet, både det som allerede er installert av måleutstyr i type 73 og E118, samt eventuelt installasjon av nytt utstyr.

NSB har ingen dokumenter om energimåleutstyret i type 73 registrert som offisiell dokumentasjon. Utstyret i NSB type 73 er identisk med utstyret i Flytoget type 71, og Flytoget fikk sitt utstyr verifisert av Veritas for godkjenning for bruk i energiavregningen ([2]). Rapporten konkluderer ikke med noen eksakt nøyaktighet, bare avviket mellom Veritas' målinger og måleutstyret. Avviket varierer mellom et par prosent opp til 20 % avhengig av om en ser på mottatt eller avlevert energi i normal drift, under bremseprøver eller under hensetting.

Det er tidligere satt spørsmålsteget med energimålingen som utføres av diagnosesystemet i E118. Det var derfor ønskelig å installere eksternt måleutstyr i et eller flere lokomotiver for sammenligning og kontroll. Dette kunne imidlertid ikke gjennomføres innen de frister som var satt i prosjektet. En har ikke klart å skaffe dokumentasjon på energimålingen i diagnosesystemet i E118 i løpet av prosjektet.

¹ Energimålerne i flertall siden det både er måler for opptatt energi og tilbakelevert energi.

3. Måleresultater

3.1 Innledende

Under målingene er det funnet at energimålerne i type 73 og 73b ikke måler i kWh, men i 10kWh. Alle noterte verdier i loggene måtte derfor multipliseres med 10 i resultatbehandlingen.

Det ble oppdaget at noen 73- og 73b-sett hadde klart høyere tilbakelevert energi enn opptatt energi. Målerne må derfor være byttet om. Dette gjelder sett 73-11, 73-13, 73-15, 73b-42, 73b-43.

3.2 Måleresultater

3.2.1 Beregningsmetode

Ved beregning av energiforbruk per bruttotonnkilometer har en summert all energi som er forbrukt av en togtype og dividert denne med antall bruttotonnkilometer for samme togtype og strekning. Det er dette som betegnes som gjennomsnitt i presentasjonen av resultatene. Ved angivelse av standardavvik, høyeste og laveste har en regnet ut energiforbruket for hvert tog.

3.2.2 Måleresultater

Tabell 3-1 viser beregnet gjennomsnittlig energiforbrukt per bruttotonnm for de ulike togtypene samt variasjon i målingene. Resultatene baseres på totalt 866 registreringer.

Togtype	Materiell	Gj.snitt	Antall tog	Standard-avvik	Høyeste	Laveste
Ekspresstog Dovrebanen	EI18 + B7	28,8	15	4,2 14 %	35,5	23,6
Ekspresstog Bergensbanen	EI18 + B7	36,4	20	6,5 18 %	48,2	21,5
Signaturtog Kr.Sand-Stavanger	Type 73	37,0	3	2,5 7 %	39,9	35,3
Signaturtog Bergensbanen	Type 73	39,6	66	3,7 9 %	50,2	31,6
Signaturtog Vøgne	Type 73	41,5	18	6,1 15 %	49,8	29,7
Signaturtog Dovrebanen	Type 73	36,1	63	3,5 10 %	45,3	24,1
Signaturtog Oslo-Kr.Sand	Type 73	34,7	79	4,0 12 %	49,6	26,6
Signaturtog Oslo-Stavanger	Type 73	35,4	41	5,4 15 %	52,9	20,7
Agendatog Østfoldbanen	Type 73b	39,7	172	8,5 21 %	99,5	25,3
Agendatog Innsats Østfoldbanen	EI18 + B3/B5	32,6	68	6,1 19 %	49,3	21,8
Agendatog Innsats Vestfold- og Dovreb.	EI18 + B3/B5	34,4	67	7,7 22 %	76,5	22,4
Agendatog Gjøvikbanen	EI18 + B3/B5	46,6	55	8,2 18 %	63,6	29,0
Agendatog Kr.Sand-Stavanger	Type 73b	39,0	136	5,5 14 %	77,8	25,3
Lokaltog Innsats Kongsberg-Oslo	EI18 + B3/B5	37,3	7	2,9 8 %	41,0	33,5
Nattog Bergensbanen	EI18	32,8	15	6,1 19 %	42,6	20,1
Nattog Sørlandsbanen	EI18	31,0	23	5,4 17 %	45,2	21,3
Nattog Dovrebanen	EI18	27,2	17	1,9 7 %	30,5	24,5

Tabell 3-1: Måleresultater. Alle tall utenom "Antall tog" er oppgitt i Wh/bruttotonnm.

Gjennomsnittlig standardavvik er funnet til 14 %.

3.3 Kommentarer til måleresultater

I måleperioden har det vært generell mangel på EI17-lokomotiver. Det har gjort at en har satt inn 18-lok isteden på Gjøvikbanen for så å bruke EI16 i de loktrukne fjerntogene. Det har redusert datagrunnlaget på ekspress og nattog noe, men gitt et underlag for å se energiforbruket på Gjøvikbanen.

Generelt gjelder det at det er en del turer som ikke har kunnet resultatbehandles på grunn av manglende logging. Dette gjelder spesielt fjerntogene. Ved bytte av lokfører underveis er sannsynligheten dobbel så stor for at en ikke har alle dataene som en trenger i forhold til om det er samme føreren hele veien.

Det er naturlig å tro at lokførers notering av energiforbruket i hovedsak er gjort ved uttak og innsett av lok eller motorvognsett da det er da lokføreren har best tid. Det antas imidlertid at transporten for eksempel fra Lodalen til Oslo S har lite å si for det totale energiforbruket.

Tog som trekkes av El18 og hvor en eller flere motorer er falt ut er ikke tatt med i resultatbehandlingen da dette anses som et avvik. Totalt utgjør det 42 turer i perioden. Utrekning og sammenligning av energiforbruket for tog som bare har gått med tre motorer viser at dette i gjennomsnitt er 24% lavere enn tilsvarende turer med fire motorer. Dette gjelder El18.2244, -2246, -2248 og -2252 som hele eller deler av perioden har kjørt med 3 motorer. En har ikke underlag for å si noe om årsaken til at energiforbruket er lavere ved 3 motorer enn med 4 motorer.

Kjøring med dobbelsett type 73, eventuelt 73 sammen med 73b, er derimot tatt med i resultatene sammen med enkelsett siden kjøring med dobbelsett anses å være en normal driftssituasjon. Ved kjøring av dobbelsett vil hvert sett måle den energien det selv bruker. Resultatbehandlingen viser et en forskjell på 0,5 Wh per bruttotonnkilometer for Signaturtog på Bergensbanen kjørt med enkel- (40 tog) og dobbelsett (26 tog).

Generelt er det prøvd å ta ut registreringer som åpenbart innebærer feil. Registreringer over 100 Wh per bruttotonnkilometer er tatt ut av resultatene. I tillegg har en filtrert ut høye verdier som en ut fra registreringsskjemaet har funnet er feil (kontrollert for tog med energiforbruk over 60 Wh per bruttotonnkilometer). For eksempel finnes det registreringer hvor notert energimålerstand er den samme ved innsett og uttak selv om toget har stått hensatt i flere dager på togvarme. Det samme er tilfelle ved noen registreringer hvor energimålerstanden er den samme, men at materiellet har vært kjørt i mellomtiden da utgangsstasjonen er forskjellig fra stasjonen hvor toget ble hensatt. Likevel kan en finne forholdsvis stort avvik mellom høyeste og laveste energiforbruk per bruttotonnkilometer for enkelte togtyper. Denne filtreringen er bare gjort for togtyper som det finnes simulerte nøkkeltall for.

Til tross for denne filtreringen finner en gjerne at høyeste registrert verdi er rundt dobbelt så høy som laveste verdi i samme toggruppe. For tog hvor denne filtreringen ikke er gjort er forskjellen enda større.

3.3.1 Ekspresstog Dovrebanen

Det er registrert bare 15 ekspresstog på Dovrebanen. Dette er et litt lite grunnlag for å si noe sikkert om energiforbruket. En registrerer derimot at standardavviket er lite.

En registrer at energiforbruket for de forskjellige togene skiller seg i to klare grupper. De togene som har vært kjørt med El18.2251 og -2260 har et gjennomsnitt på 25,1 Wh/bruttotonnm, mens de resterende togene har et gjennomsnitt på 32,8. Med bare 14 registreringer utgjør 2251 og 2260 43% og trekker ned gjennomsnittet. Selv om det ikke er registrert i loggen fra lokførerne, kan det lave energiforbruket skyldes at også disse lokomotivene har gått med 3 motorer. Dette er imidlertid ikke undersøkt.

3.3.2 Ekspresstog Bergensbanen

Det er registrert bare 20 ekspresstog på Bergensbanen. Dette er litt lite grunnlag for å si noe sikkert om energiforbruket.

3.3.3 Signaturtog Kristiansand-Stavanger

De fleste Signaturtogene vest for Kristiansand er gjennomgående fra Oslo. I Kristiansand bytter togene tognummer, men snutiden er for kort til at lokførerne har funnet tid til å lese av energimåleren. Samtidig er det uheldig å åpne skapet i BMU-vognen når en har passasjerer rundt.

Underlaget for Signaturtogene Kristiansand-Stavanger er derfor begrenset til tog 773 (3 registreringer) som går søndager. Stoppmønster og materiell er imidlertid noenlunde likt det som går i Agendatog på samme strekning og hvor dataunderlaget er mye større. Agendatogene kan imidlertid ha opptil 7 stopp mer enn Signaturtogene. Krysninger hvor en ikke har av eller påstigning er ikke medregnet.

3.3.4 Signaturtog Bergensbanen

Det er registrert 66 Signaturtog på Bergensbanen. Dette skulle i utgangspunktet være nok til å bestemme energiforbruket forholdsvis sikkert.

3.3.5 Signaturtog Vøgne

Vøgne er skilt ut som egen gruppe. Det er snakk om et togpar 6 dager i uken. 18 tog danner et begrenset grunnlag for å si noe om energiforbruket.

3.3.6 Signaturtog Dovrebanen

Det er registrert 63 Signaturtog på Dovrebanen. Dette skulle i utgangspunktet være nok til å bestemme energiforbruket forholdsvis sikkert.

3.3.7 Signaturtog Oslo-Kristiansand

Det er registrert 79 Signaturtog Oslo-Kristiansand. Dette skulle i utgangspunktet være nok til å bestemme energiforbruket rimelig sikkert.

3.3.8 Signaturtog Oslo-Stavanger

Siden fleste Signaturtogene som går mellom Kristiansand og Stavanger er gjennomgående fra Oslo, har en valgt å resultatbehandle disse i en egen gruppe. 41 registreringer gir et rimelig godt grunnlag for å bestemme energiforbruket.

3.3.9 Agendatog Østfoldbanen

Type 73b er satt inn i enkelte tog på Østfoldbanen. 172 registreringer gir et godt grunnlag for å bestemme energiforbruket. En legger imidlertid merke til at standardavviket er litt høyt og at høyeste registrering nesten er oppe i 100 Wh/bruttotonnkm.

3.3.10 Agendatog Innsatstog Østfoldbanen

Innsatstogene på Østfoldbanen er loktrukne med varierende togstammer, men med hovedvekt på vogner i B5-serien. 68 registreringer gir et bra grunnlag for å bestemme energiforbruket.

3.3.11 Agendatog Innsats Vestfold- og Dovrebanen

Innsatstogene pendelen Skien-Lillehammer kjøres med E118 og varierende togstammer i B5-serien. 68 tog skulle gi grunnlag nok til å bestemme energiforbruket.

Under resultatbehandlingen har en valgt å se hele strekningen under ett selv om lokfører ved flere anledninger har hatt tid til å notere energiforbruket ved opphold på Oslo S slik at det er differensiert mellom Skien-Oslo og Oslo-Lillehammer

3.3.12 Agendatog Gjøvikbanen

El18 har også gått i de loktrukne togene til Gjøvik. Togstammene varierer mellom vogner i B3- og B5-serien. 55 tog gir bra underlag for å si noe om energiforbruket.

3.3.13 Agendatog Kristiansand-Stavanger

Det er registrert 136 tog med type 73b mellom Kristiansand og Stavanger. Dette gir et bra underlag for bestemmelse av energiforbruket.

3.3.14 Lokaltog Innsatstog Kongsberg-Oslo

Togene 510 og 525 kjøres med El18 og en B3-stamme. 7 registreringer danner et tynt grunnlag for å bestemme energiforbruket, men variasjonen mellom registreringene er liten.

3.3.15 Nattog Bergensbanen

I perioden har det gått mye El16 i nattogene på Bergensbane slik at antall registreringer bare er blitt 15, men det danner et vist grunnlag for å bestemme energiforbruket.

3.3.16 Nattog Sørlandsbanen

Nattoget på Sørlandsbanen har utsett alternativt inntak av en sovevogn i Kristiansand. Dette endrer togvekten. Snutiden i Kristiansand er kort og lokfører har ikke hatt tid til å notere målerstanden her. Det er derfor regnet ut et energiforbruk per bruttotonnkilometer for hele strekningen Oslo-Stavanger med en togvekt vektet på km. Der det i loggbøkene bare er angitt togvekt for den ene delstrekningen, er det antatt en togvekt for den andre på 435 alternativt 395 tonn for henholdsvis Oslo-Kristiansand og Kristiansand-Stavanger da dette er normal togsammensetning.

23 registreringer danner et lite grunnlag for å si noe sikkert om energiforbruket. Det antas at skiftingen av sovevogner i Kristiansand på natten ikke har noe å si på energiforbruket.

3.3.17 Nattog Dovrebanen

17 registreringer danner et lite grunnlag for å si noe sikkert om energiforbruket for nattogene på Dovrebanen.

4. Sammenligning av simulerte og målte nøkkeltall

4.1 Beregning

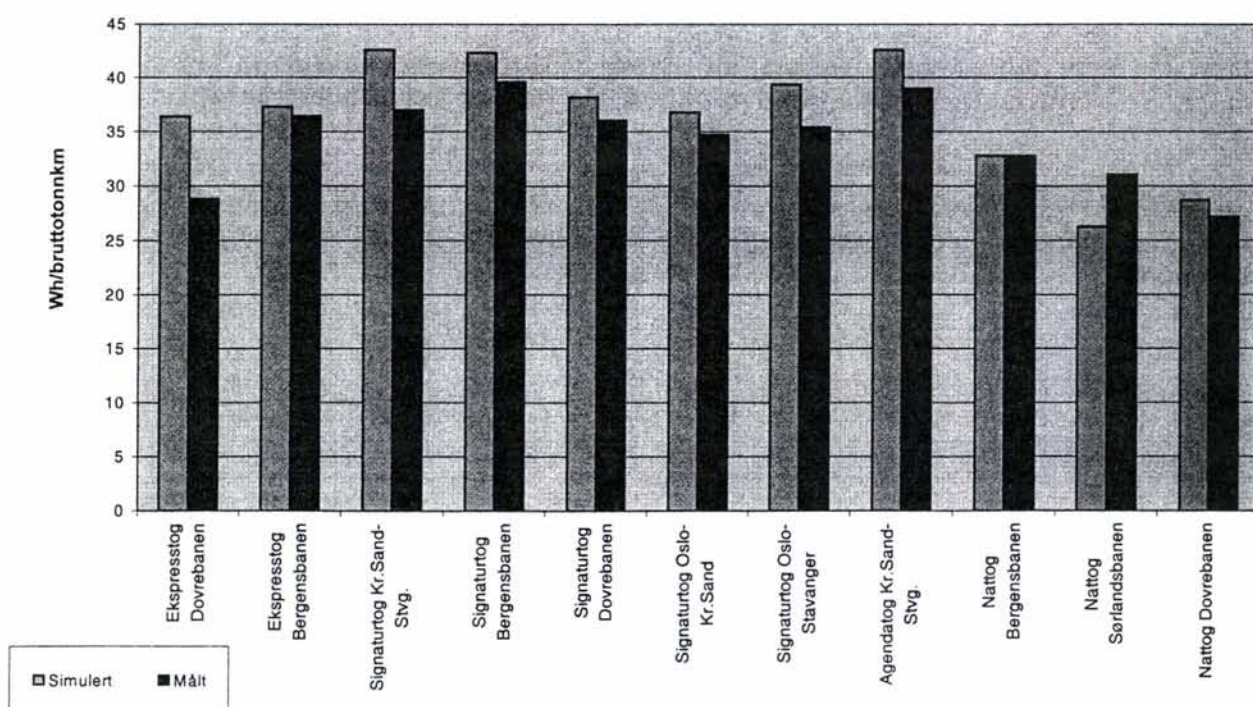
For de gjennomgående togene Oslo-Stavanger skiller [1] mellom strekningene Oslo-Kristiansand og Kristiansand-Stavanger, mens målingene behandler de gjennomgående togene under ett. For å kunne sammenligne simulering og måling har en derfor vært nødt til beregne en ekvivalent for de simulerte verdiene som gjelder for hele strekningen vektet på antall kjørte kilometer på de to strekningene. For nattogene var det på grunn av utsett av vogner i Kristiansand nødvendig å vekte beregningen på togvekt i tillegg til kilometer. Ekvivalente tall for henholdsvis Signatur og nattog er funnet til henholdsvis 39,4 og 26,3 Wh/bruttotonnm.

4.2 Sammenligning av simulerte og målte nøkkeltall

Tabell 4-1 viser en sammenligning mellom de simulerte og målte verdiene for energiforbruk per bruttotonnmilometer for de ulike togtypene. Togtyper som er målt, men ikke simulert er ikke tatt med i oversikten. Oversikten er vist grafisk i figur 4-1.

Togtype	Materiell	Simulert	Målt	Avvik
Ekspresstog Dovrebanen	EI18 + B7	36,4	28,8	-21 %
Ekspresstog Bergensbanen	EI18 + B7	37,3	36,4	-2 %
Signaturtog Kr.Sand-Stavanger	Type 73	42,6	37,0	-13 %
Signaturtog Bergensbanen	Type 73	42,3	39,6	-6 %
Signaturtog Dovrebanen	Type 73	38,2	36,1	-6 %
Signaturtog Oslo-Kr.Sand	Type 73	36,8	34,7	-6%
Signaturtog Oslo-Stavanger	Type 73	39,4	35,4	-10 %
Agendatog Kr.Sand-Stavanger	Type 73b	42,6	39,0	-8 %
Nattog Bergensbanen	EI18	32,8	32,8	0 %
Nattog Sørlandsbanen	EI18	26,3	31,0	18 %
Nattog Dovrebanen	EI18	28,7	27,2	-5 %

Tabell 4-1: Sammenligning mellom simulerte og målte nøkkeltall for energiforbruk per bruttotonnmilometer.



Figur 4-1: Sammenligning mellom simulerte og målte nøkkeltall for energiforbruk per bruttotonnmilometer.

En ser generelt at det er enkelte togtyper der forskjellen mellom simulert og målt nøkkeltall er veldig lite, men legger også merke til at det er togtyper der målingen er ca 20% høyere eller lavere enn den simulerte verdien. Spesielt ser en at nattogene på Sørlandsbanen har et målt energiforbruk som er 18 % større enn det som er simulert.

Dersom en antar at El18.2251 og –2260 bare har kjørt med 3 motorer og tar disse ut fra beregningen for ekspressstog på Dovrebanen, reduseres avviket mellom målt og simulert energiforbruk til –10%.

Togene på Bergensbanen har veldig lite avvik, mens de ulike togtypene på Sørlandsbanen og har lite og stort avvik positivt og negativt avvik. For Dovrebanen er målingen alltid lavere enn simuleringene.

Tabell 4-2 viser en oppsummering av forskjellene mellom simulerte og målte nøkkeltall for energiforbruk per bruttotonnkilometer for de to trekrafttypene som det har vært målt på. Type 73b er inkludert i type 73. Tallene er bare et gjennomsnitt av de ulike gruppene, ikke vektet på kjørte bruttotonnkilometer og viser at målinger på type 73 ligger 8 % under det simulerte og målinger på El18 ligger 2% under det simulerte forbruket. Det er i tillegg funnet et gjennomsnitt av absoluttverdien av avviket mellom simulert og målt forbruk på 9% vektet på antall togtyper med de to ulike trekrafttypene dersom en ikke tar hensyn til retningen på avviket.

Avvik	Gjennomsnitt av avvik	Gjennomsnitt av absoluttverdi av avvik	Største positive avvik	Største negative avvik
Type73	-8 %	8 %	13 %	6 %
El18	-2 %	9 %	21 %	0 %
Alle	-5 %	9 %	21 %	0 %

Tabell 4-2: Oppsummering av avvik mellom simulert og målt nøkkeltall for trekrafttyper.

4.3 Sammenligning med tidligere målinger

[3] beskriver målinger som tidligere er utført for å finne energiforbruket på ekspressstogsmateriell med El17 og B7-vogner. Det er installert måleutstyr av to forskjellige typer på to lokomotiver. Energiforbruket er logget på samme måte som i målingene som er gjort i dette prosjektet over en tidsperiode en og en halv måned. Resultatbehandlingen er gjort på grunnlag av 80 turer i tog 41-44, 72, 73 og 405/406 på Dovrebanen og Sørlandsbanen.

El18 og El17 er begge asynkronlokomotiver. Det forventes at disse i samme tog og i samme trafikk på samme banestrekning har omtrent likt energiforbruk.

En sammenligning mellom målingene på El17 og simuleringene og målingene på El18 i tilsvarende tog er gitt i tabell 4-3. For El18 er det beregnet gjennomsnittsverdien for ekspressstog og nattog på henholdsvis Dovrebanen og Bergensbanen, Sørlandsbanen og Dovrebanen. Det er naturlig å sammenligne El18 med kjøring med El17 i "automatikk".

Avvik	Målt El17		Simulert El18		Målt El18	
	Automatikk	Manuell	DB	BB+SB+DB	DB	BB+SB+DB
Energiforbruk	33,6	39,7	32,5	32,3	28,0	31,2

Tabell 4-3: Sammenligning mellom tidligere målinger på El17 og simulerte og målte verdier på El18. Alle tall i Wh/bruttotonnm. (BB=Bergensbanen, DB=Dovrebanen og SB=Sørlandsbanen)

En ser at målt energiforbruk for El17 i automatikk er 8% høyere enn gjennomsnittet som er målt på El18 på alle banestrekningene i dette prosjektet.

5. Diskusjon og konklusjon

5.1 Diskusjon

Det er foretatt målinger for å verifisere simuleringer av energiforbruk per bruttotonnkilometer for materiell som kjøres med E118 og type 73. I forbindelse med målingene og sammenligningen med simuleringene er der knyttet noen usikkerheter.

Følgende usikkerheter er knyttet til målingene:

- *Feil i loggføringen og resultatbehandlingen:* Det er fort gjort for lokfører å notere feil eller bytte om tall når loggen føres. Samtidig har en funnet at enkelte loggførte tall ikke kan stemme. Det vil si at lokfører gjerne har misforstått eller for å "være grei" har ført inn tall på steder i loggskjemaet som ikke stemmer. For eksempel at et 73-sett har stått i to dager uten å bruke energi til togvarme, eller har forflyttet seg Oslo-Bergen uten å ha forbrukt energi samtidig som forrige registrering viser at toget har dobbelt så høye energiforbruk enn gjennomsnittet. Mange slike feil ble luket ut i resultatbehandlingen. Det foreligger også en sannsynlighet for feil i resultatbehandlingen selv om alle turer som ga et urimelig høyt eller lavt energiforbruk er dobbeltsjekk mot loggbøkene.
- *Nøyaktigheten til måleutstyret:* En har ikke klart å finne noen dokumentasjon på måleutstyret som er installert i materiellet og som er brukt i disse målingene. NSB har ikke fått noe offisiell dokumentasjon på energimålingsutstyret i type 73.

Det er tidligere funnet ([4] og [5]) store avvik mellom simulert og målt energiforbruk på E118. En finner imidlertid ikke igjen dette store avviket i arbeidet som er gjort her, gjennomsnittlig 9% for E118 mens det til sammenligning er 8% for type 73. Tidligere målinger og sammenligninger er imidlertid gjort på et lokomotiv med bare 2 og 3 motorer i drift. I resultatbehandlingen her er slike avvik plukket bort.

- *Togvekter for loktrukne tog:* Som grunnlag for energiavregning brukes tjenestevekt (tomtogvekt) pluss 50% belegg og 70 kg per passasjer som togvekt. For E118 har lokfører notert togvekten på loggskjemaet. Dette skal imidlertid være bruttovekten for toget uten passasjerer, men med fulle vanttanker etc. I resultatbehandlingen har en vært usikker på hvilken togvekt som er riktig da en har funnet togvekten som brukes i avregningen til tider er lavere enn det lokfører oppgir for tomt tog. For eksempel avregnes Et42 med 368,5 tonn for standard togsammensetning, mens den laveste vekten som lokførerene har oppgitt er 372 tonn for samme tog.

Vekten av passasjerer varierer med vogntypen. For eksempel vil en full B7-4 som veier tomt 40 tonn bli 6% tyngre ved 50% belegg og 70 kg per passasjer. For sovevogner med plass til færre passasjerer vil vektøkningen være mindre.

I utregningen her er det brukt togvekten som lokfører har oppgitt siden en ikke har hatt mulighet til å kontrollere togvekten/togsammensetningen for hvert enkelt tog i ettertid. Det vil si at togets faktiske vekt i gjennomsnitt vil være 4-5% høyere enn det som er lagt til grunn i resultatbehandlingen. Følgelig er det beregnede energiforbruket per bruttotonnkilometer 4-5 % for høyt.

På den annen side får lokfører oppgitt to vekter på bremselappen; bruttovekt og bremset vekt. Bremset vekt er normalt høyere enn bruttovekt siden toget gjerne har en bremseprosent over 100. Dersom lokfører mot formodning har notert bremsevekten, vil dette gi et lavere forbruk per bruttotonnm. Det er gjerne lite sannsynlig at lokfører vil gjøre det, men det er registrert store variasjoner i de oppgitte togvektene for samme tog, for eksempel var Et42 549 tonn 2003-01-31.

Det er med andre ord usikkerhet rundt hvilken togvekt som det er riktig å regne med for loktrukne tog. For motorvognsett er det brukt togvekten som brukes i energiavregningen.

- *Togvekter for type 73:* Variasjoner i togvekter under målingene er ikke tatt med i beregningen av energiforbruket per bruttotonnkilometer for motorvognsett type 73 og 73b. Lokfører får ikke oppgitt dette siden det kjøres faste togsett, enkelt eller dobbelt. Denne variasjonen vil føre til tilsvarende variasjoner i det beregnede energiforbruket per bruttotonnkilometer. Maksimalt kan togvekten variere med $\pm 3,9\%$ i forhold til de 224 tonnene som er beregnet for halvfyllt 73b-sett.
- *Tidspunkt for notering av energiforbruket:* Det er ikke unaturlig å tro at lokfører har loggført energiforbruket for eksempel ved uttak eller innsett i Lodalen. Inkludert i energiforbruket blir da transporten fra hensettingsspor til stasjon, samt togvarme for dette tidspunktet pluss oppholdet på endestasjonene. I tillegg kommer også skiftingen i Kristiansand for nattoget på Sørlandsbanen. Det er antatt at dette har minimalt å si for det totale energiforbruket for toget.
- *Registrering i 10kWh for type 73:* Det ble oppdaget at energimålerne i type 73 ikke noterer kWh, men 10 kWh. Dette kan for den enkelte tur kanskje ha noe å si på det beregnede energiforbruket, men antas å jevne seg over lengre tid.
- *Trafikkforstyrrelser:* Det er sjelden lokfører har rapportert om forsinkelser eller trafikkforstyrrelser i loggen. Ekstra krysninger, stopp, saktekjøring og lignende har innvirkning på energiforbruket for den enkelte tur.
- *Antall registreringer:* Mengden av data som ligger til grunn påvirker naturlig nok usikkerheten. Ved få registreringer slik som på fjerntogene er således usikkerheten større da hver enkelt tog har mer å si for gjennomsnittet slik at avvik lettere blir dominerende. Dette finner en imidlertid ikke igjen i for eksempel nattogene på Sørlandsbanen som har et avvik mellom målt og simulert verdi på 18%, men bare et standardavvik på målingene på 5,4 Wh/bruttotonnm.
- *Antall motorer i drift for E118:* For tre av E118-lokomotivene har lokfører oppgitt at det er kjørt med bare tre motorer. Resultatbehandlingen viser at det registrerte gjennomsnittlige energiforbruket for disse er ca 24% lavere enn de togene som er kjørt med alle 4 motorene. For ekspressstogene på Dovrebanen finner en at to av lokomotivene (E118.2251 og -2260) som er brukt har ca 23% lavere energiforbruk enn de andre. Det er fra lokførers side ikke notert noe om at disse to lokomotivene bare har gått med tre motorer.

Usikkerheter ved sammenligning av målt og simulert energiforbruk:

- *Kjøremønster:* Den simulerte lokføreren i SIMTRAC kjører konsekvent etter hastighetsskiltene og akselererer når han har mulighet. Simuleringsprogrammet er ment for dimensjonering av banestrømforsyningen. Normalt vil en lokfører kjenne strekningen og gjerne utnytte banens fall til akselerasjon. Dette gir at det simulerte energiforbruket kan være høyere enn det målte.
- *Ikke nyttiggjort tilbakematet energi:* De simulerte nøkkeltallene er justert for ikke nyttiggjort tilbakematet energi. Dette gjelder spesielt tog på fjernstrekningene som mater tilbake energi som ikke det er tog i nærheten til å ta opp. Det vil si at de beregnede nøkkeltallene i [1] for slike tog er rundt 1% høyere enn det virkelige simulerte energiforbruket. De simulerte verdiene som det er sammenlignet med her er ikke justert ned igjen for ikke nyttiggjort tilbakematet energi.
- *Effekt til togvarme:* For simuleringene er det lagt inn et tilleggsuttak på 20 kW per vogn til togvarme, lys og så videre. Det er usikkert hva som har vært tilleggsuttaket i målingene. Forskjeller i tilleggsforbruk mellom måling og simulering kan fort gi noen prosent avvik, men en har ikke noe grunnlag for å kvantifisere dette.

- *Bruk av elektrisk brems:* Det er ikke notert ned hvor mye lokføreren bruker den elektriske bremsen. I SIMTRAC brukes den elektriske bremsen som primærbremse, og mekanisk brems brukes bare utover dette. Dersom lokfører ikke bruker den elektriske bremsen så mye, vil dette føre til et høyere energiforbruk.
- *Randsoneforskjell mellom målt og simulert trafikk:* Loggføring av energiforbruket er gjort før avgang og etter ankomst endestasjoner. I simuleringen av togene på Sørlandsbanen er for eksempel togene bare simulert vest for Asker. På strekningen Asker-Oslo vil sannsynligvis energiforbruket per bruttotonnkilometer være høyere enn ellers på Sørlandsbanen på grunn av tett trafikk, og gi et tillegg i det målte forbruket.

Oppsummert er det en del usikkerheter rundt målingene og sammenligningen med simuleringene. For målingene er det knyttet usikkerhet med feil i loggføringen som gir forholdsvis store uforklarlige avvik mellom de enkelte togene innen hver togtype, samt hva som er faktisk togvekt for de loktrukne togene. For sammenligningen av målt og simulert energiforbruk regner en at den simulerte lokføreren i SIMTRAC har en kjørestil som bruker mer energi enn en lokalkjent lokfører. Det gjør at en ikke finner det urimelig at de målte verdiene er lavere enn de simulerte.

Det er registrert store variasjoner i energiforbruket per bruttotonnkilometer mellom tog av samme togtype. Normalt har en antatt en variasjon +/- 30%, men her ser en opp til 200% avvik fra gjennomsnittet. Spesielt kan nevnes ekspressstog på Dovrebanen hvor en har målt 21% under det som er simulert og nattog på Sørlandsbanen hvor en har målt 18% over. Men dersom en regner gjennomsnittet finner en at de målte verdiene bare ligger 5% under simuleringene for begge materielltypene. Dette er imidlertid ikke vektet på kjørte bruttotonnkilometer verken i måleperioden eller over året som sådan. For E118 og type73 er målingen henholdsvis 2 og 8% lavere enn simuleringene. Den gjennomsnittlige avviksstørrelsen var på 9%.

Dersom en ser resultatene i lys av usikkerhetene omkring togvekter, udokumentert nøyaktighet i måleutstyret og SIMTRAC's lokfører, finner en at et gjennomsnittlig avvik på 5% mellom simulering og måling bør være godt innenfor usikkerhetsområdet.

En finner ikke noe system i avvikene mellom simulerte og målte verdier. For eksempel stemmer Signaturtogene på Dovrebanen og Oslo-Kristiansand bra, mens ekspressstogene på Dovrebanen er målt mye lavere og nattogene på Sørlandsbanen er målt mye høyere enn simuleringene. Til nattogene på Sørlandsbanen er det imidlertid knyttet litt usikkerhet til siden togvekten på en del av togene er antatt på deler av strekningen. En finner det ikke urimelig at nattogene på Sørlandsbanen har et lavere energiforbruk per bruttotonnkilometer enn nattogene på Dovre- og Bergensbanen slik som simuleringene viser siden det er både målt og simulert tilsvarende tendens for Signaturtogene på de respektive banene.

De avvik som i tidligere arbeid er funnet mellom simulert og målt energiforbruk for E118 har en ikke funnet igjen i disse målingene. Gjennomsnittlig avvik for de loktrukne togene var 9%, mens tidligere arbeid viser opp mot 50%, dog med både 1 og 2 motorer ute. Det er ikke opp til dette arbeidet å finne noen årsak, men målingene her har vist at registrert energiforbruk per bruttotonnkilometer i gjennomsnitt er 24% lavere ved kjøring med 3 motorer enn 4. Sammenligningen med tidligere målinger på E117 i ekspressstogstrafikk bekrefter at verdiene en har funnet for E118 her ikke er så feil som en på forhånd hadde fryktet ut fra tidligere målinger på E118.

Selv om en finner avvik mellom simulerte og målte nøkkeltall for energiforbruket, skal en være forsiktig med å justere nøkkeltallene som skal brukes i avregningen bare på bakgrunn av dette. En har tidligere antatt at simuleringene viser et litt for høyt energiforbruk i forhold til virkeligheten på grunn av at den simulerte lokføreren i SIMTRAC kan ha et litt mer energikrevende kjøremønster enn lokalkjente lokførere. Å justere bare de målte typene vil føre til en urettferdig fordeling mot togtyper som ikke er målt.

På samme måte skal en være forsiktig med å opprette en ny gruppe på bakgrunn av de målte nøkkeltallene alene, for eksempel for Vøgne, som ikke er simulert tidligere.

For øvrig er det noen togtyper som energiforbruket er målt og resultatbehandlet på som ikke kan sammenlignes direkte med simuleringene. Det gjelder for eksempel El18 på Gjøvikbanen som er simulert med El17, og type73b på Østfoldbanen som er simulert med type 70. El18 i innsatstog i InterCity-trafikk har ingen tilsvarende simulering i det hele tatt.

5.2 Konklusjon og anbefaling

Det er utført målinger for verifisering av simulerte nøkkeltall for energiforbruk per bruttotonnkilometer på materiell som i dag har installert energimåleutstyr, type 73 og El18.

Det er spesielt knyttet usikkerhet til feilregistreringer, togvektene som er lagt til grunn for beregning av energiforbruket for loktrukne tog, variasjon i passasjerbelegg samt udokumentert nøyaktighet i måleutstyr. Målingene viser mye større variasjon i energiforbruket for tog innen sammen togtype enn en i utgangspunktet hadde forventet.

Det er funnet at det målte energiforbruket per bruttotonnkilometer i gjennomsnitt er 5% lavere enn det simulerte. For El18 og type 73 er målingene i gjennomsnitt henholdsvis 2 og 8% lavere enn simuleringene. Det gjennomsnittlige avviket for alle togtypene var på 9%. At målingen ga lavere energiforbruk enn simuleringene var ikke uventet siden den simulerte lokføreren i SIMTRAC gjerne har et mer energikrevende kjøremønster enn lokalkjente lokførere.

En har ikke funnet like stort avvik mellom målt og simulert energiforbruk for El18 som er funnet i tidligere arbeider hvor kjøringene ble gjort med motorutfall.

Det anbefales på bakgrunn av usikkerhetene i målinene at de tidligere simulerte nøkkeltallene for energiforbruk per bruttotonnkilometer fremdeles legges til grunn for energiavregningen. En finner ikke noen grunn til å utføre flere målinger på dette materiellet. Nødvendigheten av målinger på ytterligere materiell avklares først når de planlagte målingene på El16 og type 69 er utført.

5.3 Videre arbeid

Ved målingene på type 69 og El16 anbefales det at måleperioden er lengre enn 3 uker som brukt her for å gi best mulig underlag for tog som ikke går mer enn 1-2 ganger daglig. Det vil si at dette spesielt gjelder godstogene.

6. Referansedokumenter

- [1] BanePartner på oppdrag fra BaneEnergi, *Beregning og anbefaling av forbrukstall til bruk i energiavregning*. August 2002.
- [2] Det Norske Veritas, *Energimåling i Flytoget*. Teknisk rapport nr. 2002-3051 2002-01-28.
- [3] NSB v/Winfried Unger, *Notat om "Energiforbruksmåling på ekspresstogsmateriell EL 17/B7"*. Datert 16.12.85.
- [4] Jernbaneverket Ingeniørtjenesten på oppdrag fra BaneEnergi Teknikk, *Test av SIMTRAC*. Desember 1997.
- [5] Jernbaneverket Ingeniørtjenesten på oppdrag fra JDMTK,JE,JØ,JS,JV,JN, *Verifisering av SIMTRAC*. 1999.

7. Vedlegg

Vedlegg 1. Loggskjema

Vedlegg 2. Informasjon til Lokførere

Vedlegg 1: Loggskjema

Vedlegg 2: Informasjon til Lokførere

Loggføring av energiforbruk El18 og type 73

Denne instruksjonen gjelder fra 2003-01-20 til 2003-02-07 og er også gitt på D-sirkulære.

Informasjon om loggføring av energiforbruk i tog

Det er fra 2002-01-01 innført et nytt midlertidig system for energiavregning i tog basert på nøkkeltall for energiforbruk per kjørt bruttotonnkilometer. BanePartner utførte i august 2002 på oppdrag fra Jernbaneverket og BaneEnergi simuleringer for å beregne disse nøkkeltallene for ulike typer tog og banestrekninger. Trafikkutøver rapporterer inn til BaneEnergi kjørt bruttotonnkilometer for tilsvarende togtyper og banestrekninger. Avregningen vil bli gjort på denne måten inntil energimålere er installert i alt rullende materiell.

For å verifisere de beregnede nøkkeltallene skal det utføres målinger. Målingene foregår i første omgang på et utvalg av materiell hvor energimålere allerede er installert, med andre ord El18 og type 73. Prosjektet er et samarbeid mellom NSB, CargoNet og Jernbaneverket.

Det bes om at lokfører noterer ned energiforbruket i vedlagte logg. For at resultatene skal gjenspeile det normale energiforbruket, henstilles det til lokførerne å kjøre som vanlig, men notere ned eventuelle hendelser i merknadsfeltet.

Dette heftet

Dette heftet inneholder loggskjema for energiforbruk og hører til hvert enkelt lokomotiv/togsett. Det skal for El18 ligge i "Holder for kvitterings- og feilmeldingsskjema" i ende 1 og for type 73 i "svart perm".

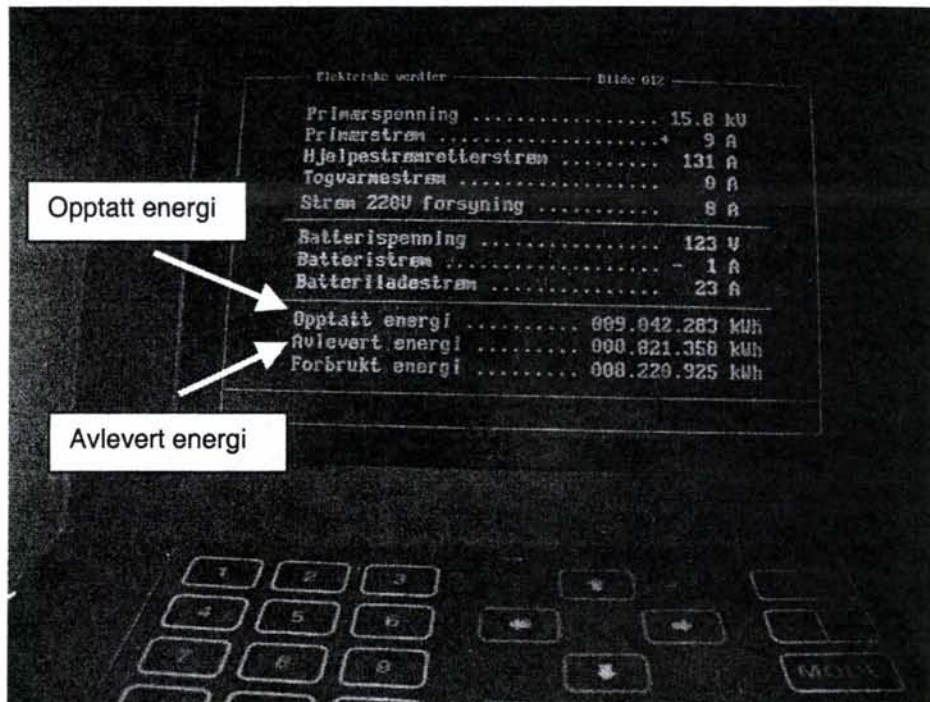
Forklaring til feltene i loggskjemaet

Dato	Dato toget forlater sin utgangsstasjon.
Tognr	Togets nummer, gjelder også eventuelle løslok og tomtog.
Måler opptatt energi	Målerstand for energimåleren som viser opptatt energi for toget. Noteres både før avgang fra utgangsstasjon og etter ankomst til endestasjon for hvert tog.
Måler avlevert energi	Målerstand for energimåleren som viser avlevert (tilbakematet) energi for toget. Noteres både før avgang fra utgangsstasjon og etter ankomst til endestasjon for hvert tog.
Togvekt inklusive lok	Togets vekt for loktrukne tog. For type 73; husk å angi eventuell multippelkjøring i merknadsfeltet.
Kjøreforhold	Kort kommentar om kjøreforholdene. Det vil si om det er tørt, vått, snø, løv etc som kan spille inn på energiforbruket.
Merknad	Merknad kan inneholde opplysninger om multippelkjøring, forsinkelse, tomtog, endret utgangs- eller endestasjon (antall kjørt kilometer beregnes ut fra togets normale rute dersom det ikke er endringer), løslok, problemer med banemotor, ATC osv.
Sign	Lokfører setter sine initialer når skjemaet er utfyllt. Ved forskjellig lokfører som tar ut og setter inn toget, signerer begge. Det er ikke ment som noen overvåkning av energiforbruket og kjørestilen til den enkelte lokfører, men kan være grei å ha dersom det blir spørsmål i forbindelse med loggføringen.

Hvor leses energimålerne av?

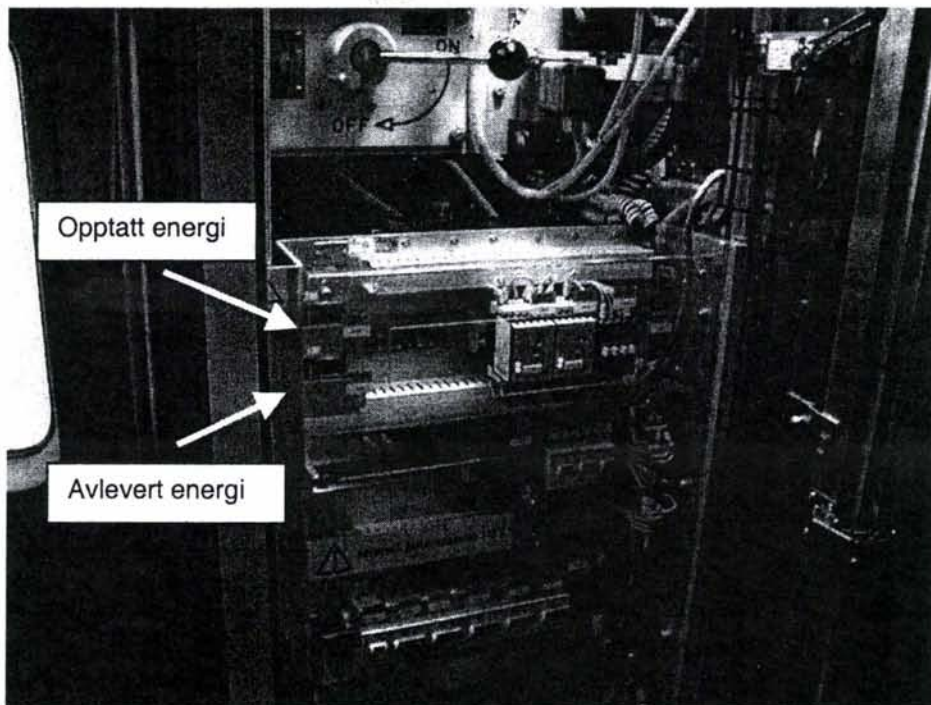
EL 18

I bilde 012 på diagnoseskjermen.



Type 73

Mekanisk kWh-måler plassert midt i skap S3 i BMU-voggen.



Det skal leses av både opptatt energi og avlevert energi før avgang fra utgangsstasjon og etter ankomst til endestasjon for hvert enkelt tog. Den forbrukte energien (opptatt minus avlevert) for El18 noteres ikke, men beregnes i etterkant.

Jernbanelverket
Biblioteket

JBV



11TU00782

BanePartner
Stortorvet 7
P.b. 1162 Sentrum
0107 Oslo

BanePartner
Avdeling Trondheim
Pirsenteret
7462 Trondheim

Telefon:
22 45 61 00
Telefaks:
22 45 61 10

E-post:
banepartner@jbv.no
Web:
www.banepartner.com

Reg.nr.:
NO 982 954 932 MVA
Bankgiro:
7694.05.01977

BanePartner er en
forretningsenhet i
 **Jernbanelverket**