

**SINTEF Teknologi og samfunn**

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: S P Andersens veg 5  
Telefon: 73 59 03 00  
Telefaks: 73 59 03 30

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF NOTAT

TITTEL

**PEMRO Arbeidspakke 2.2  
Sammenstilling av praktiske analyser i punktlighetsarbeid**

FORFATTER(E)

Nils Olsson

OPPDRAGSGIVER(E)

Deltakerne i PEMRO-prosjektet, Norges Forskningsråd

RAPPORTNR.	GRADERING	OPPDRAGSGIVERS REF.	
	Åpen	Hans Erik Wiig	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG
Åpen			22
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)
AP 1 opsum v0_7.doc		Nils Olsson	Carl Christian Røstad
ARKIVKODE	DATO	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	
	2007-04-30	Bjørn Andersen, Forskningsjef	

## SAMMENDRAG

Hensikten med rapporten er å oppsummere den delen av forskningsprosjektet PEMRO Performance Measurement in Railway Operations som undersøker alternative måter til å presentere og analysere punktlighetsdata.

Videre arbeid konsentrerer seg om utvikling, uttesting og opplæring infrastrukturens påvirkning på trafikk-kvalitet og punktlighetsoppfølging, inkludert vurderinger rundt analysemodul for driftsdata og oppfølging av planforutsetninger.

Det legges opp til videreutvikling og opplæring av verktøy for underveisanalyser. Det er påbegynt arbeid for å kunne presentere punktlighetsinformasjon på et format som ligner på en grafisk rute, og prosjektet er tiltenkt en rolle i oppfølging og testing. I tillegg er det aktuelt å vurdere andre fremtidige muligheter for analyser av punktlighet og forhold som påvirker punktlighet.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Jernbane	Railroad / Railway
GRUPPE 2	Produksjonsplanlegging	Production planning
EGENVALGTE	Prestasjonsmåling	Performance measurement
	Kvalitet	Quality
	Tog	Train

<b>1</b>	<b>Rammeverk til punktlighetsoppfølging .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Praktiske analyser.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Noen brukte analyser.....</b>	<b>4</b>
3.1	Sporkapasitet .....	4
3.2	Kapasitet/antall tog, og forsinkelser.....	4
3.3	Forsinkelser som oppstår underveis vs. forsinkelser ved avgang. Samme tognummer ...	5
3.4	Årsaksregistrering .....	6
3.5	Forsinkelser grunnet avhengigheter i materiellturnering .....	6
3.6	Avhengigheter mellom tognummer .....	7
3.7	Tallfesting av forsinkelseskostnader. ....	7
3.8	Sammenheng mellom prioritering og punktlighet .....	7
3.9	Historie, utvikling i produksjon og punktlighet .....	8
3.10	Toggangen for et tognummer dag for dag på en utvalgt del av strekningen.....	8
3.11	Effekten av hastighetsnedsettelse.....	9
3.12	Oppfølging på grafisk rute .....	11
3.13	Prosessanalyse .....	12
3.14	Antall tog per forsinkelsesintervall .....	12
3.15	Fordeling av forsinkelser og årsaker på strekning og stasjon .....	13
<b>4</b>	<b>Forslag til prioriterte analyseformer .....</b>	<b>14</b>

## 1 Rammeverk til punktlighetsoppfølging

Det er tidligere foreslått punktlighetsoppfølging på tre ulike detaljeringsnivåer. Det øverste og minst detaljerte nivået omfatter indikatorer til informasjonsbruk, beregnet for kunder og medarbeidere som ikke jobber med punktlighet til daglig. Det andre nivået er beregnet på personell som tar beslutninger på bakgrunn av punktlighetsdata, og andre som trenger detaljert informasjon om togenes og de ulike stasjonenes punktlighet. I den siste indikatorgruppen har målingene høy oppløsning for å brukes i forbedringsarbeid. Disse indikatorene brukes av personell som jobber med punktligheten til daglig, og som trenger å vite nøyaktig punktlighetsdata for eksempelvis en gitt stasjon eller et gitt tognummer. Tabell 1 viser noe eksempler på dette.

Målgruppe	Type	Fokus	Internt (jernbane-personell)	Ekstern, kunder
Direktørnivå	Strategisk	Følge utviklingen	Punktligihets% til overordnet oppfølging	Punktligihets% i pressemeldinger
Ukentlig oppfølging, mellomledere	Taktisk	Identifisere problemstillinger	Sammenstillinger pr bane, togtyper og tidsperiode, ned på tognummer og dag i spesielle tilfeller	Periodevise oppsummeringer til kunder (Gods)
Forbedringsgrupper/ detaljert	Operativt	Finne løsninger.	Forklaringsfaktorer på tognummer og dagnivå, enkeltavvik sett i sammenheng.	Proaktiv (prognose varsel om avvik) eller realtidsinfo om "mitt" tog

**Tabell 1. Eksempler på ulike typer av målinger på de tre nivåene.**

## 2 Praktiske analyser

De som jobber med punktlighet har behov for støtte til Innenfor det taktiske og operative har de Jernbanen har behov for metode for forbedring av trafikkvalitet i tre perspektiver:

1. Hvor ser det ut å være problemer?

Identifisere problemområder, eksempelvis

- a. strekninger
- b. tognummer
- c. stasjoner
- d. togprodukter
- e. materielltyper

2. Hva er problemene? Er det slik vi tror?

Analyse av identifiserte problemområder, inkludert å finne

- a. omfang, størrelse, type avvik
- b. grunnleggende årsaker til avvik
- c. forbedringstiltak

3. Følge opp tiltak og forventet forbedring

Det følgende er en sammenstilling av noen kjente tilnærminger til de tre typene av analyser.

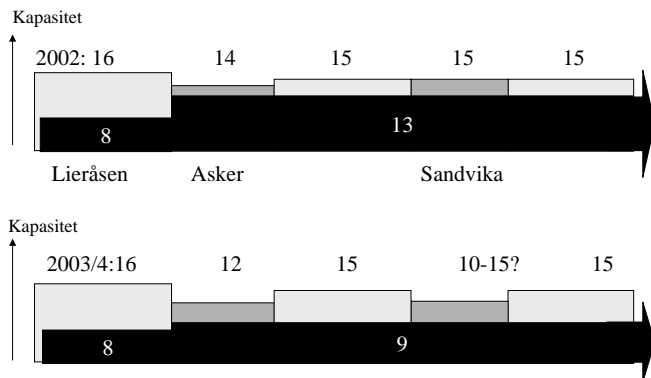
Perspektiv	Tids- perspektiv	Nåværende arbeidsmåte	Bruk av analyser	TIOS analyse- modul/ testede analyser	PULS Sverige
Identifisere problem- områder, eksempelvis	Kontinuerlig	% punktlighet. Forholdsvis aggregert	Kontinuerlig.	Noen aktuelle analyser.	Toglista
Analyse av identifiserte problem- områder	Inneværende ruteperiode	”Kvaavik- metoden” Etablerte TQM-verktøy PONDUS	”Skipper- tak”, utvidede analyser	Flere grafer/type r analyse	Larm- lista + system- støtte
Følge opp tiltak og forventet forbedring	Måned, år	Svakt av tradisjon, men det finnes flere eksempler	Helst kontinuerlig, sannsynligvis mer periodisk	Kun enkelt- analyser, ikke etablert systemstøt- te	

### 3 Noen brukte analyser

Det følgende er noen eksempler på punktlighetsanalyser som er brukte de seneste årene.

#### 3.1 Sporkapasitet

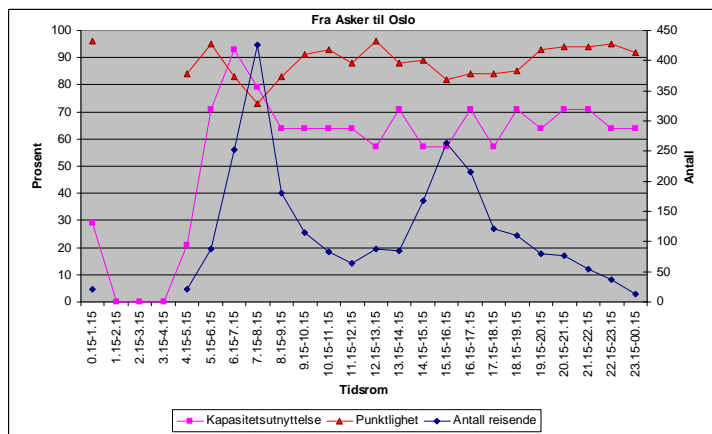
Sporkapasiteten er knyttet til togbevegelser; ankomst, avgang, skifting etc.



**Figur 1. Kapasitet i antall tog på strekningen Drammen –Oslo S i mest belastede time. Situasjonen 2004/2004 (nederst) er basert på perioden med bygging av nytt dobbeltspor Asker –Sandvika og ny Asker stasjon.**

#### 3.2 Kapasitet/antall tog, og forsinkelser

Punktlighet over døgnet kan relateres til belastningen på en strekning. Belastning måles som antall ankomster og avganger i løpet av hver klokke over døgnet. Figur 2 viser en analyse av punktlighet for lokaltog i forhold til antall reisende i lokaltogene og total kapasitetsutnyttelse mellom Asker og Oslo S.



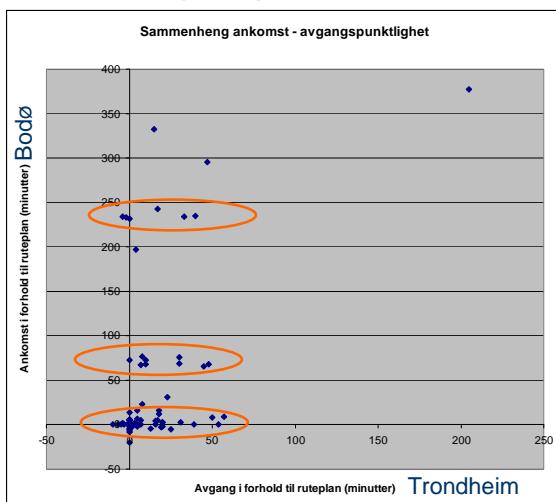
**Figur 2. Eksempel. Punktlighet, kapasitetsutnyttelse og antall reisende over døgnet på strekningen Asker-Oslo S. Analysen er utført i 2002.**

### 3.3 Forsinkelser som oppstår underveis vs. forsinkelser ved avgang. Samme tognummer

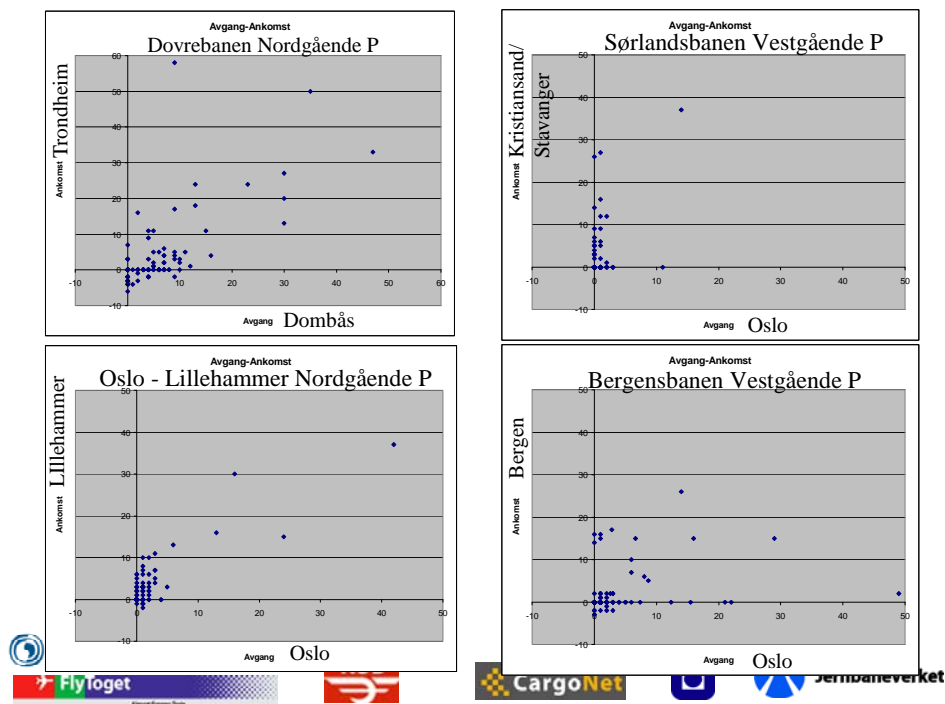
Avgangs- og ankomstpunktlighet sammenlignes tog for tog. Dette kan presenteres i diagram med ankomst- og avgangsforsinkelse i minutter på henholdsvis X- og Y aksen. En dott er et tognummer i den studerte perioden. Dersom forsinkelsen ikke endres underveis så ligger alle togene på en rett, skrå linje i diagrammet. Avvik fra 45 grader linje viser at tog legger på seg/tar inn. Figur 3 er et eksempel på denne type diagram.

#### Ankomst - avgang 5791

5791 styres inn i tre ruteleier



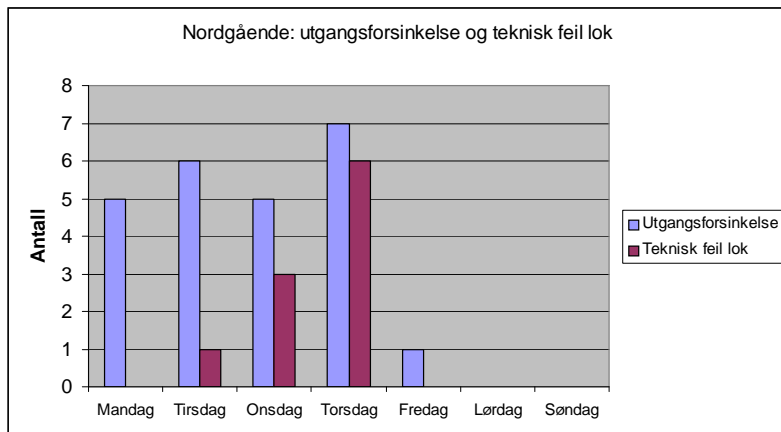
Figur 3. Ankomst- og avgangsforsinkelse for tog 5791 våren 2002. Avgang fra Trondheim, ankomst til Bodø.



### 3.4 Årsaksregistrering

Årsaker registreres i TIOS, GTPS (CN sitt eget system) og kan tolkes ut av annen dokumentasjon (driftsrapporter, vaktlederlogger etc). Sammenstillingen av årsaker kan brukes til å ”skille de vitale få fra de mange små”, ved å identifisere de hyppigste årsakene til forsinkelser, fordelt på blant annet årsakskode, tognummer ukedag etc. Figur 4 viser et eksempel der forsinkelsesårsaker er fordelt over ukedager.

#### Nordgående: “Utgangsforsinkelse” og “teknisk feil lok” pr ukedag (uke 6-22)

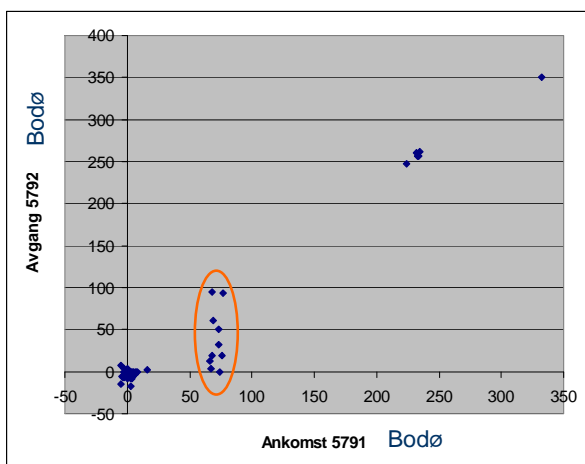


Figur 4. Forsinkelsesårsaker Nordlandsbanen våren 2002. Både person- og godstog.

### 3.5 Forsinkelser grunnet avhengigheter i materiellturnering

Med utgangspunkt i en turneringsplan for vognstammer kan man finne sammenhenger mellom forsinket ankomst for et tognummer (med en vognstamme) og forsinket avgang for et annet tognummer (med samme vognstammen). Dette forutsetter at vi har turneringsplan, selv om sporbruksplan også til stor del beskriver dette. Analysen kan synliggjøre effekten av sent ankomne tog og følgeforsinkelser.”

#### Sammenhengen ankomst og avgang i Bodø for 5791/5792

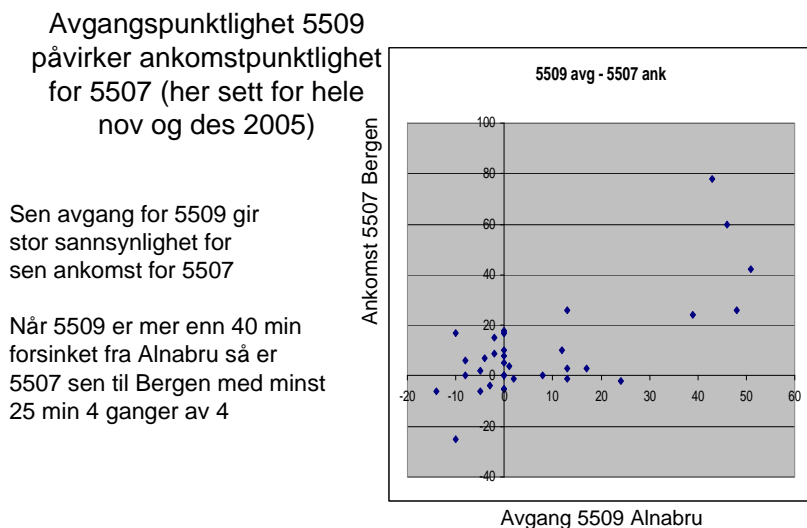


Figur 5. Sammenheng mellom ankomst til Bodø for 5791, og avgang fra Bodø for 5792. Våren 2002

### 3.6 Avhengigheter mellom tognummer

Forsinkelser kan henge sammen med oppbygging av ruteplan. Et eksempel fra Bergensbanen høsten 2005 viser at et minutt avgangsforsinkelse på 5509 gir totalt minst tre minutter forsinkelser; 5509 selv, 5507 som går tett etter 5509 og blir sterkt påvirket og 5506 som ofte blir forsinket til Sundland når det må krysse med to forsinkede tog (5509 og 5507). Figur 6 viser at ankomstpunktligheten til Bergen for 5507 er sterkt avhengig av avgangspunktligheten fra Alnabru for 5509.

Samme type analyse kan utføres for et antall tog som har antatte avhengigheter.



**Figur 6. Avgangspunktligheten for 5509 påvirker ankomstpunktligheten for 5507.**

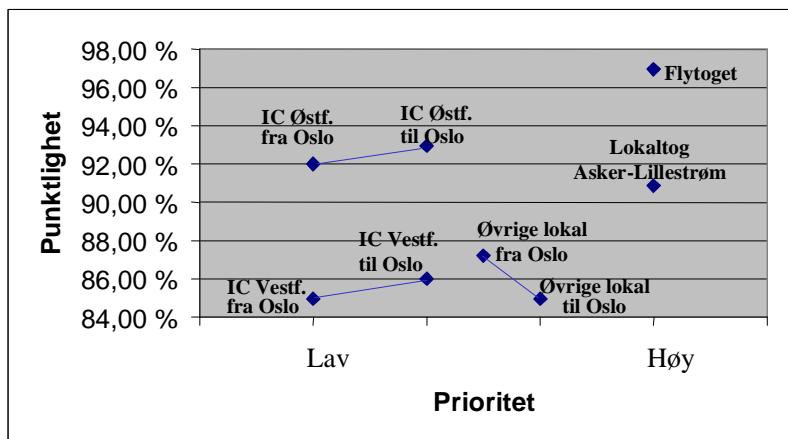
### 3.7 Tallfesting av forsinkelseskostnader.

Etter å ha fått et bilde av følgeforsinkelser som konsekvens av avgangsforsinkelser, kan konsekvensen kvantifiseres i kroner og øre. Tallfestingen kan ta utgangspunkt i bedriftsøkonomiske beregninger for eksempelvis kostnad til ventetid, eller samfunnsøkonomiske beregninger av tidskostnad for reisende.

### 3.8 Sammenheng mellom prioritering og punktlighet

Det er mulig å se på sammenhengen mellom prioritet og punktlighet. Kan også være interessant å se på punktlighet for tog som er berørt av de høyt prioriterte togene (eks. har avgang rett før eller etter; vognsett som kommer fra eller går til etc). Figur 7 viser sammenhengen mellom prioritering og punktlighet for persontog.

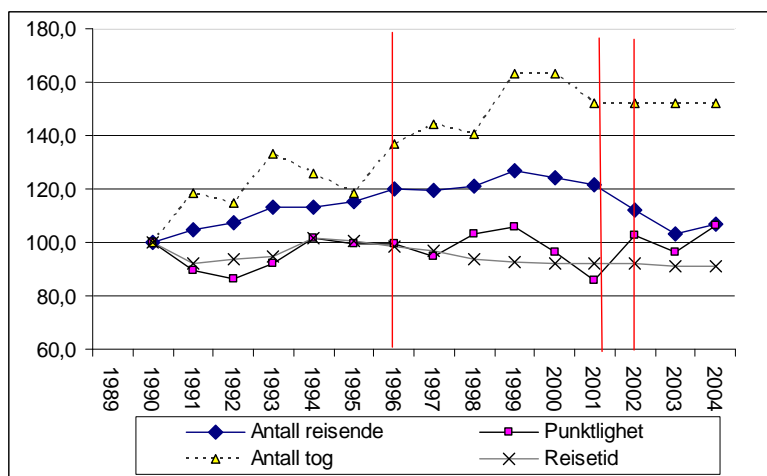




**Figur 7. Punktligghet for ulike togprodukter i forhold til produktenes prioritet i Oslo-området (Flytoget, lokaltog og IC Vestfold og Østfold). Linjene binder sammen like togprodukter som går på samme linjer. Persontog våren 2002.**

### 3.9 Historie, utvikling i produksjon og punktligghet

Punktligghet kan ha sammenheng med antall tog som kjøres. Utviklingen i punktligghet og produksjonsvolumet (eksempelvis målt som antall ankomster og avganger til og fra Alnabru) kan studeres år for år. I tillegg bør større endringer, som ny terminal, nye eller omlagte spor, større anleggsarbeider etc. angis. Figur 8 viser en lignende analyse for Vestfoldbanen over 19 år.

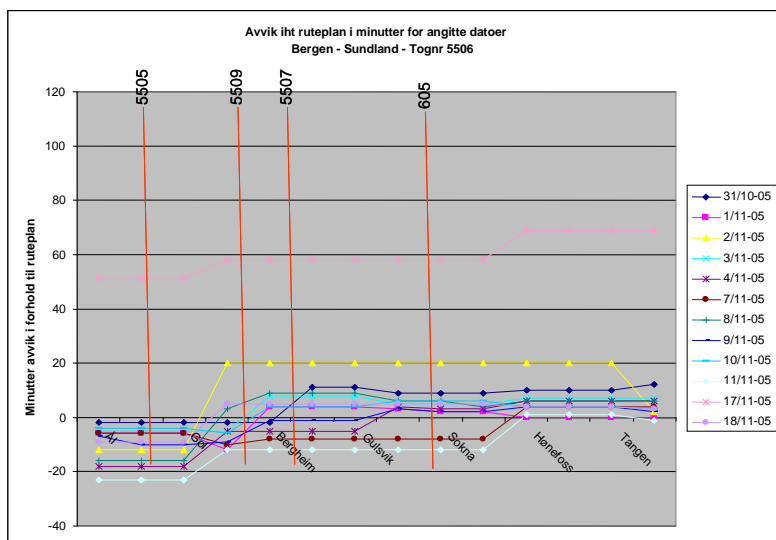


**Figur 8. Punktligghet, antall tog, reisetid og antall reisende på vestfoldbanen i perioden 1990 til 2004. Antall tog omfatter alle tog, (inkludert godstog frem til 1999), øvrige tall er for persontog. Røde streker angir åpningen av nye parseller.**

### 3.10 Toggangen for et tognummer dag for dag på en utvalgt del av strekningen

Utviklingen i forsinkelsene ses bra når man kan zoome inn på en setrekning, og studere et tog over flere dager.

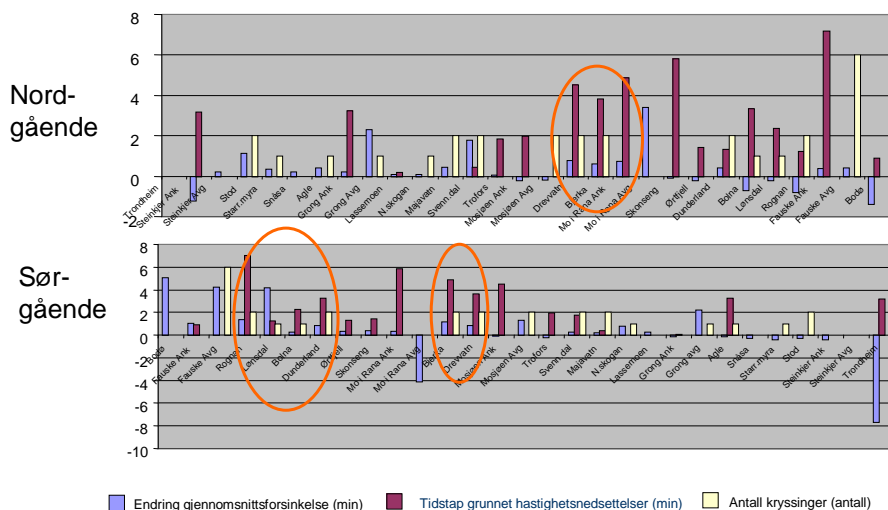
### Analyse av et tog – dag for dag



### 3.11 Effekten av hastighetsnedsettelse

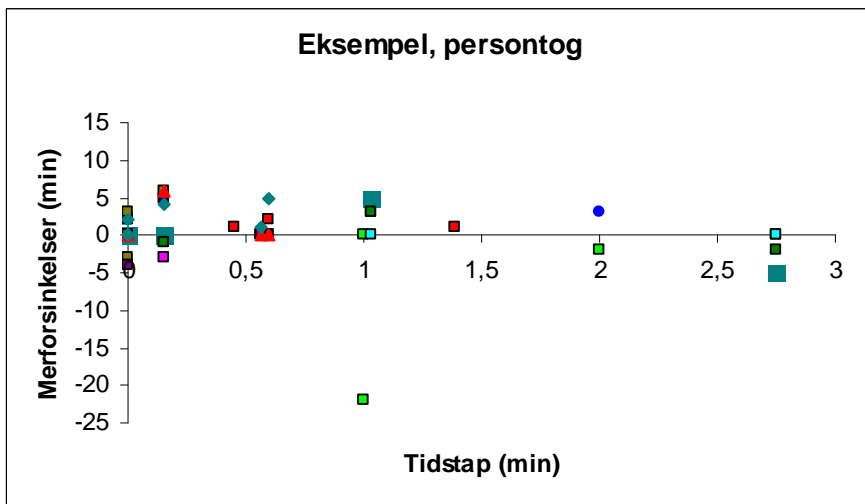
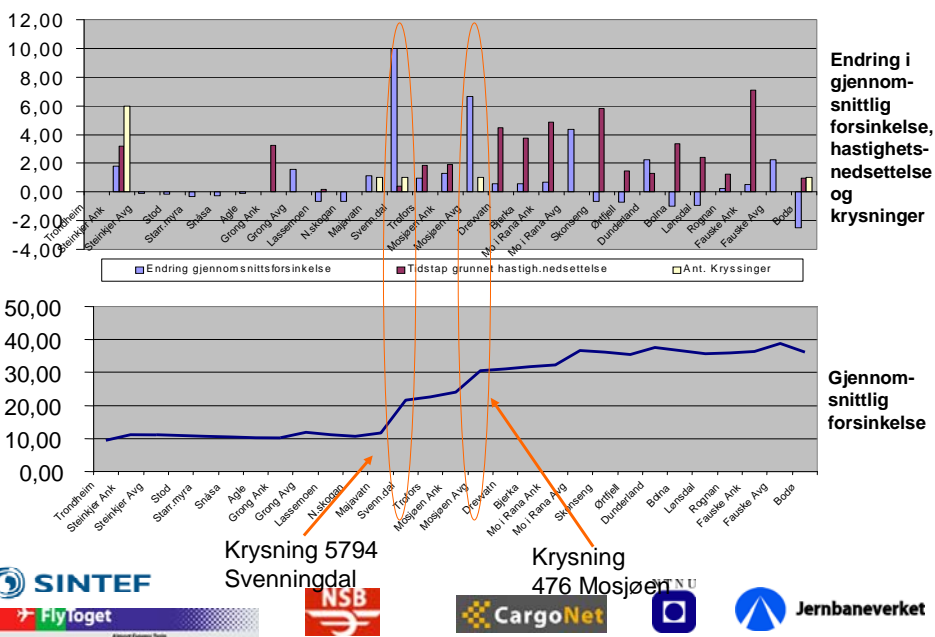
Hastighetsnedsettelse kan studeres på flere måter. En fremstilling tar utgangspunkt i det samlede tidstapet over en strekning, typisk mellom to stasjoner, og sammenligner dette med endringen i forsinkelse over den samme strekningen.

### Effekten av hastighetsnedsettelse (uke 9-22)



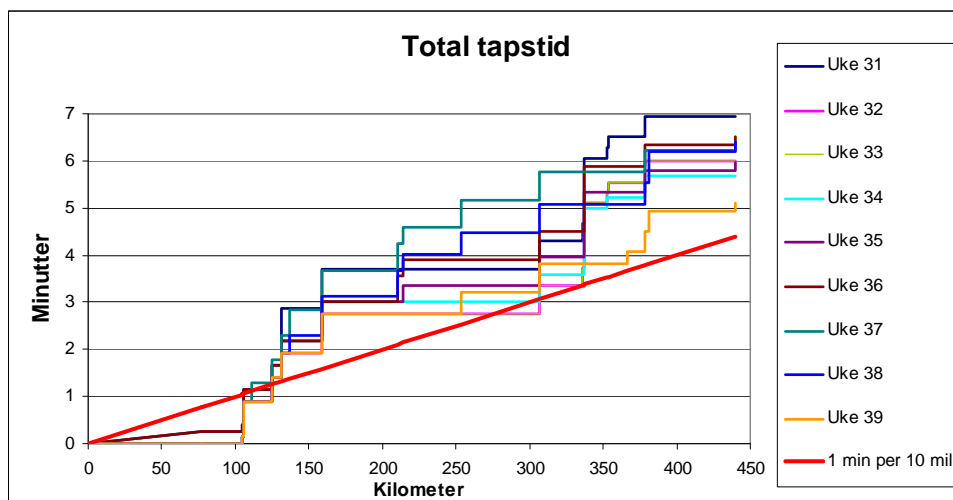
Figur 9. Punktlighet, antall tog, reisetid og antall reisende på vestfoldbanen i perioden 1990 til 2004. Antall tog omfatter alle tog, (inkludert godstog frem til 1999), øvrige tall er for persontog. Røde streker angir åpningen av nye parseller.

**5791 og hastighetsnedsettelsler (uke 9-22):** Kan se ut som om 5791 er mest påvirket av krysninger i Svenningdal og Mosjøen



**Figur 10** Tidstap Bergensbanen høsten 2005

Figuren under gir en oversikt over de planlagte hastighetsnedsettelsene. Hastighetsnedsettelsene er her akkumulert, med andre ord viser den hvordan et tog som starter på Jevnaker stasjon pådrar seg stadig flere saktekjøringer ettersom det nærmer seg Vaksdal. Den tykke streken viser grensen på 1 minutt per 10 mil.

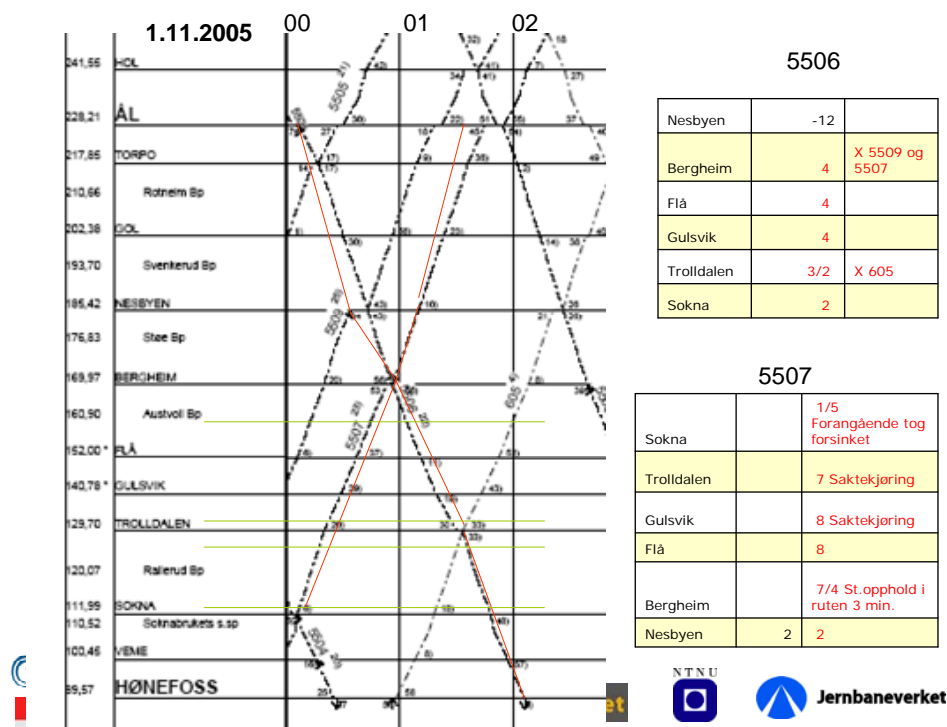


**Figur 11. Tidstap Bergensbanen høsten 2005**

### 3.12 Oppfølging på grafisk rute

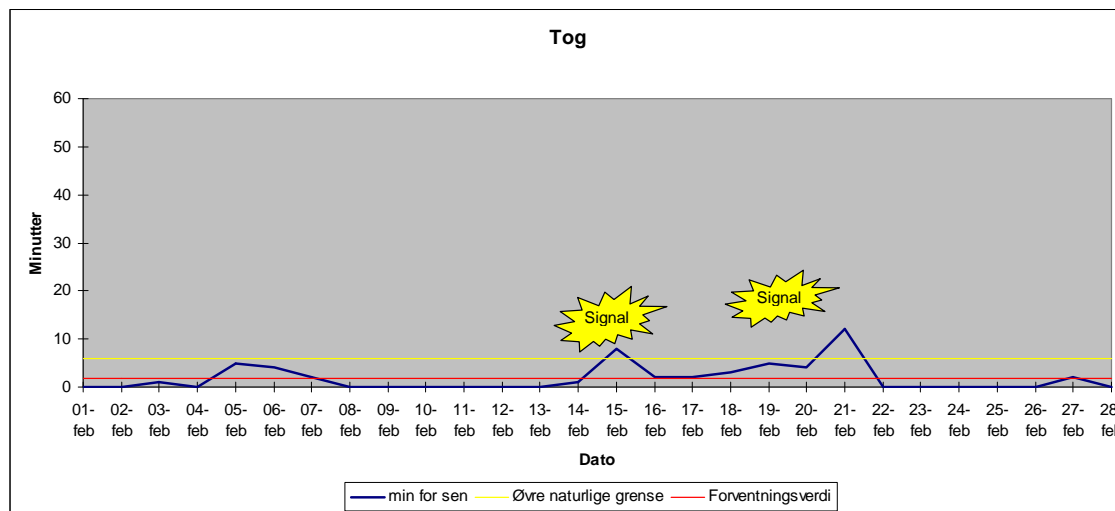
Det finnes muligheter til å utnytte den informasjon som finnes i TIOS til mer nyanserte analyser av punktighet enn hva som hittil har vært mulig. Hensikten med videre arbeid er todelt. Et område omfatter bruk og opplæring av analyser som har vært utviklet og testet i tidligere faser av PeMRO. Dette gjelder blant annet underveisanalyser.

Det andre området er rettet mot nye former for analyser og presentasjonsformer. Det er påbegynt arbeid for å kunne presentere punktighetsinformasjon på et format som ligner på en grafisk rute. Det er en presentasjonsform som mange innenfor jernbanen er vant ved. Spesielt på enkeltsporede strekningen får man også synliggjort sammenhengene mellom begge kjøreretningene. Hensikten med denne delen av arbeidet er å teste hvordan TIOS-data kan presenteres på et format som ligner på en grafisk rute. I tillegg er det aktuelt å vurdere fremtidige muligheter for å kunne lage automatisk oppfølging av hvordan togene påvirker hverandre.



### 3.13 Prosessanalyse

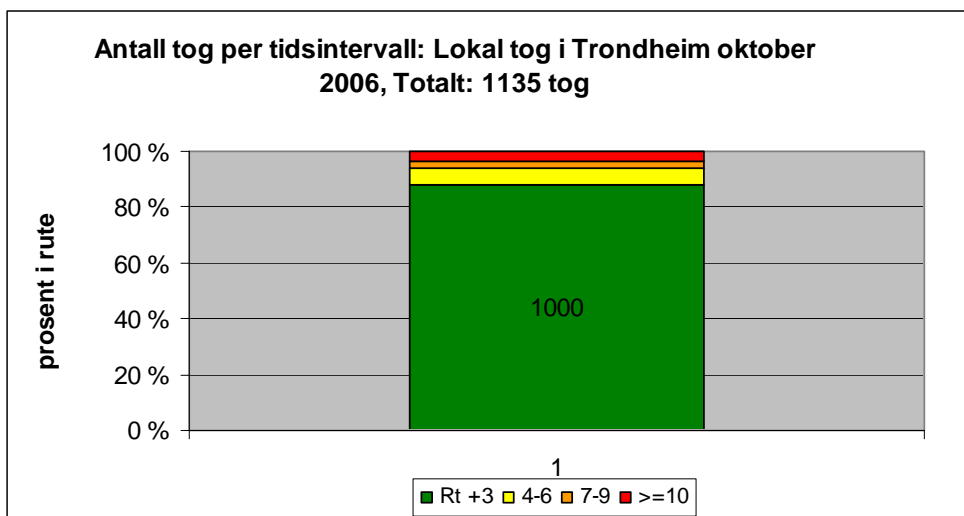
Basert på en tidsserieanalyse av forsinkelser for et tog kan det etableres prosessgrenser. Nedenfor viset et format på denne type analyser.



### 3.14 Antall tog per forsinkelsesintervall

Ut i fra statistikkrapporten og detaljrapporten kan det genereres en grafisk fremstilling som viser antall tog per forsinkelsesintervall.

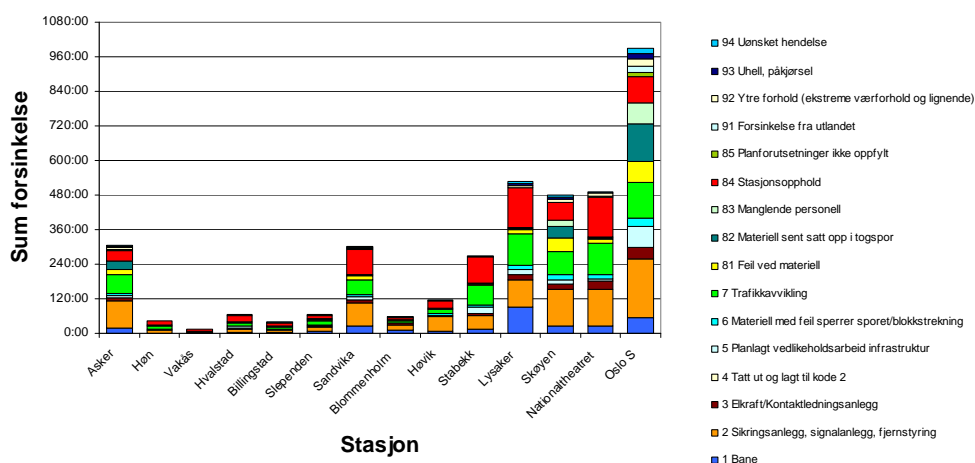
## Eksempel tog pr forsinkelsesintervall



### 3.15 Fordeling av forsinkelser og årsaker på strekning og stasjon

Med utgangspunkt i registreringer i TIOS kan forsinkelsesminutter fordeles på strekninger og stasjoner. Ulempen er at forsinkelsene blir registrert der forsinkelsen oppstår, ikke der årsaken til forsinkelsene finnes. Ved analyser av lengre banestrekninger så er dette sannsynligvis et mindre problem enn ved fokusering på deler av en strekning.

#### Fordeling av avviksårsaker på stasjoner



#### **4 Forslag til prioriterte analyseformer**

Følgende analyseformer foreslås prioritert i videre arbeid i PEMRO:

Nye analyseformer:

- Oppfølging på grafisk rute

Analysen der PONDUS kan brukes eller tilpasses:

- Effekten av hastighetsnedsettelse
- Toggangen for et tognummer dag for dag på en utvalgt del av strekningen (og varianter av denne fremstillingen)

Fremstillinger som også kan baseres på TIOS:

Aktivitet 2.2 Analysemodul til TIOS (forslag, ikke besluttet)

- Ut i fra statistikkrapporten og detaljrapporten kan det genereres en grafisk fremstilling som viser antall tog per forsinkelsesintervall, samt årsakshistorikk.
- Oppetid og forsinkelsestimer kan presenteres grafisk.
- Tilrettelegging for prosessanalyse, inkludert prosessgrenser