

## Forbedringsverktøy

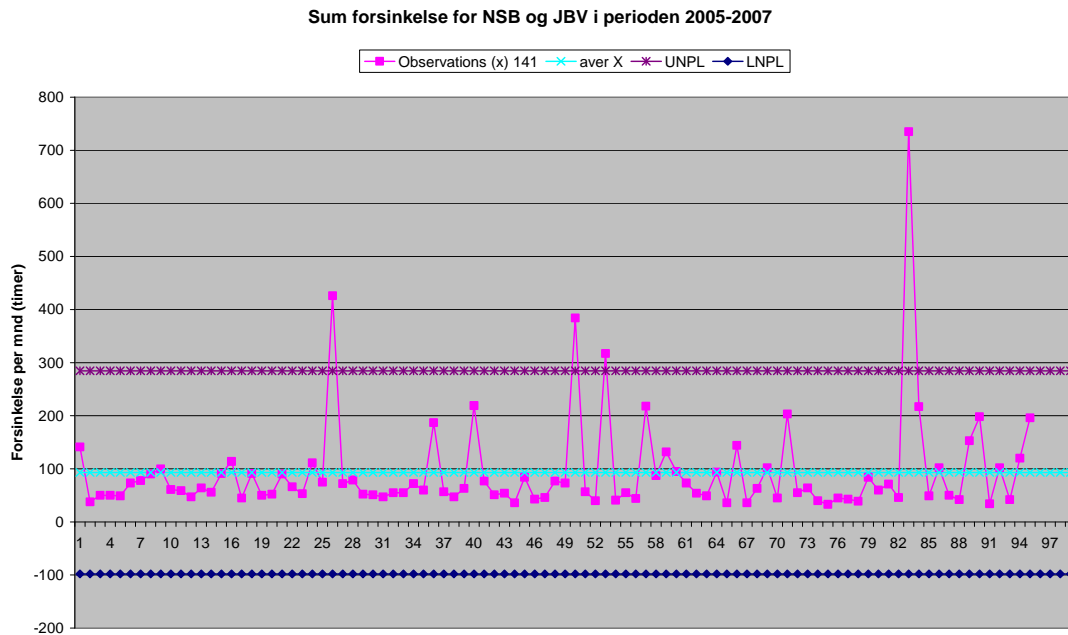
Det finnes mange ulike verktøy som er utviklet for kvalitetsforbedring. I dette dokumentet beskrives et utvalg verktøy vi mener er spesielt relevante for punktlighetsarbeidet. Noen av verktøyene inngår i beskrivelsen av PIMS mens andre kan brukes ved behov. Verktøyene er illustrert gjennom eksempler fra punktlighetsoppfølging. For beskrivelse av andre kvalitetsforbedringsverktøy henvises det til bøkene *Business improvement toolbox* av Bjørn Andersen og *Kvalitetsdrevet ledelse Kvalitetsstyrte bedrifter* av Asbjørn Aune. I tillegg er terminologien i noen tilfeller tilpasset den begrepsbruk som er innarbeidet i NSB. Referansene er beskrevet på dokumentets siste side.

### Innhold

1	STYRINGSDIAGRAM	2
2	PARETODIAGRAM	3
3	FISKEBEINSDIAGRAM	4
4	FREKVENSTABELL	4
5	HISTOGRAM	5
6	STOLPEDIAGRAM	5
7	GRAFER	6
8	SPREDNINGSDIAGRAMMER	7
9	KORRELASJONSANALYSE	9
10	MATRISEDIAGRAM	10
11	FLYTEDIAGRAM	11
12	TREDIAGRAM	11
13	ROTÅRSAKSANALYSE	11
14	BRAINSTORMING	12
15	TILTAKSMATRISSE	12
16	ANDRE EKSEMPLER PÅ BRUK AV ANALYSER I JERNBANESAMMENHENG.	13
17	REFERANSER	17

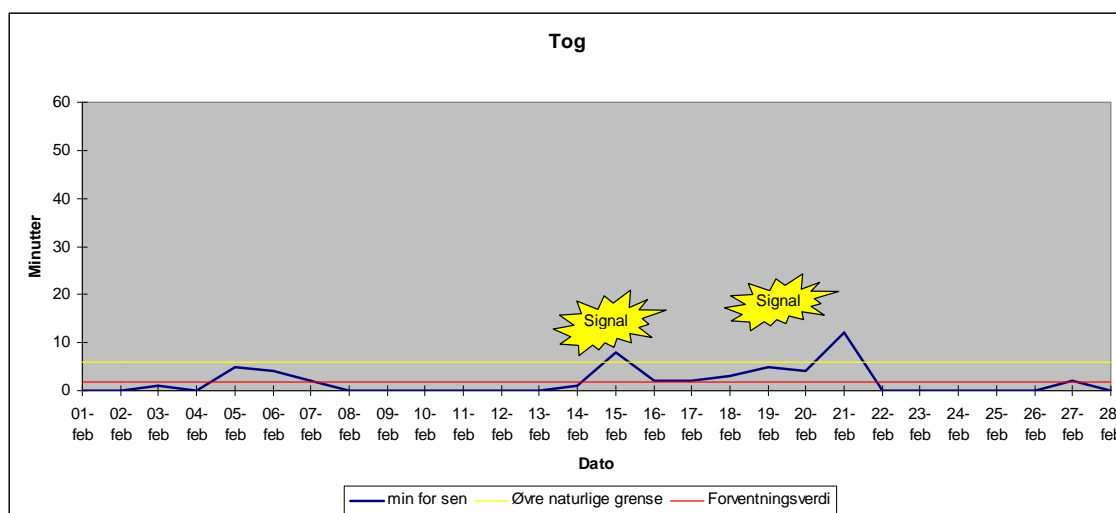
## 1 Styringsdiagram

Et styringsdiagram er et diagram med grenser som brukes for å kontrollere om en prosess er under kontroll, identifisere prosessens naturlige variasjon, og identifisere avvik som ligger utenfor prosessens naturlige variasjon. Grensene som brukes i diagrammene representerer den naturlige variasjonen til prosessen, eller akseptgrenser i prosessen. Disse benevnes ofte øvre og nedre prosess grense eller øvre og nedre kontroll grense. Figur 1 viser et eksempel på et kontrollidiagram der registrerte forsinkelsestimer pr uke er plottet for en treårs periode med tilhørende øvre og nedre prosessgrense.



**Figur 1 - Styringsdiagram for registrerte forsinkelsestimer pr uke**

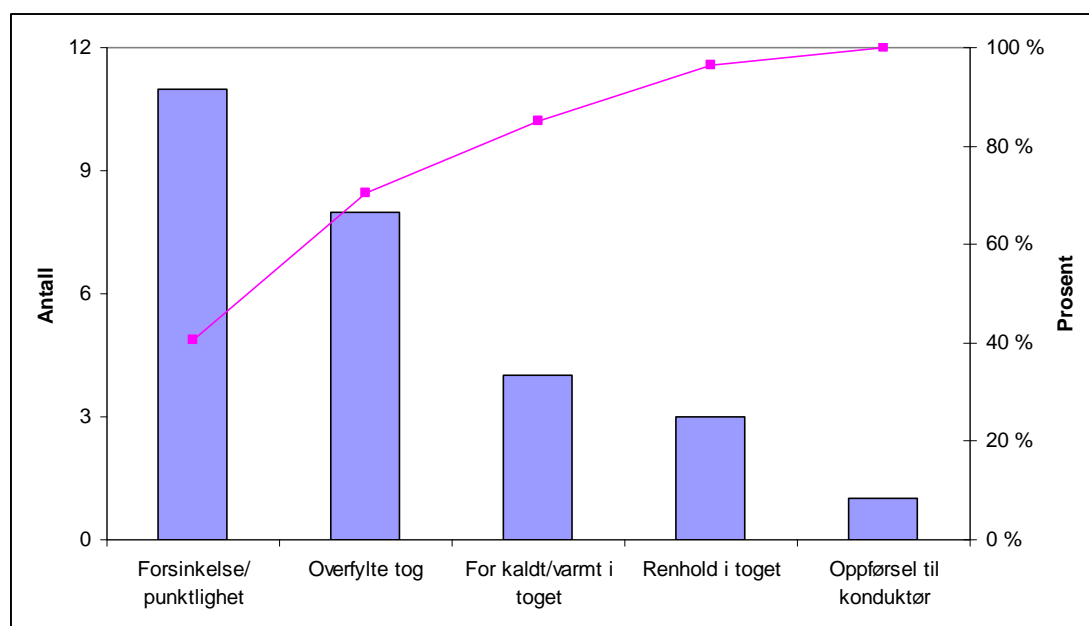
Basert på en tidsserieanalyse av forsinkelser for et tog kan det etableres prosessgrenser. Nedenfor viset et format på denne type analyser.



**Figur 2 - Tidsserieanalyse av forsinkelser for et tog, med tilhørende prosessgrenser**

## 2 Paretdiagram

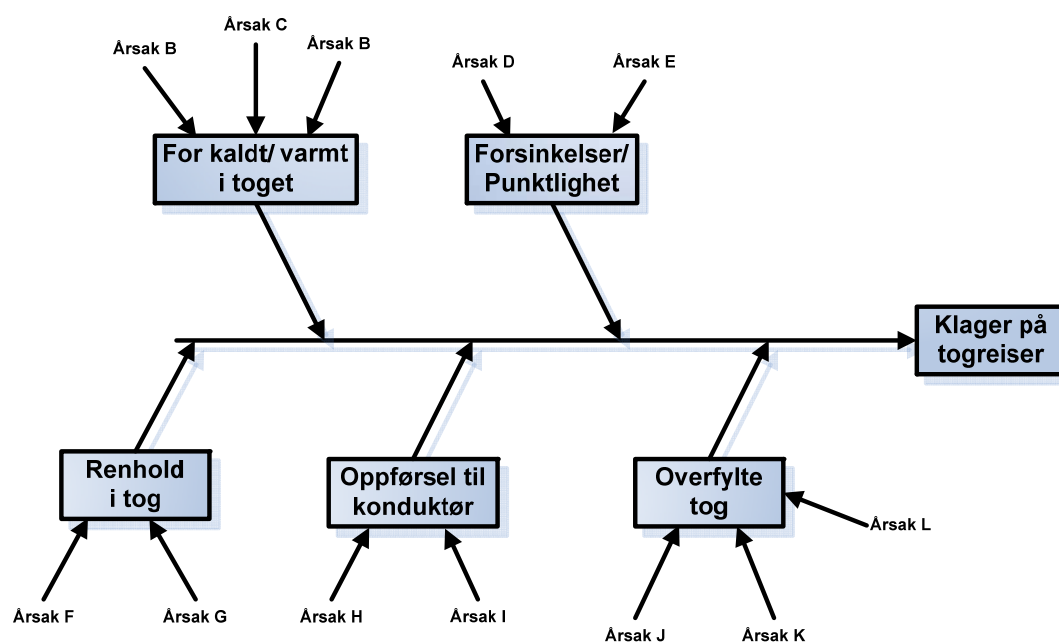
Paretoprisippene i sin nåværende form ble definert i en artikkel skrevet av Dr. J.M. Juran i 1950. I korthet kan en forklare prinsippene med å skille ”de vitale få fra de trivielle mange”. Dette bunner i at når en ser på årsakene til kvalitetsavvik så er det relativt få årsaker som står for en meget stor del av avvikene. Det er også her ”20- 80” regelen kommer inn: 20 % av årsakene står for 80 % av avvikene. Et Paretdiagram er et stolpediagram, der de høyeste stolpene er plassert lengst til venstre. Det ligner svært mye på et histogram, bare at søylene er rangert etter størrelse. I tillegg er det vanlig å vise hvor stor andel av registreringene som er inkludert når en går fra venstre mot høyre i diagrammet. Figuren nedenfor viser et eksempel på et Paretdiagram brukt på de samme dataene som er benyttet i tidligere eksempler.



**Figur 3 - Paretdiagram over årsaker til passasjerklager**

### 3 Fiskebeinsdiagram

Fiskebeinsdiagrammet, også kalt årsaks-/virkningsdiagram ble utviklet av Ishikawa. Det kalles derfor iblant for Ishikawa-diagram. Navnet fiskebeinsdiagram kommer etter formen på diagrammet. Hensikten med diagrammet er å visualisere sammenhengen mellom en effekt og årsaken til denne effekten. Årsaks-/virkningsdiagram har mange bruksområder. Eksempelvis kan det like godt brukes til å visualisere identifiserte årsaks-/virkningsforhold, som hypoteser på årsaks-/virkningsforhold. Figur 4 viser et eksempel på et årsaks-/virkningsdiagram konstruert med grunnlag i dataene bruk i tidligere eksempler.



Figur 4 - Årsaks-/virkningsdiagram over årsaker til passasjerklager

### 4 Frekvenstabell

Frekvenstabeller, eller sjekklister, er skjemaer som brukes til å samle inn data systematisk og er derfor mye likt generell datainnsamling. På den annen side er skjemaene konstruert for et spesifikt analyseformål og er derfor designet slik at man ikke trenger mye bearbeiding av dataene for å få ut resultatene. Nedenfor vises et konstruert eksempel på frekvenstabell brukt på årsaker til at passasjerer klager til et togselskap.

Type klage	Antall	Total
For kaldt/varmt i toget	1111	4
Forsinkelse/ punktlighet	11111 11111 1	11
Overfylte tog	11111 111	8
Oppførsel til konduktør	1	1
Renhold i toget	111	3
Sum		27

Tabell 1 - Årsaker til passasjerklager

## 5 Histogram

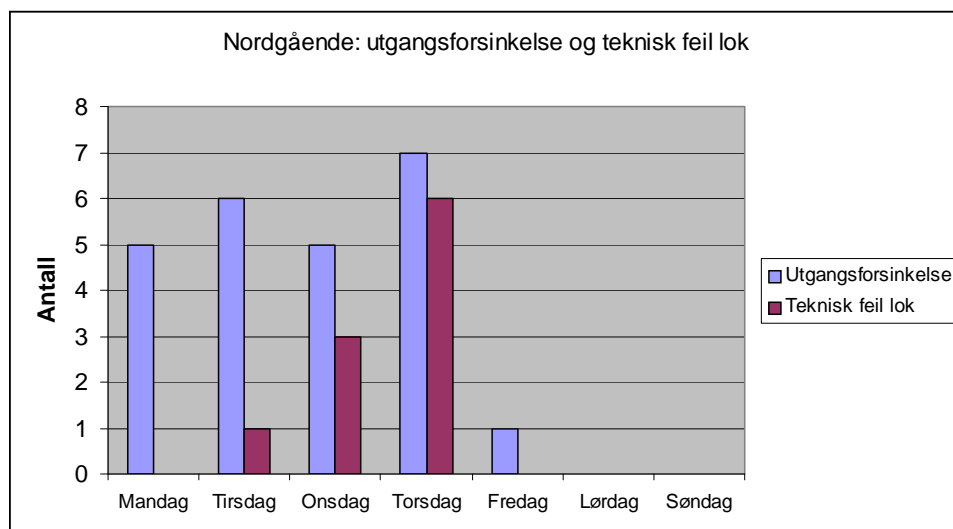
Et Histogram er en grafisk framstilling av data hvor det er fornuftig å samle svarene i forskjellige grupper på en skala. Et histogram skiller seg fra et søylediagram ved at det er arealet, og ikke høyden av søylen som sier noe om mengden.

Til forskjell fra et søylediagram må kategoriene (søylene) på x-aksen være strukturert som en rekkefølge på en skala. Det faktum at det er arealet på søylene, ikke kun høyden, som skal sammenlignes i et histogram kan også få konsekvenser, men det spiller ikke så stor rolle om man velger like store intervall i hver kategori. Da vil søylene bli like brede, og da er det høydene til søylene som indikerer verdiene. Dersom kategoriene ikke har samme størrelse, skal bredden på søylene tilpasses slik at arealet av søylene viser mengden. Det letteste er å søke å ha like store intervall i alle kategorier, men det kan være vanskelig spesielt i ”halene” på en fordeling, dvs. langt til venstre og høyre på diagrammene.

## 6 Stolpediagram

Stolpediagram er også en måte å visualisere data på. Stolpediagram (også kalt søylediagram) er en grafisk framstilling av en frekvens-fordeling. Det er et diagram der lengden på hver enkelt stolpe illustrerer størrelsen på kategoriene i datasettet. Til forskjell fra histogrammet står man friere til å etablere kategorier for stolpene. Bredden på stolpene er oftest lik, og det er ikke samme krav om at kategoriene skal representere en skala. Stolpediagram kan være egnede for å vise utvikling i punktlighet eller feilfrekvenser over en tidsperiode, eksempelvis en uke der hver stolpe representeres av en ukedag, eller på en strekning, der hver stolpe representerer en stasjon eller strekning.

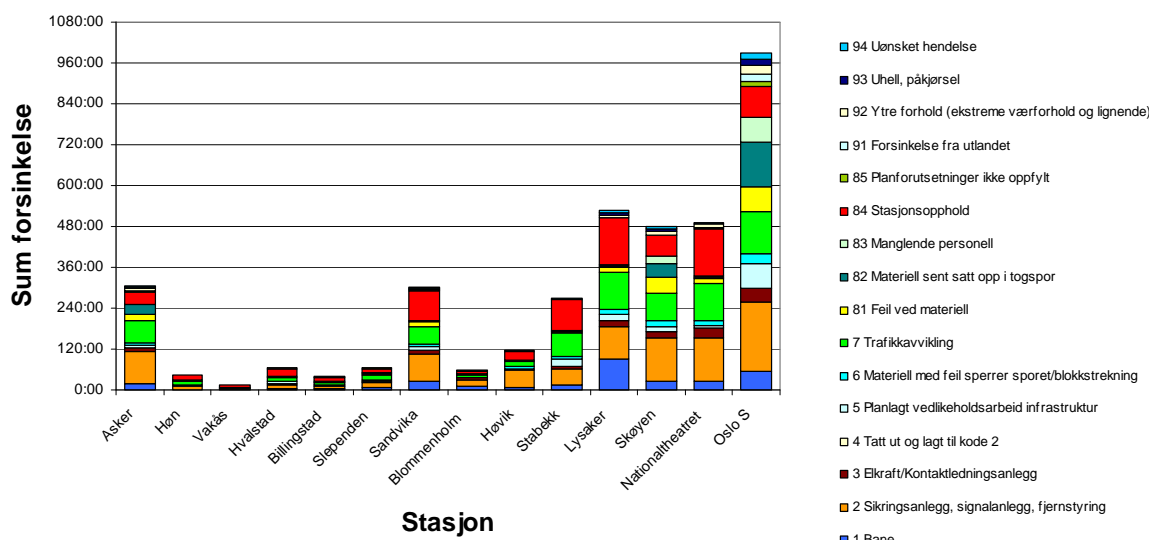
Årsaker registreres i TIOS, GTPS (CN sitt eget system) og kan tolkes ut av annen dokumentasjon (driftsrapporter, vaktlederlogger etc.). Sammenstillingen av årsaker kan brukes til å ”skille de vitale få fra de mange små”, ved å identifisere de hyppigste årsakene til forsinkelser, fordelt på blant annet årsakskode, tognummer ukedag etc. Figur 5 viser et eksempel der forsinkelsesårsaker er fordelt over ukedager.



**Figur 5 - Forsinkelsesårsaker Nordlandsbanen våren 2002. Både person- og godstog.**

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.

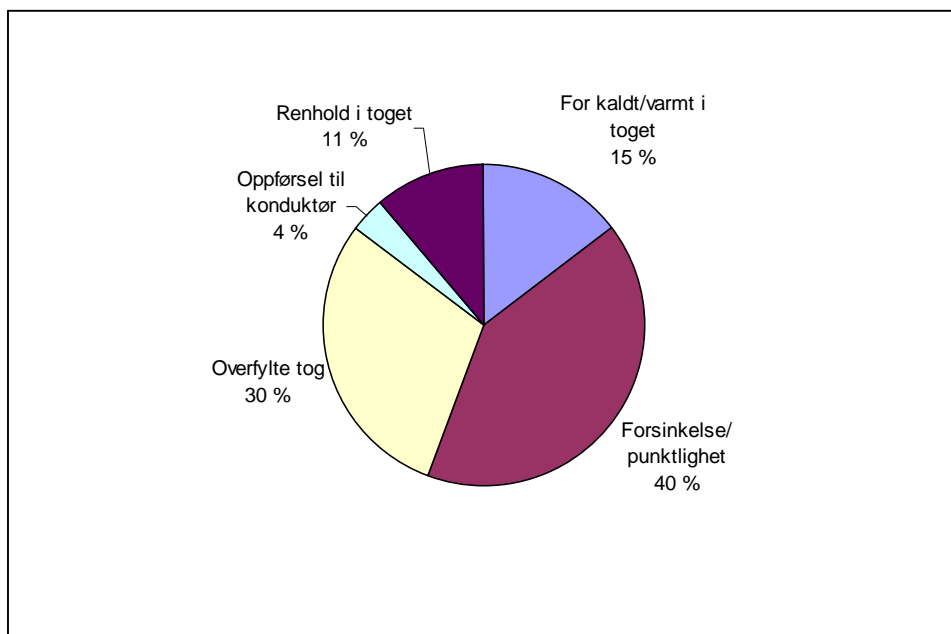
### Fordeling av avviksårsaker på stasjoner



**Figur 6 - Fordeling av avviksårsaker på stasjoner**

## 7 Grafer

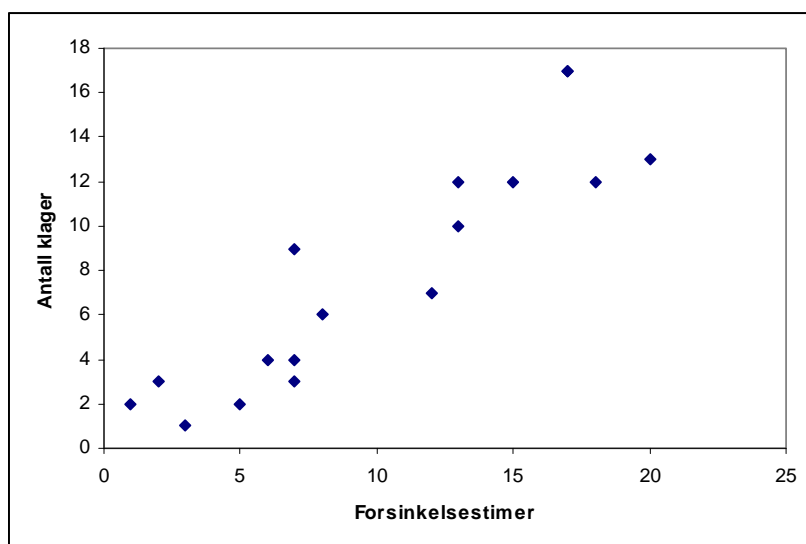
Grafer er et sett med ulike måter å presentere data visuelt og er ofte den beste måten å analysere, forstå og presentere data. Det finnes mange ulike typer grafer men de mest benyttede er kanskje linjegrafer og kakediagrammer. Nedenfor vises et eksempel på det siste benyttet på dataene i eksempelet over.



Figur 7 - Kakediagram over årsaker til passasjerklager

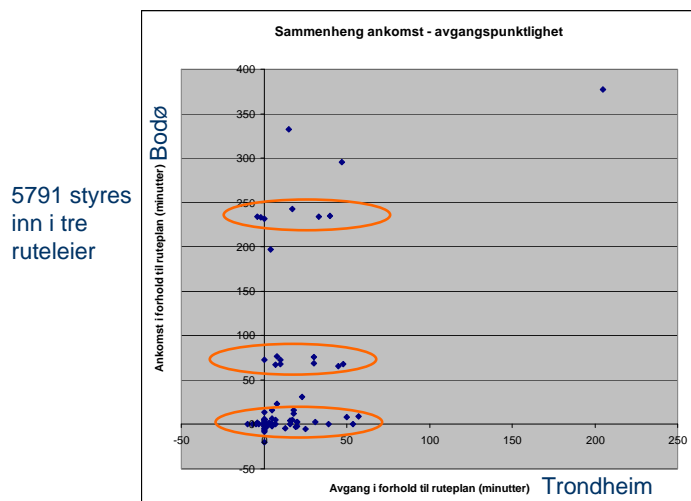
## 8 Spredningsdiagrammer

Et spredningsdiagram er en graf som består av punkt plott og blir brukt til å undersøke sammenhengen mellom to variable. Fordelingen av punktene indikerer om det er en sammenheng mellom de to variablene og hvor sterk sammenhengen eventuelt er. Figuren nedenfor viser et konstruert eksempel på et spredningsdiagram. I eksempelet er antall klager et togselskap mottok per uke for en periode plottet mot antall forsinkelsestimer for de samme ukene.

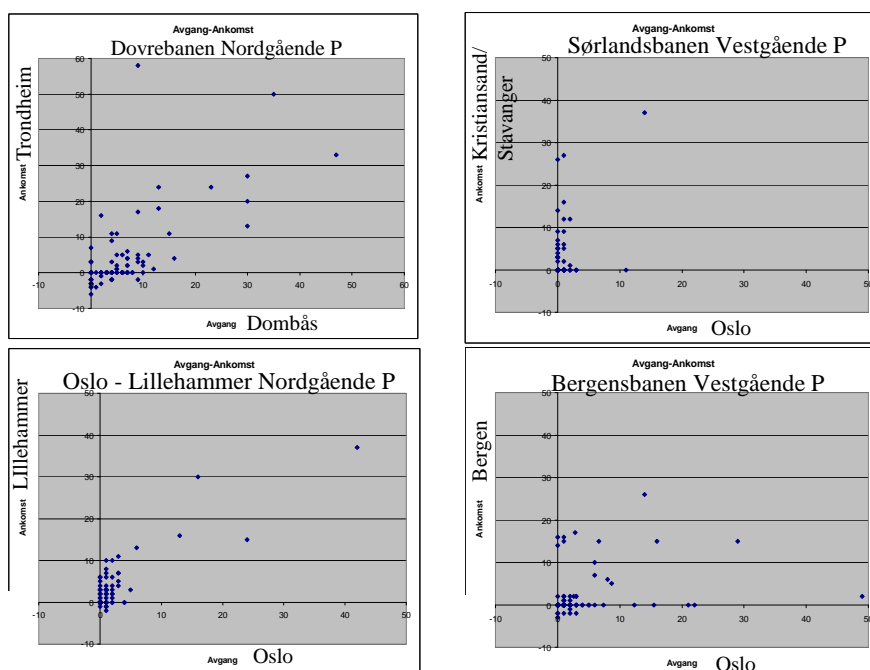


Figur 8 - Spredningsdiagram over antall klager mot forsinkelsestimer på en uke

Avgangs- og ankomstpunktighet 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 9 er et eksempel på denne type diagram.



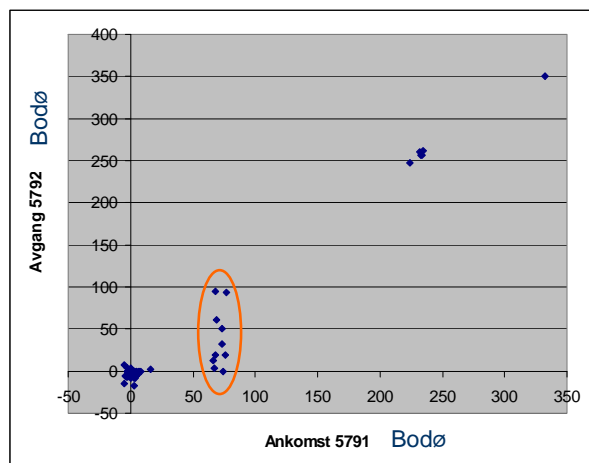
**Figur 9 - Ankomst- og avgangsforsinkelse for tog 5791 våren 2002. Avgang fra Trondheim, ankomst til Bodø.**



**Figur 10 – Sammenheng mellom avgangs- og ankomstpunktighet**

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.”



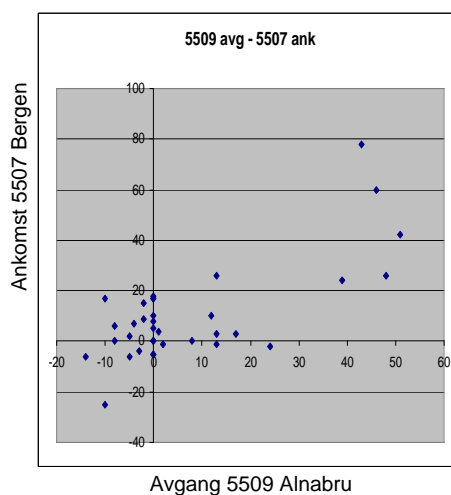
**Figur 11 - Sammenheng mellom ankomst til Bodø for 5791, og avgang fra Bodø for 5792. Våren 2002**

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 12 viser at ankomspunktligheten 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.

Sen avgang for 5509 gir stor sannsynlighet for sen ankomst for 5507

Når 5509 er mer enn 40 min forsinket fra Alnabru så er 5507 sen til Bergen med minst 25 min 4 ganger av 4



**Figur 12 - Avgangspunktligheten for 5509 påvirker ankomspunktligheten for 5507.**

## 9 Korrelasjonsanalyse

Korrelasjonsanalyse måler samvariasjonen mellom to variable. Korrelasjonsanalysen er en matematisk måte å studere de sammenhengene som man kan se i

spredningsdiagrammer. Dette gjøres ved at en beregner et tall (korrelasjonsfaktor eller koeffisient) ut ifra to datasett. Korrelasjonsfaktoren ligger i intervallet  $-1 \leq \rho_{XY} \leq 1$ . Dersom en har perfekt lineær avhengighet,  $Y = a + bX$ , er  $\rho_{XY} = 1$  dersom  $b > 0$  og  $\rho_{XY} = -1$  dersom  $b < 0$ .

I forhold til punktlighetsarbeidet kan korrelasjonsanalyse brukes til å estimere sammenhenger mellom punktlighet/ forsinkelser og faktorer som man mistenker å påvirke punktligheten/ forsinkelse. Eksempelvis kan det brukes til å finne sammenhengen mellom avgangsforsinkelser og ankomstforsinkelser.

Merk at observert samvariasjon mellom to variabler ikke nødvendigvis beviser et årsaksforhold. To variabler kan synes å samvariere uten at det er en direkte årsak-virkningsforhold. Eksempelvis kan begge være påvirket av en tredje variabel.

## 10 Matrisediagram

Matrisediagram er et verktøy for å visualisere hvor sterk sammenhengen er mellom variable eller faktorer. Ofte benyttes symboler for å vise hvor sterk sammenhengen er, eksempelvis:

Sammenheng	Symbol	Vekt
Svak	△	1
Medium	□	2
Sterk	●	3

**Tabell 2 - Symbolforklaring for matrisediagram**

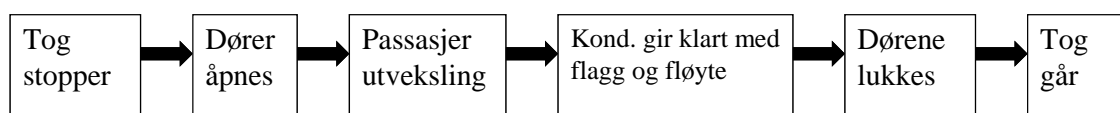
Tabell 3 viser et eksempel på et matrisediagram der sammenhengen mellom årsaker til kundeklager for et togselskap og ulike faktorer/ prosesser i selskapet:

Faktorer ved driften	Årsaker til kundeklager					SUM
	For kaldt/ varmt i tog	Forsinkelser	Overfylte tog	Oppførsel konduktør	Renhold i tog	
Vedlikehold materiell	●	●				6
Alder på materiell	□	□				4
Opplæring personalet		△		●	●	7
Materiell turnering		△	□		△	4
Ruteplan		●	●			6
<b>SUM</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	

**Tabell 3 - Matrisediagram over sammenhengen mellom årsaker til kundeklager for et togselskap og ulike faktorer/ prosesser i selskapet**

## 11 Flytdiagram

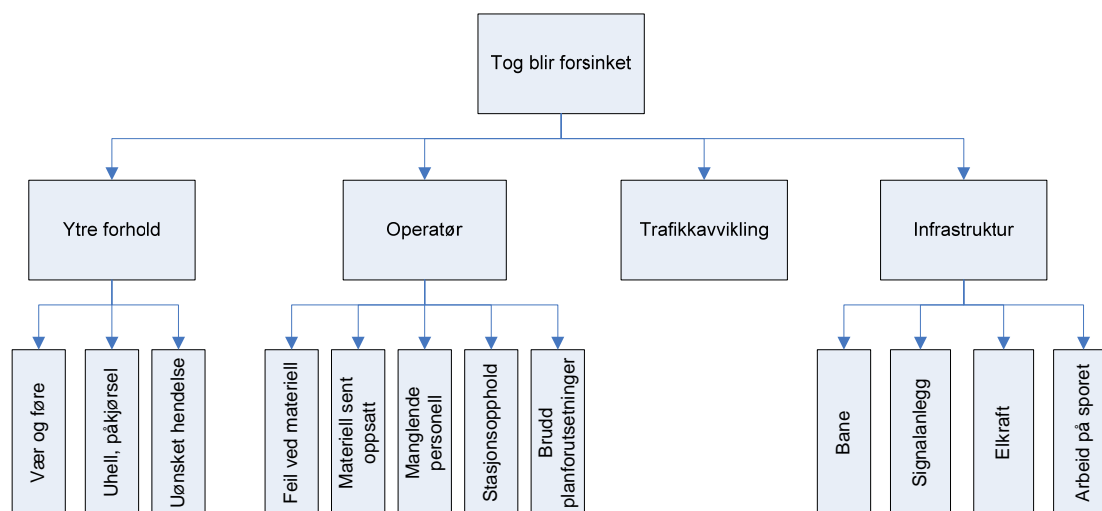
Flytdiagram er et verktøy for å vise sammenhengen mellom aktiviteter. De er mye brukt for å visualisere flyten av aktiviteter i en prosess, men kan også brukes til andre ting som å visualisere en prosjektplan eller visualiserer flyten av data i et datasystem. Når flytdiagram brukes i prosesskartlegging benyttes ofte ulike symboler (eks firkanter, trekkanter og pilerfiler) for å illustrere ulike ting som aktiviteter, beslutningspunkt, informasjonsflyt, materialflyt osv. Figuren nedenfor viser et enkelt konstruert eksempel på et flytdiagram som illustrerer prosedyren for et togselskap ved et stasjonsopphold.



Figur 13 - Flytdiagram over prosedyren for et togselskap ved et stasjonsopphold

## 12 Tredigram

Likt flytdiagram kan også tredigram kan også brukes til å vise sammenheng mellom aktiviteter. Andre bruksområder kan være å vise sammenhengen mellom årsaksforhold og organisasjonsenheter hvor feiltre og organisasjonskart er typiske eksempler. Figuren nedenfor viser et enkelt eksempel på feiltre som viser årsaker til at et tog blir forsinket.



Figur 14 - Feiltre over årsaker til at et tog blir forsinket

## 13 Rotårsaksanalyse

Dette verktøyet kalles også "hvorfor – hvorfor – diagram" og hensikten med det er å finne den virkelige rotårsaken til et problem. Svært ofte har synlige problemer man har et symptom på mer bakenforliggende årsaker. I rotårsaksanalyse tar en tak i disse synlige problemene og definerer disse. Deretter spør en hvorfor dette skjer. For de nye forklaringene som kommer opp spør en hvorfor dette skjer igjen, og slik fortsetter

man, helt til en har kommet ned til det som kan kalles rotårsaken til problemet. Dette kan sammenlignes med å skrelle en løk, der en tar av skall for skall, helt til en kommer til kjernen. Det er også mulig å benytte verktøyet til å finne rot-tiltak for å løse et problem. Dette gjøres ved å stille spørsmålet ”hvordan” i stedet for ”hvorfor”.

## 14 Brainstorming

Brainstorming, eller idémyldring, er et verktøy for å få opp idéer. Det er en kreativ teknikk der målet er å få opp så mange løsninger som mulig. Brainstorming har ubegrensede bruksområder. Det kan eksempelvis brukes til å få opp idéer om årsaksforhold, tiltak eller suksessfaktorer. Ofte benyttes det i gruppeprosesser der idéer til deltagerne blir synliggjort for de andre, eks ve at de blir skrevet opp på en tavle eller at de blir skrevet ned på lapper som henges opp. Det finnes mange ulike typer brainstorming. De viktigste forskjellene ligger i hvor styrt prosessen er (om det er ”fritt frem” for alle eller om man går runder rundt bordet og man får si én og én ting) og om det foregår skriftlig eller muntlig.

## 15 Tiltaksmatrise

Tiltaksmatrise er et verktøy for å kategorisere og tiltak og kan brukes til å støtte beslutninger knyttet til hvilke tiltak som bør prioriteres. Det finnes flere ulike måter å sette opp en tiltaksmatrise, men den enkleste måten består av fire ruter der man karakteriserer tiltakene ut i fra to dimensjoner: om tiltaket vil gi stor eller liten effekt og om tiltaket vil være enkelt eller vanskelig å gjennomføre. Figuren nedenfor viser en slik tiltaksmatrise.

	Enkelt å gjennomføre	Vanskelig å gjennomføre
Vil gi stor effekt	A	B
Vil gi mindre effekt	C	D

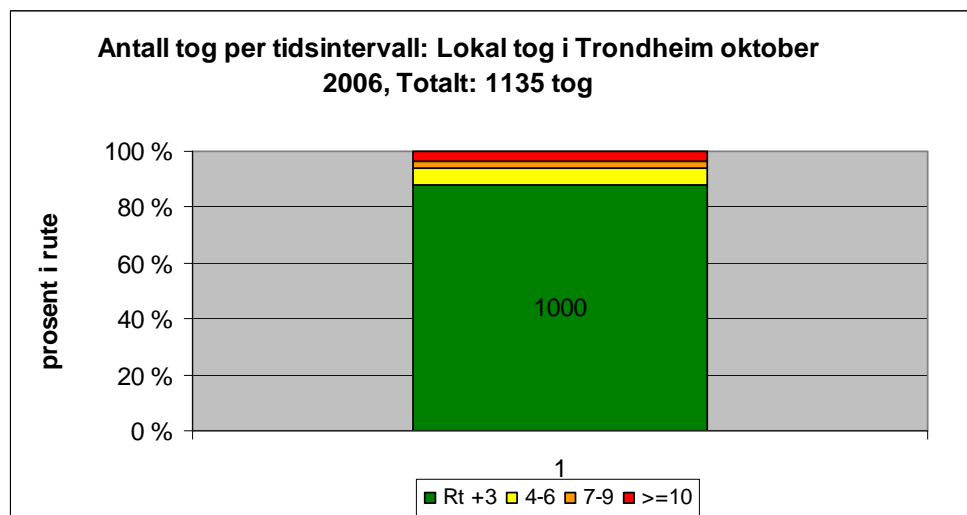
**Tabell 4 - Tiltaksmatrise**

Matrisen brukes på den måten at hvert tiltak blir vurdert separat ut i fra de to dimensjonene. Ut i fra denne vurderingen plasseres de enten i rute A, B, C eller D. Dersom det finnes flere tiltak, og hvor man er nødt til å foreta en prioritering mellom dem, er det naturlig å prioritere tiltakene som finnes i kategori A først, mens de som havner i kategori D blir prioriterte sist. Når det gjelder prioritering mellom kategoriene B og C, vil dette være måtte vurderes i hvert enkelt tilfelle.

## 16 Andre eksempler på bruk av analyser i jernbanesammenheng.

### *Antall tog per forsinkelsesintervall*

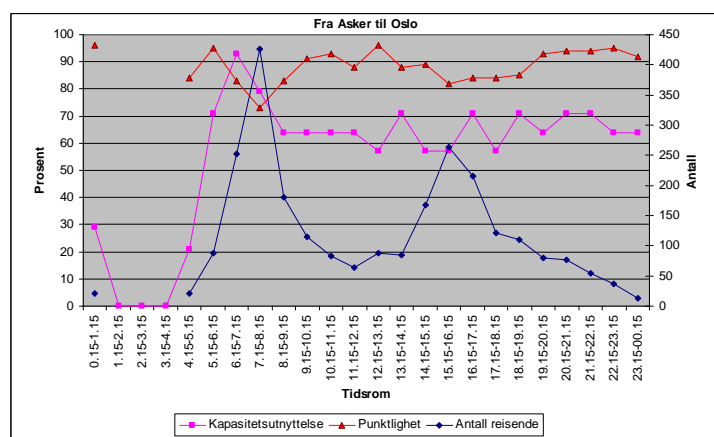
Ut i fra statistikkrapporten og detaljrapporten kan det genereres en grafisk fremstilling som viser antall tog per forsinkelsesintervall.



**Figur 15 - Antall tog per forsinkelsesintervall**

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

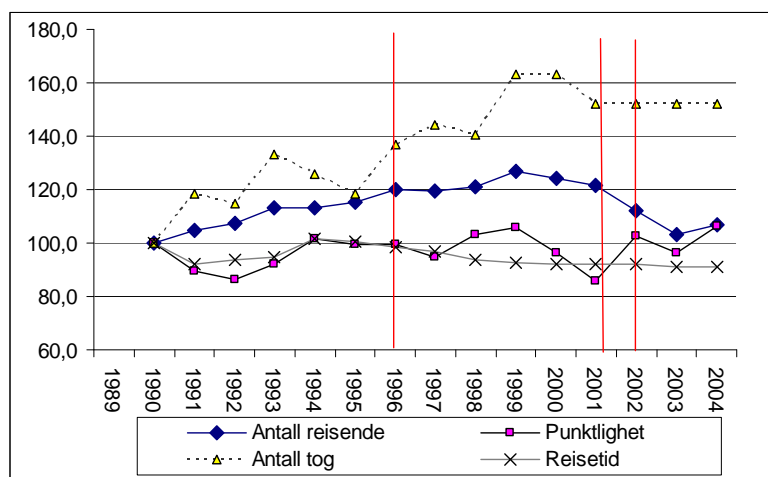
Punktlighet over døgnet kan relateres til belastningen på en strekning. Belastning måles som antall ankomster og avganger i løpet av hver klokkeperiode over døgnet. Figur 16 viser en analyse av punktlighet for lokaltog i forhold til antall reisende i lokaltogene og total kapasitetsutnyttelse mellom Asker og Oslo S.



**Figur 16 - Punktighet, kapasitetsutnyttelse og antall reisende over døgnet på strekningen Asker-Oslo S. Analysen er utført i 2002.**

### Historisk utvikling

Punktlighet kan ha sammenheng med antall tog som kjøres. Utviklingen i punktlighet 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 17 viser en lignende analyse for Vestfoldbanen over 19 år.



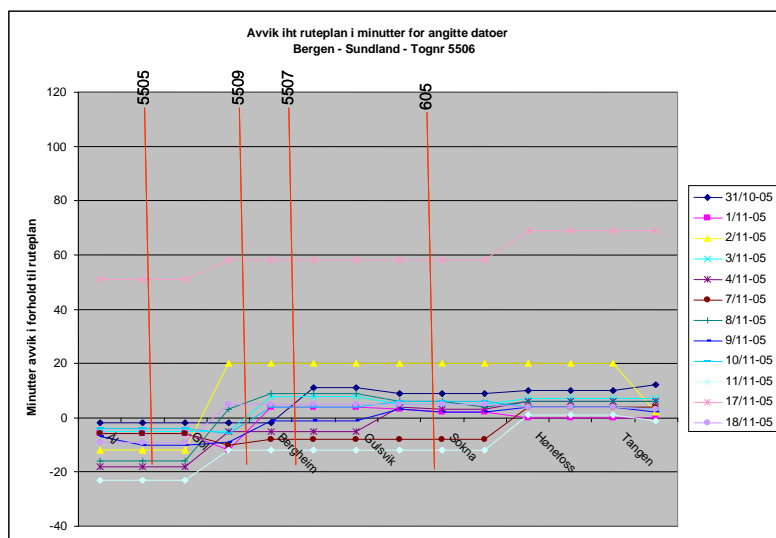
**Figur 17. Punktlighet, antall tog, reisetid og antall reisende på Vestfoldbanen i perioden 1990 til 2004. Antall tog omfatter alle tog, (inkludert godstog frem til 1999), øvrige tall er for persontog. Røde streker angir åpningen av nye parseller.**



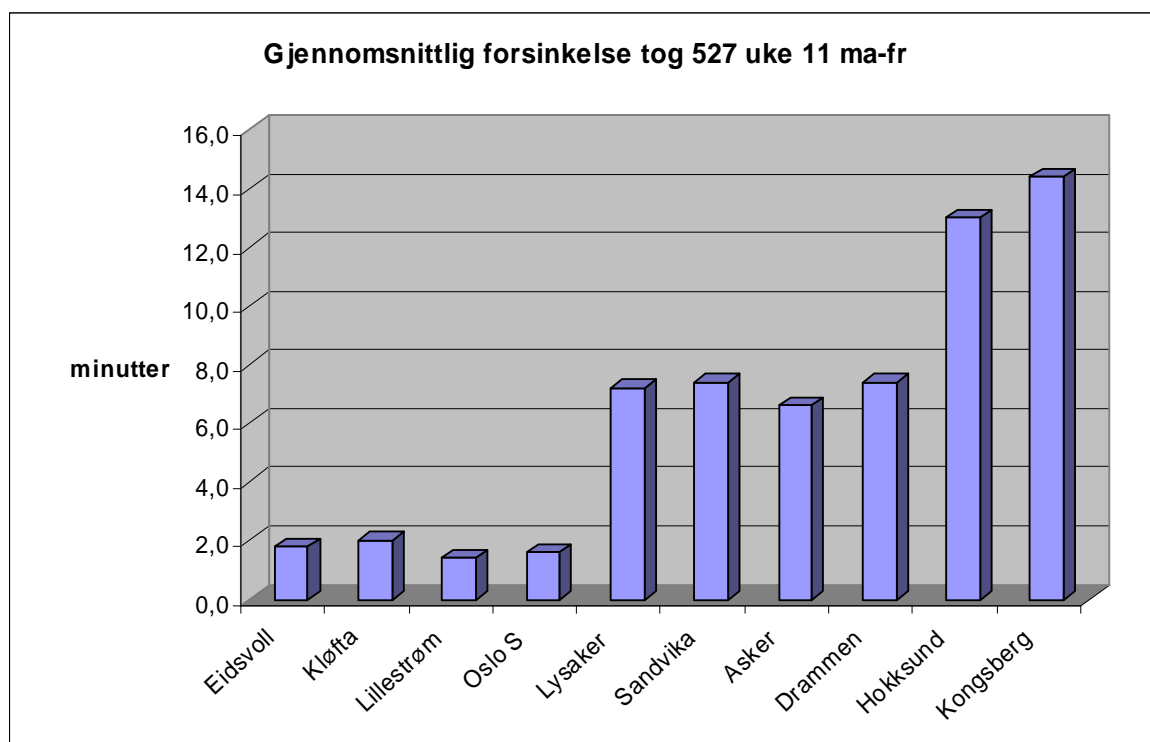
**Figur 18 - Punktighet for lokaltog på Drammensbanen 2003 - 2008**

### 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 strekning, og studere et tog over flere dager.



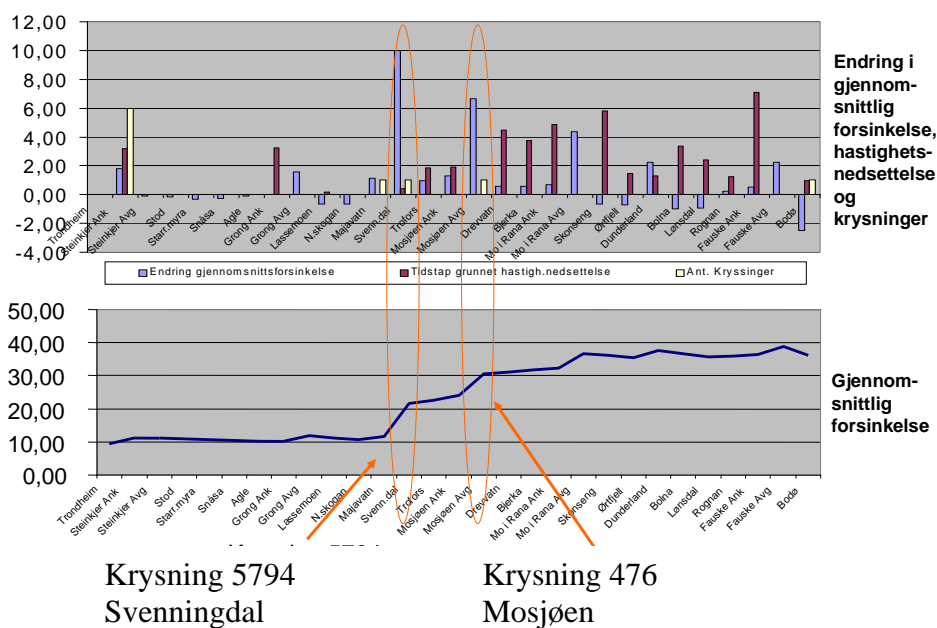
Figur 19 - Analyse av et tog, fra dag til dag



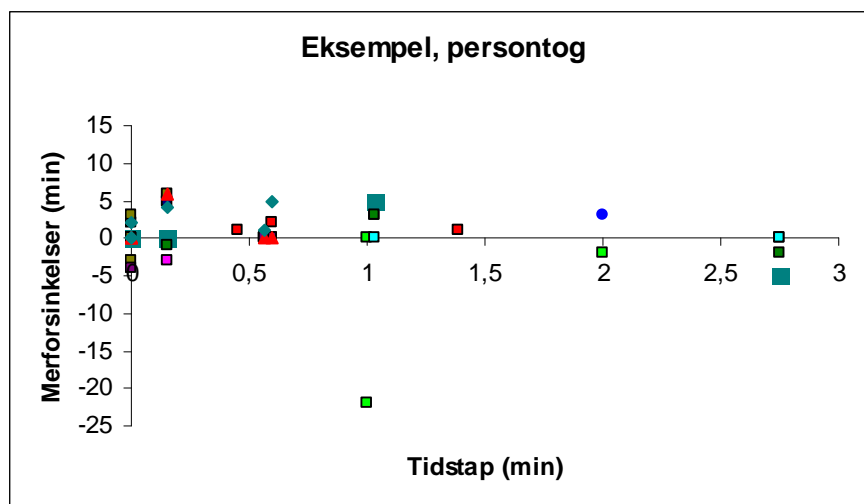
Figur 20 - Gjennomsnittlig forsinkelse tog 527 uke 11 man-fre

**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.

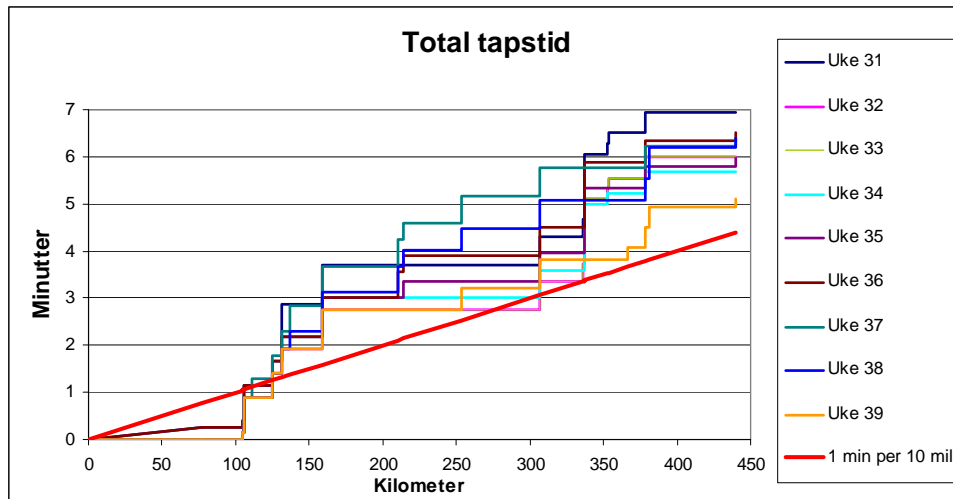


**Figur 21 - 5791 og hastighetsnedsettelse (uke 9-22): Kan se ut som om 5791 er mest påvirket av krysninger i Svenningdal og Mosjøen**



**Figur 22 - Tidstap Bergensbanen høsten 2005**

Figur 23 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 23 - Tidstap Bergensbanen høsten 2005

## 17 Referanser

Andersen, B (2006), *Business improvement toolbox, Second Edition*, ASQ Quality Press, Milwaukee, USA

Aune A. (2000), *Kvalitetsstyrte bedrifter*, Gyldendal Norsk Forlag, Oslo, Norge.