

NORGES HANDELSHØYSKOLE
Bergen, høsten 2007

**Utredning i fordypnings-/spesialfagsområdet: Institutt for foretaksøkonomi,
Business administration**
Veileder: Professor Kurt Jørnsten

SIMULERING AV OSLO SPORVEIERS KONTROLLSYSTEM

av
Dag Ellingsen

Denne utredningen er gjennomført som et ledd i siviløkonomutdanningen ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at høyskolen innestår for de metoder som er anvendt, de resultater som er fremkommet eller de konklusjoner som er trukket i arbeidet.

Sammendrag

Simulering av Oslo Sporveiers T-bane nettverk, Simulert i WebGPSS. Tar for seg sentrumstasjonene, og ser på effektivitet av kontrollører. Inneholder 2 simuleringer, en av eksisterende system og en av det nye systemet, som er under utarbeiding.

Innhold

Innledning.....	4
Dagens situasjon.....	6
Kontrollsystem.....	6
Eksisterende system.....	6
System under konstruksjon.....	7
Sniking.....	7
Problemstilling.....	10
Forutsetninger for gjennomføring.....	10
Kontroll.....	10
Snikere.....	12
Stasjoner.....	13
Passasjerer.....	14
Vognsettene (tog).....	16
Statistikk.....	18
Eksisterende system.....	18
System under oppføring.....	18
Felles for begge systemene.....	19
Verifikasjon og validering.....	23
Programfeil.....	26
Beskrivelse av simuleringen.....	27
Kontrollører på toget.....	29
Nytt system, automatisk billetthåndtering på stasjonene.....	32
Sammenligning av systemene.....	34
Resultater.....	35
Eksisterende system.....	35
Nytt system.....	40
Konklusjon.....	43
Gammelt system.....	43
Nytt system.....	44
Referanseliste.....	45
Appendix.....	46
Koden brukt for simulering av det eksisterende systemet.....	46
Koden brukt for simulering av det nye systemet.....	52

Forord

Oppgaven tar for seg kontrollsystemet ved T-banen til Oslo Sporveier. Oslo Sporveier driver for tiden med testing av nytt billettsystem, som også simuleres. Arbeidet er gjort i WebGPSS, et simuleringsspråk som er benyttet i undervisningen ved NHH.

Oppgaven tar utgangspunkt i en oppgave gjort i Bus 431, simulation of business processes. Simuleringen er kraftig utvidet, og pga allerede gjort arbeid var selve simuleringen basert på allerede utprøvde teknikker.

Resultatene som fremkommer er av den mer deskriptive sorten, da det ikke er mulighet til å integrere avanserte funksjoner for antall snikere og antall kontrollører. Dette gjør at forutsetningene ikke holder i de mest ekstreme tilfellene, når man opererer med 50 % kontrollerte passasjerer vil utvilsomt snikeraten gå fra 3 % til nærmere null.

Simuleringen har fokusert på de 4 linjene som bringer flest folk til og fra Oslo. Det eksisterer også en 5 linje, kalt ringen, som kun trafikerer sentrum, og som derfor ikke er så interessant fra et passasjerperspektiv. Denne linjen har kun 3 stasjoner som er unike til denne linjen, og er sløffet fra et effektivitetsperspektiv, da merarbeidet ved å integrere den ikke ville stått i forhold til informasjonen som den potensielt kunne bringe simuleringen.

Fokus på sentrumstasjonene er også gjort av et forenklingperspektiv, da alle de mindre stasjonene står for et mindretall av passasjerer, og fokus på stasjonene i sentrum sikrer at flest mulig personer oppfanges av kontrollapparatet. Når det nye systemet settes i drift vil kontroll på disse stasjonene forenkles mye ved at kontrollapparatet til en viss grad blir automatisert, om Sporveien velger å følge opp automatene med folk. Da systemet ikke er i drift enda er forutsetningene som har blitt tatt rundt dette systemet mine egne.

Innledning

AS Oslo Sporveier er et aksjeselskap, heleid av Oslo kommune. Selskapet administrerer kollektivtrafikken og forvalter offentlige tilskudd på vegne av kommunen. Sporveien eier Oslo T-banedrift AS, som drifter T-banen. Oslo T-banedrift AS har 517 medarbeidere, T-banen har 5 linjer med en samlet lengde på 103,9 km og omlag 63,5 millioner reisende hvert år.

Oslo T-banedrift har ansvar for T-banens økonomi. Kollektivtrafikken får deler av sitt budsjett dekket av stat / kommune, men for å gjøre T-banen mest mulig selvdrevet er det viktig at antall som ikke betaler for seg holdes på et minimum. Dette gjøres ved holdningskampanjer og kontroll. For å styrke kontrollapparatet er et nytt system for billetthåndtering allerede utplassert, men dette systemet er ikke satt i drift enda.

Oppgaven tar sikte på å belyse hva kontrollsystemet i dag betyr for kontrollkapasitet, og hvordan et tenkt nytt system kan virke. Det nye systemet er ikke implementert enda, og sporveien har ikke / vil ikke oppgi noen plan for hvordan kontroll skal foregå når endringene blir såpass drastiske.

Dersom kontrollapparatet tar en sniker i kontroll, vil dette generere en inntekt på 750 kr for T-banen. Det er derfor interessant å se på hvordan kontrollapparatet kan bli mest mulig synlig, så vel som å ta flest mulig personer for sniking. Enkelte av sentrumsstasjonene ligger så nært hverandre at å få kontrollert alle passasjerer i vognsettet mellom 2 stasjoner i rushtiden, vil være særdeles vanskelig, og uøkonomisk, med mindre antall kontrollører kunne varieres med beleggsprosenten ved T-banen.

Dagens situasjon:

AS Oslo Sporveier er et aksjeselskap, heleid av Oslo kommune. Selskapet administrerer kollektivtrafikken og forvalter offentlige tilskudd på vegne av kommunen. Oslo sporveier står for 85 % av kollektivtransporten i lokalområdet. I 2005 hadde Oslo sporveier 164,5 millioner reisende, 63,5 millioner av dem reiste med T-banen. Trafikkdriften utføres av separate operatørselskap. Tre av disse er datterselskap under AS Oslo Sporveier:

- Oslo T-banedrift AS
- Oslo Sporvognsdrift AS
- AS Sporveisbussene.

Oslo T-banedrift AS har ansvar for driften av T-banen. Oslo T-banedrift AS ble etablert som heleid datterselskap av AS Oslo Sporveier i juli 2003. Linjenettet består av 5 linjer og 103,9 km med linje. Med 63,5 millioner reiser hvert år, utgjør T-bane transport 38,6 % av alle kollektivreiser i Oslo. Det er derfor svært viktig for selskapet at alle brukere av T-banen betaler for seg slik at vedlikehold og drift kan sikres for et av Oslos raskeste og mest miljøvennlige transportmiddel.

Kontrollsystem:

For tiden har Oslo T-banedrift basert seg på kontroll for å se til at folk betaler for reisene sine. Siden det ikke er noen fysiske barrierer for å komme seg inn på T-banen, er man derfor avhengig av kontroll jevnlig for å få folk til å betale for seg. Kontrollørene utfører også en viktig synlighetsoppgave. Hvis folk aldri erfarer at det er kontroll, vil snikerandelen øke betraktelig blant folk som vurderer å la være å betale.

Eksisterende system:

For tiden handler T-banens kunder billett på stasjonen, og det er ingen fysiske sperringer som møter dem når de reiser. På T-banen foregår kontrollen på to hovedmåter. Enkeltkontrollører kan opptre i sivil, men plikter å legitimere seg, og foretar individuell kontroll på sporveiens område. Gruppekontroll foregår ved at team med kontrollører reiser rundt, og går gjennom vognen, for å se til at reisende har billett. Kontrollørene starter i begge ender av toget, og går gjennom det. Flere kontrollører går sammen fra hver ende, og møtes på

midten. Det er flere sammen for å unngå problemer med enkeltpersoner som ikke vil betale for seg. De går mot hverandre for å unngå at personer som skal kontrolleres flytter seg unna kontrollørene. Kontrollen foregår mellom stasjonene for å unngå at folk hopper av vognen før billetten er sjekket.

System under konstruksjon:

Det nye systemet som er under utvikling og tilpasning, er på trappene, og skal bli et system som knytter T-bane, trikk, tog og buss i Oslo sammen med felles billetter. Dette systemet vil medføre en endring på T-banens stasjoner, som vil gjøre at stasjonene ligner det man finner ved mange utenlandske T-baner, der det er fysiske sperrer for å komme inn på stasjonen. NSB, Stor- Oslo lokaltrafikk og Oslo Sporveier samarbeider om systemet. Det skulle vært utplisert i 2004, men pga. uenighet om betaling og fordeling mellom selskapene er det foreløpig utsatt til en avklaring foreligger. Systemet er for tiden under utprøving, og vil muligens bli satt i drift i 2007¹. Enkelte av stasjonene har fått utplassert billettautomater for det nye systemet. Men for tiden benyttes det gamle systemet for passasjerene. Det nye systemets overlegenhet ligger i fysiske sperringer ved inngangene til stasjonene som tvinger folk til å hoppe over sperringen eller bruke billett. Dette vil lette en kontrollsituasjon betraktelig, da sniking vil være svært synlig for kontrollapparatet. Siden stasjonene i sentrum høyst sannsynlig kommer til å ha en form for oppasser ved slusene som slipper passasjerene inn på stasjonen, er dette en faktor som vil stoppe snikere. Det vil derfor ikke være like aktuelt å ha mye stasjonskontroll her. Men siden det er mange stasjoner av forskjellig størrelse på rutenettet, vil det være stasjoner hvor billettautomatene ikke har noen oppasser.

Sniking

Oslo T-banedrift ønsker at alle kunder betaler for seg. AS Oslo Sporveier har de siste 10 årene intensivert sine kontroller på buss, trikk og T-banevogner. Med en målsetting om å kraftig redusere antallet snikere på kollektivnettet i Oslo, har kontroll som virkemiddel vært effektiv. Man har tatt 6,1 % av passasjerene i snitt for sniking før kl 1900² i 2004. Dette er en nedgang fra 7 % fra året før. Når det årlige tapet ved redusert salg på grunn av sniking utgjør 70-100mill³, så vil en slik nedgang i antall snikere bety rundt 12 millioner i økt billettsalg⁴. Det er

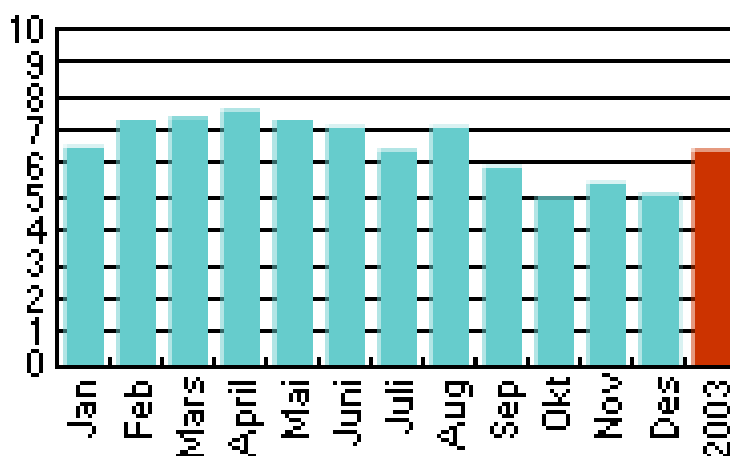
¹ Systemet skulle vært i drift i 2006, men er p.t (20.12.2006) ikke i drift.

² Snik-statistikk fra AS Oslo Sporveier på www.sporveien.no

³ AS Oslo Sporveier sitt eget estimat, Årsberetning 2004

rimelig å anta at snikeprosenten ved Oslos t-banenett er større enn for andre kollektivtilbud, for eksempel buss. Dette skyldes at bussjåføren kan sjekke passasjerenes billetter hvis han bare slipper dem inn gjennom forreste dør. Ved T-banenettet er det ingen slike kontrollposter etter at bemanningen ved billettluke ved mange stasjoner ble nedlagt for 10-15 år siden. Dette vil endres ved oppsetting av billettautomater som alle må gjennom, men dette kommer tidligst til å skje i 2007. Som man ser av diagrammet under, varierer snikeraten i løpet av året, men vil også avhenge av slike ting som kampanjer, antall kontrollører etc.

Snikandel pr. måned 2003 i prosent



1.2 Månedlig snikerate for hele kollektivtrafikken, 2003⁴

I dag må snikere betale 750 kr hvis de blir tatt for manglende billett. Om man benytter falsk billett, må man ut med 1500 kr, og man blir anmeldt til politiet for bruk av falsk dokument, med strafferamme på 3000-5000 i forenklet forelegg. Snikere tatt på fersk gjerning får muligheten til å gjøre opp for seg på stedet, eller de får en innbetalingsblankett som kan betales senere. Oslo Sporveier oppgir at det er som oftest unnagjort på et par minutter. Av og til kan snikere nekte å betale gebyr og å gi opplysning om sin identitet. Kontrollører har fått utvidet fullmakt til å holde tilbake enhver sniker som prøver å stikke fra gebyret sitt. Fullmakten til å holde tilbake en sniker gjelder inntil identiteten er brakt på det rene slik at gebyr kan utskrives. Det er all grunn til å tro at dette kan lede til fysisk utøvelse og i verste fall at politiet må tilkalles. Enhver situasjon hvor snikeren ikke frivillig vil oppgi sin identitet vil kunne forsinke kontrollgruppen i sitt arbeid.

⁴ $((70\text{mill}+100\text{mill})/2)/7\% = 12,29 \text{ mill for } 1\% \text{ nedgang.}$

Kostnaden knyttet til kontrollører varierer avhengig av kontrollørens yrkesprofil (erfaring, alder, utdanning) og om vedkommende er leid inn eller ansatt av selskapet. Antall kontrollører ansatt av Oslo sporveier er hemmelig, og kontrollørene brukes til både trikk, buss og T-bane kontroll. Antallet ligger dog mellom 65 og 130.

Problemstilling:

Oppgaven har som hensikt å belyse forskjeller mellom det nye og gamle systemet, med fokus på snikerproblematikken på T-banen. For tiden har Oslo T-banedrift basert seg på selvbetjening. Det er ingen fysiske barrierer på å komme seg inn på T-banen, og ingen som stopper deg fra å snike. Oslo T-banedrift er derfor avhengig av jevnlig kontroll, for å tilse at folk ikke går inn på toget uten å betale for seg. Den preventive virkningen av kontroll spiller med andre ord en svært viktig rolle.

Problemer jeg ønsker å belyse med min simulering:

- Antall passasjerer som blir tatt i løpet av en dag.
- Antall tog som blir kontrollert på en dag gitt utvalgte forutsetninger.
- Antall personer som blir kontrollert.
- Inntekter og kostnadene forbundet med kontroll.

Fra et bedriftsøkonomisk synspunkt er det interessant å se på hvor mange kontrollører som skal til for å maksimere antall snikere oppfanget i kontroll, og når marginalproduktiviteten til nye kontrollører nærmer seg null, altså hvor mange kontrollører som kan legges til før kostnaden ved en ny kontrollør oppveier det antall snikere kontrolløren klarer å fange opp i løpet av dagen. En kontroll som ikke tar noen snikere kan fortsatt være verdifull for selskapet, på grunn av ikke målbare verdier som synlighet blant passasjerer og preventive virkninger av denne synligheten.

Forutsetninger for gjennomføring

Kontroll

Dagens kontroll kan foretas i t-banevognene eller ved stasjonsutgangene. For å analysere forskjellene mellom nytt og gammelt system, vil jeg simulere både det gamle og nye systemet, for å ta hensyn til hvordan det nye systemet endrer kontrollmulighetene, og hva som praktisk er best. I oppgaven forutsettes det at dagens antall kontrollører for et team er på 20, men dette vil være en variabel slik at man kan kjøre en sensitivitetsanalyse. Siden kontrollørene tar sikte på å kontrollere flest mulig passasjerer på minst mulig tid, er også et

høyt antall kontrollører å foretrekke. Lengden på kontrollen vil da være kort for enkeltpassasjerer, og heftelsen minimal.

Kontrollørene er ansatt enten av AS Oslo Sporveier eller av AS Bedriftskontroll. Etter krav fra samferdselsdepartementet⁵ i 2003, skal alle kontrollører ha hatt kontrollopplæring. Dette kravet, og ønsket om å konkurranseutsette flest mulig tjenester i AS Oslo Sporveier, har ført til at det blir færre Sporveisansatte og flere eksterne vektere som foretar billettkontroll. Jeg forutsetter at kontrollørene som brukes enten er innleid av vekterselskapet, eller ansatt i selskapet. I tilfellet kontrollørene som benyttes er fra Oslo sporveier er det rimelig å anta internpris tilsvarende det man må betale for en innleid vakt. Timeprisen vil være en variabel i min analyse da timeprisen blir forhandlet frem med vekterselskapet.

Antall kontrollører i dag er rundt 15 pr kontrollteam. Dette er et minimum for å ha en storstilt kontroll på stasjoner. Hvis Oslo T-banedrift ønsker det, så kan de utvide til 20 og 25 kontrollører. Dette effektiviserer kontrollen slik at det blir passasjerer å kontrollere på hver kontrollør og passasjerflyten øker.. Kontrolltiden vil gå ned om antall kontrollører går opp. Dette vil senke stressnivået blant kontrollørene, stress blant kontrollører kan gi flere sykemeldinger og dermed økte sykekostnader. Dette aspektet er ikke tatt med i simuleringen, da det er en vanskelig faktor å kvantifisere. Forutsetter i min simulering at flere kontrollører kun gir økte oppdragskostnader.

Snikere tatt på fersk gjerning får muligheten til å gjøre opp for seg på stedet, eller de får en innbetalingsblankett som kan betales senere. Enhver situasjon hvor snikeren ikke frivillig vil oppgi sin identitet vil kunne forsinke kontrollgruppen i sitt arbeid. Det er dog vanskelig å anslå hvor mange som nekter å betale / oppgi identitet. I simuleringen forutsettes det at slike tilfeller faller inn i perioden som kontroll-laget likevel er på stasjonen.

⁵ SD-Ot.prp. nr74 (2001-2002)

Eksisterende system:

I det eksisterende systemet vil kontroll settes opp på togsettene, mellom stasjonene. Dette krever at kontrollørene har unnagjort kontrollen mellom stasjonene, da passasjerene på toget ikke kan vente til kontrollen er ferdig, når togsettet står på stasjonen. Dette innebærer at snikere som ikke har blitt kontrollert kan slippe unna.

System under konstruksjon:

Når kontrollørene reiser til en stasjon for å sette opp en kontroll, vil det ta en viss tid å komme frem til kontrollen. Når alle kontrollørene er på plass, vil laget synkronisere sperringen av alle utganger, og så sette i gang med kontrollen. Alle som er på stasjonen når kontrollen foregår forutsettes kontrollert.

I forbindelse med det nye systemet vil kontrollørene gå over fra å være eksternt ansatte til å være ansatte hos Sporveien, da ansvarsområdet går fra å passe på passasjerene, til å yte dem service. Kontrollbehovet vil senkes, og de ansatte på stasjonene vil få ansvar for å gi passasjerene opplysninger og veiledning. Pga det automatiske systemet for kontroll, vil behovet for manuelle kontrollører senkes drastisk. Arbeidet vil også bli mindre personintensivt, da det ikke er vanskelig å holde øye med en sluse som slipper passasjerer gjennom, og samtidig yte passasjerene annen service.

Snikere

I følge Oslo Sporveier så er det ulike typer mennesker som sniker. Årsakene er veldig forskjellig. Noen synes at det koster for mye å reise kollektivt, og ønsker derfor ikke å betale for billetten. Mens enkelte glemmer å stemple billetten sin, eller forstår ikke betalingssystemet. Her er det verdt å merke seg at passasjerer med månedskort /ukekort med bilde kan fremvise sin billett på stasjonen for å få tilbake snikergebyret, ved fremvisning av sitt reisebevis, om det ble gjennglemmt og man ble tatt i kontroll. Dette vil ikke regnes inn i snikere, da de ikke genererer samme inntekt. Gebyret som kreves for denne tjenesten (kr 50) anses å dekke inn kostnadene. Mange førstereisende er heller ikke klar over at de må betale billett i det de går inn på stasjonen, men antar at det blir stemplet av konduktøren på toget. Det antas at hvem som sniker er tilfeldig. Det er f.eks. like sannsynlig at en person med lavere sosial status sniker som en med høyere. Det vil derfor være rimelig å anta at snikeraten er like

høy i rushtiden når alle arbeiderne skal til jobb som midt på dagen når det er en overvekt av ”arbeidsledige” som går rundt i byen. På en annen side, så er det trolig lettere å snike når det er mange folk på t-banenettet enn ellers, fordi kontrollagene har begrenset mulighet for å sjekke alle og da gjerne unngår kontroller av mange folk samtidig. Dette vil svekke min uniformfordelingsantakelse. For enkelthets skyld antar man uniform fordeling, snikere er like sannsynlig i en hvilken som helst kontroll. Snikeraten er deterministisk i simuleringen fordi dette er en variabel som Oslo T-banedrift ikke kan direkte styre, men her vil jeg la den variere [2 %, 5 %] mhp sensitivitetsanalyse.

Stasjoner

Kontrollagene går i skytteltrafikk mellom sentrumsstasjonene. Definisjonen på sentrumsstasjon er en stasjon hvor alle de fem t-banelinjene kjører gjennom. Stasjonene som defineres som sentrumsstasjoner blir: Majorstua, Nationalteateret, Stortinget, Jernbanetorget (Oslo S), Grønland og Tøyen. F.eks. kan et kontrollag ved Majorstua kontrollere alle passasjerer fra østgående og vestgående tog ved felles stasjonsutgang. Deretter kan de gå på et tog til Tøyen. Kontrollørene kan kontrollere passasjerene på toget, og de gjør ofte det. På Tøyen kan en ny kontroll skje av avstigende passasjerer fra vestgående og østgående tog.



Kart over rutenettet, 5 linjer og 96 stasjonene.

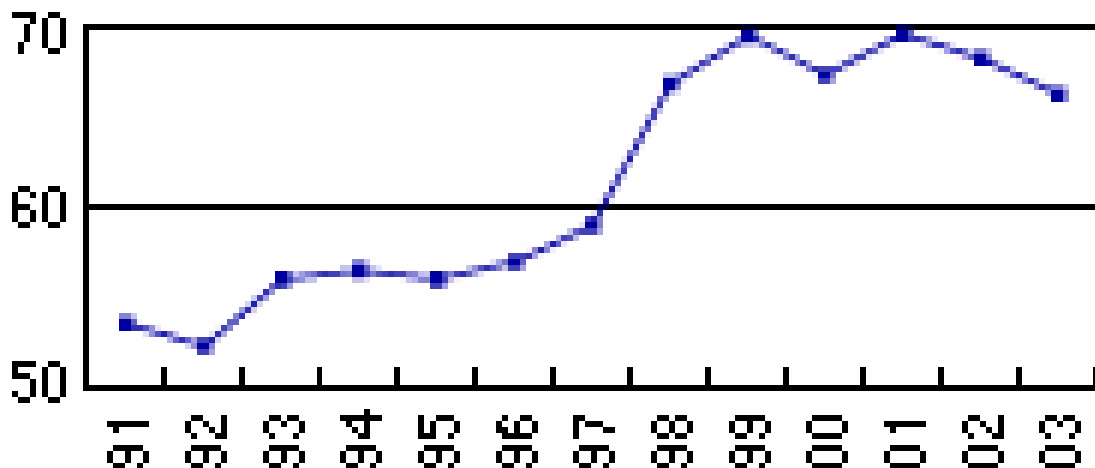
Jeg vil skille mellom to typer sentrumstasjoner: Sentrum1 og Sentrum2. Sentrum1 er stasjoner som genererer flere passasjerer enn de andre sentrumsstasjonene, fordi de befinner seg i

kjernen av Oslo sentrum med konsentrasjon av kommersiell virksomhet og annet kollektivt tilbud, for eksempel NSB videre fra Oslo S. Dette gjelder Stortinget og Jernbanetorget. Sentrum2-stasjonene er Majorstua, Nationalteateret, Grønland og Tøyen. De to ulike kategorier av sentrumsstasjoner vil generere to ulike passasjertall i løpet av en dag, og dette blitt tatt hensyn til i simuleringen. Fordeling av passasjertall på de ulike stasjonene mhp tidsintervall vil bli presentert senere.

Passasjerer

Oslo vokser stadig og dette setter krav til at t-banen kan ta økt passasjervolum, men det gir også økte totale inntekter. Oslo T-banedrift AS legger til grunn en underliggende vekst

Trafikkutvikling T-banen (i millioner reisende):

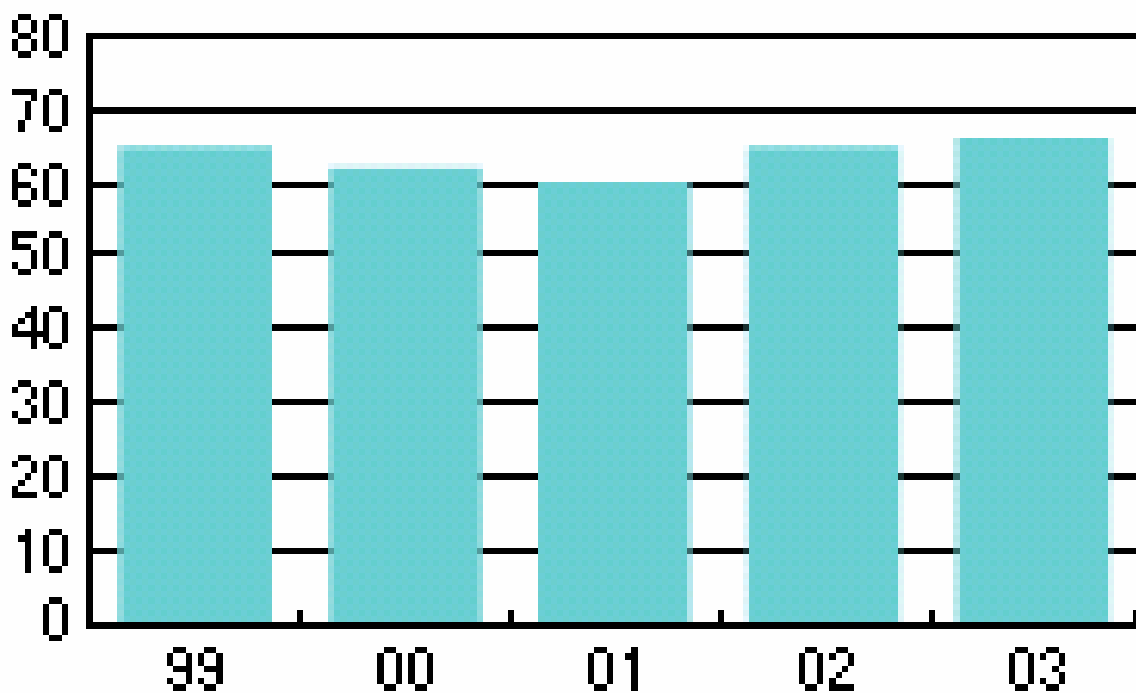


i antall passasjerer på 2 % årlig. Med antall passasjerer menes antall reiser. Hvis en og samme person reiser to ganger med t-bane på en dag, så regnes det som to passasjerer. I tillegg vil T-baneringen om Storo (se T-banekart forrige side) generere anslagsvis 10 millioner nye reisende og nye vogner vil gi rom for ytterligere vekst. I 2008 mener selskapet at antallet passasjerer vil vokse fra 66 millioner(2003) til 85 millioner⁶. Det er verdt å merke seg at passasjertallet har stagnert og sunket noe (se diagram over). Det kan være flere årsaker til dette, deriblant driftsstopp på enkelte stasjoner pga utbygging. Mye av nedgangen i

⁶ Strategiplan 2003 for Oslo T-banedrift AS

passasjerer på T-banen kan forklares med at ruter ble trafikkert med buss. Dette skjedde pga utbygninger som nå er over. Estimer fra sporveiene tilsier at 4 millioner reisende har reist med buss i stedet for bane pga utbygging. Kundetilfredsheten har i følge undersøkelser utført av Oslo sporveier vært stabil de siste årene, og er sannsynligvis ikke en årsak til passasjersvikt. Denne grafen tar ikke hensyn til nyere hendelser, da Oslo T-banedrift har hatt problemer med bemanning, og enkelte vognsett derfor ikke har gått.

Antall fornøyde kunder ved T-banen i %:



Avslutningsvis er det viktig å påpeke at det ikke blir tatt hensyn til at det er flere passasjerer som tar T-banen til sentrum om morgenen enn fra sentrum. Dette skyldes at mange av T-banens kunder skal på jobb eller skole i sentrum. Problemet blir allikevel balansert da vi får den skjeve, men motsatte strømmen ut av sentrum på ettermiddagstid når folk er ferdig med jobben.

Antall passasjerer som stiger av toget på en stasjon er lik 15 % av togets passasjerer til den gitte stasjonen. Dette er et ca tall for at det er seks stasjoner som skal ta alle togets passasjerer ($100 \% / 6 \text{ stasjoner} \approx 16,67 \%$). Dette tallet er nedjustert til 15 % da noen av passasjerene tar toget forbi alle sentrumsstasjonene. Merk at det ikke er tatt hensyn til at det er flere passasjerer som går av på sentrum1-stasjoner enn sentrum2. Videre forutsettes det at antall

passasjerer som går på toget fra en stasjon er $\frac{1}{4}$ av de totale passasjerene på et gitt tidspunkt. Dette fremkommer ved at passasjerer kan ta en av de fire linjene som går gjennom stasjonene som behandles. Linjene som er valgt er valgt av hensyn til lengde. Linje 5 er ikke tatt med da den kun trafikkerer en kort distanse, og derfor ikke fanger opp så mange passasjerer. Det er ikke tatt hensyn til at det er større sannsynlighet at passasjerer som skal ta for eksempel linje 1, kommer på det tidspunktet som er annonsert i ruten, enn andre tidspunkt. (Det er rimelig å anta at passasjerene går til stasjonen tilpasset rutetiden, men dette blir det ikke tatt hensyn til i simuleringen)

Vognsettene (tog)

Tog blir generert etter rutetabellen som er utgitt av Oslo Sporveier. Det går tog hvert 3 til 4 minutt. For enkelthets skyld genereres et tog hvert 3,5 minutt med en uniformfordeling mellom 3 og 4 minutter.

Oslo Sporveier nevner i sin årsberetning for 2003 at deres T-bane var ca 80 % punktlig. Dette blir kun brukt i simuleringen når togene skal genereres. Det er ikke lagt opp til store forsinkelser for togene når de er i sentrum. Når toget kommer forsinket (mer enn et minutt) til en av sentrumsstasjonene, så er det en uniform sannsynlighet mellom 1 og 9 minutter. Problemet med at tog kommer for tidlig er minimal på t-banenettet siden ingen tog får lov til å kjøre før rutetiden. Hvis de er tidlig ute, så må de vente på klarsignal for å kjøre videre.

Togene stopper på hver stasjon i 30 sekunder. Her er det ikke lagt til noen usikkerhet da jeg ikke har noen intuisjon eller teori for hvordan den kan se ut. Oslo Sporveier har for en del åren siden innført en retningslinje om at tog ikke skal vente mer enn 30 sekunder uten en god grunn. Dette er tatt til etterretning.

Jeg har fra tidstabellen fra Oslo Sporveier fått oversikt over hvor lang tid t-banen bruker på å reise mellom hver stasjon. Dette har vi brukt i modellen og den er som følgende:

<i>Majorstua – Nationalteateret</i>	<i>3 minutter</i>
<i>Nationalteateret – Stortinget</i>	<i>1 minutt</i>
<i>Stortinget – Jernbanetorget</i>	<i>1 minutt</i>
<i>Jernbanetorget – Grønland</i>	<i>1 minutt</i>
<i>Grønland – Tøyen</i>	<i>2 minutter</i>

Da simuleringen skal brukes til testing av antall passasjerer i kontroll og kontrolleffektivitet, er faktorer som forsinkelser på enkelte av linjene ikke så viktige. En linje som ikke går betyr at kontrollørene kan bytte til et annet kontrollmønster, og unngå de rutene som ikke går / der det benyttes buss for å frakte passasjerene.

Statistikk

I forutsetningene ligger det en del statistiske betraktninger til grunn. Denne seksjonen tar for seg de statistiske utfordringen som jeg møtte i oppgaven, og hvordan jeg valgte å løse dem.

Eksisterende system

Kontrolltid

For det eksisterende systemet vil kontrolltiden avhenge av antall passasjerer. Siden kontrollørene befinner seg i en kontrollsituasjon mellom stasjonene, vil antall kontrollerte avhenge av reisetiden. En god kontrollør klarer å kontrollere 3 personer i minuttet, dette tar såpass lang tid da kontrolløren bruker ekstra tid på forfalskede billetter. Det tar 15-20 sekunder per passasjer kontrollert. Dette innebærer at et kontrollteam på 10 vil klare over 90 passasjerer på 3 minutter.

Reise og oppsett av kontroll på kontrollstasjon

Siden kontrollgruppen allerede er på vei til neste stasjon når de utfører kontrollen, vil tiden kontrollteamet bruker mellom hver gang de har kontroll bestå av forberedelse til neste kontroll og å vente på stasjonene til neste tog kommer. Ventetiden avhenger av rutetiden og forsinkelser. Siden togene genereres med jevne mellomrom, vil ventetiden til et nytt tog kommer inn på stasjonen avhenge av genereringen av togene.

System under oppføring

Kontrolltid

For det nye systemet vil kontrolltiden være stokastisk fordelt med en normalfordeling. Kontrolltiden er forventet å være på 35 minutter med 2,5 minutter som standard avvik (altså rundt 95 % av tilfellene tar kontrollen mellom 30 og 40 min). Denne tiden går med til å sette opp sperringer, kontrollere folk som er på stasjonen og kontrollere passasjerer som kommer til stasjonen i perioden kontrollen pågår (Med tog eller gående til stasjonen).

Reise og oppsett av kontroll på kontrollstasjon

Denne oppgaven (ankomme stasjonen og sette opp kontroll) har en normalfordeling rundt 20 minutter som forventning og 5 minutter som standard avvik (dvs et konfidensintervall på rundt [10,30] ved 95 %). Dette medfører at det blir foretatt ca 1 kontroll per time. Kontrollteamet bruker mellom 10 og 30 minutter på å flytte seg fra en stasjon til neste hvor de skal ha kontroll, (reisetid, forberedelser etc). Videre bruker de mellom 30 og 40 minutter på selve kontrollen. Antar at kontrolltid og oppsett /reisetid ikke korrelerer, da de ikke har noen sammenfallende underliggende faktorer. Kontrolltiden avhenger av antall passasjerer, oppsettstiden avhenger av synkroniseringen av kontrollaget, og forsinkelser i forbindelse med fremkomst til neste kontrollstasjon.

Felles for begge systemene

Forsinkelse av T-banen.

Forsinkelser av T-banen skjer, og har flere underliggende årsaker. Det er dager da T-banen står, pga ulykker / reparasjoner. Den mest vanlige årsaken til forsinkelse er dog tekniske problemer / mangel på materiell. Jeg har valgt å se bort fra forsinkelser som oppstår innenfor det systemet av stasjoner jeg simulerer. Det blir dog tatt hensyn til at tog kan komme forsinket til første stasjon i hver av linjene som er simulert. Forsinkelser spiller ingen stor rolle i forhold til snikerproblematikken, og derfor er det ikke bygd opp noen statistikkmodell på dette området. Det har hendt at T-banen har stått stille i store deler av dagen pga. brann og lignende uhell, men Oslo Sporveier har ingen måter å forutsette dette på, og jeg antar det ikke er noe fast mønster bak. Det gjør forsinkelser til en vanskelig faktor å simulere, og selv om forsinkelser medfører færre reisende og færre passasjerer kontrollert, har jeg vanskelig for å se noen sammenheng mellom snikere og forsinkelser. På grunn av vanskeligheten ved å simulere forsinkelser, og den begrensede verdi det tilfører simuleringen, vil ikke forsinkelser bli tatt med i noen utvidet grad i simuleringen. Det kan også være at kontrollørene kan brukes til andre formål om kontroll er uaktuelt og vognsettene står, men siden det ikke er noen fullgode måter å hensyn ta forsinkelser, og intuisjon tilsier at forsinkelser ikke vil påvirke kontrollen nevneverdig, har jeg valgt å kun ta hensyn til inngående forsinkelser.

Passasjerfordeling.

I simuleringen brukes Oslo T-banedrifts estimat på 200.000 passasjerer per dag til og fra sentrum som grunnlag for passasjertallet. Forutsetter man at det er like mange som reiser med t-bane østover som vestover, så vil man ha 100.000 passasjerer hver vei. For et T-banenett som er åpent fra kl 06.00 til kl 24.00, så vil en få ca.5550 passasjerer per time i snitt den ene veien. Det vil si at på en snitt time, så vil 1110 (-/+) passasjerer ta toget fra Oslo S og østover med hver av de 5 rutene. Tilsvarende tall vil gjelde for togene som går vestover.

Siden Oslo T-banedrift AS er tilbakeholden med passasjerfordelingen i løpet av en dag, forutsettes to ulike passasjerfordelinger i tidsrommet for hhv. Sentrum1 og Sentrum2-stasjoner. Fordelingen er som følger:

Passasjerfordelingen pr time:

<i>Tidspunkt</i>	<i>Sentrum1 (passasjerer)</i>	<i>Sentrum2 (passasjerer)</i>	<i>Vektet snitt per sentrumsstasjon</i>	<i>Passasjerer til sentrum(en vei)</i>
0800-0900	1800	1560	1640 ⁷	1920
0900-1000	1320	1080	1160	1680
1000-1100	840	480	600	1500
1100-1200	600	360	440	1140
1200-1300	600	360	440	1140
1300-1400	720	480	560	1140
1400-1500	840	480	600	1680
1500-1600	1320	1080	1160	1920
Snitt pr time	1005	735	825⁸	1372,5

Multipliserer man snitt per time for alle sentrumsstasjonene på 825 passasjerer med 6 sentrumsstasjoner, gir min fordeling et forventet passasjertall per time for sentrum på 4950 passasjerer den ene retningen. I tillegg kommer det passasjerer fra utenfor sentrum som er på ca 1372. Totalt gir det et passasjertall i timen østover eller vestover på **6322**. Dette er et tall

⁷ Vi har 2stk sentrum1-stasjoner, 4stk sentrum2, totalt 6: $(2 * 1800 + 4 * 1560)/6 = 1640$ passasjerer

⁸ $(1640+1160+...+1160)/8$ timer = 825 passasjerer

som ikke er langt unna estimatet fra Oslo T-banedrift AS på 5550 passasjerer som tar toget ene veien. Siden den nyåpnede T-baneringen er forventet å medbringe en passasjerøkning, så beholdes fordelingen. Merk at denne fordelingen forutsetter at det ikke er like mange som tar banen på kvelden som på dagen. Simuleringen produserer ca.77.000 passasjerer i tidsrommet kl 08-16. Dette virker rimelig da det ofte er jobb som er årsaken til at man tar banen.

Passasjergenerering per stasjon utover dagen:

Tidspunkt (i minutter)	Sentrum 1 (en vei) ⁹	Sentrum 2 (en vei)	Til sentrum (begge veier)
0-60	30 pass. per min	26 pass. per min	32 pass. per min
60-120	22 pass. per min	18 pass. per min	28 pass. per min
120-180	14 pass. per min	8 pass. per min	25 pass. per min
180-210	10 pass. per min	6 pass. per min	19 pass. per min
210-270	10 pass. per min	6 pass. per min	19 pass. per min
270-330	12 pass. per min	8 pass. per min	19 pass. per min
330-390	14 pass. per min	8 pass. per min	28 pass. per min
390-451	22 pass. per min	18 pass. per min	32 pass. per min
451-600	22 pass. per min	18 pass. per min	32 pass. per min

Denne tabellen fremkommer ved å dele tallene i forrige tabell på 60. Den brukes i simuleringen for passasjergenerering, slik at passasjertilstrømningen til stasjonene er riktig.

Merk at det her antas at alle kontrollører går til lunsjpause mellom kl 1130 og kl 1200. Derfor er det kuttet tidsintervallet for passasjerfordeling i [180, 240] minutt til [180, 210]. Dette skal ikke skape noen problemer i simuleringen min.

Jeg forutsetter med andre ord uniformfordeling av passasjerpåstigning. Siden passasjerer per time er en diskret variabel, og vi velger å bruke passasjerene kontinuerlig, vil dette ikke bryte med forutsetningene.

Forutsetningene oppsummert:

- Snikerate er en endogent gitt variabel som varierer mellom 2 og 5 prosent (utgangspunkt for simuleringen er 3 %)

⁹ Antall passasjerer på *Sentrum1*, dividert på 60 minutter. Samme gjelder kolonne *Sentrum2*, og *til sentrum*

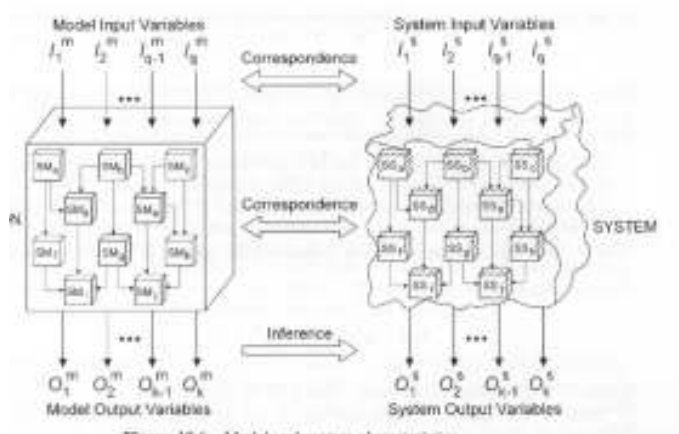
- Homogen snikerate over tid.
- Snikegebyr er en variabel som er endogent gitt, men som T-banen kan styre (nå:750kr).
- Kontroll skjer bare på felles stasjonsutganger for østgående og vestgående tog i det nye systemet, inne på toget mellom stasjonene i det eksisterende systemet.
- Ingen ny kontroll hvis det ikke er tid til det mhp arbeidstid.
- Ingen overtid eller helgearbeid blant kontrollørene.
- Kontrollørene jobber mellom kl 08 og kl 16.
- Tog genereres i henhold til rutetabellen. Reisetid er også i henhold til rutetabell.
- Ser bort fra forsinkelser mellom sentrumsstasjoner. Forsinkelse bare inn til sentrum.
- Forutsetter en passasjerfordeling for ulike stasjoner og ulike tider gitt en årlig passasjertall på over 65 millioner reiser.
- Forutsetter at 15 % av passasjerene går av toget ved en stasjon, og 25 % av stasjonens ventende passasjerer går på toget.

Verifikasjon og validering¹⁰

For at simuleringen skal produsere gyldige resultater, er det nødvendig at modellen er verifisert og validert. Med verifikasjon menes det at transformasjon av problemformulering til simulasjonsmodell er hensiktsmessig og ønskelig, med en tilstrekkelig grad av nøyaktighet. Et eksempel er forenklingen av antall passasjerer per time per dag for ulike stasjoner. Denne skal gjøre simuleringen lettere og uten tap av essensiell nøyaktighet. Validering sikrer oss at selve simuleringsmodellen produserer resultater som er konsistente. Det vil si å bygge den rette simuleringsmodellen. For dette formålet må en rekke simuleringsprinsipper tilfredstilles:

1. Resultatet av simuleringen kan ikke sees på som en binær avhengig variabel.

Det vil si at resultatet produsert av simulering ikke kan brukes til å avgjøre bestemt om det er lønnsomt å ha kontrollører eller ikke. Dette fordi modellen er bare et tilnærmet bilde av det virkelige systemet. Man kan aldri forvente å få en perfekt representasjon. Hvis man ser figuren under, ser man at simuleringen består av et systematisk (*correspondence*) element pluss et støyelement (*inference*). Det hindrer simuleringen i å oppnå eksakte verdier for det virkelige systemet. Figuren har det simulerte systemet på venstre side, og det virkelige system på høyre. Dersom det er korrespondanse mellom input, modellen, så er det fortsatt ingen garanti at resultatet som kommer ut stemmer overens med det virkelige systemet.



Det er altså viktig å ikke komme med bastante konklusjoner.

¹⁰ Denne delen er hentet fra: Jerry Banks *Handbook of Simulation, Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*, kapittel 10, 1998, John Wiley & Sons Inc

2. Simuleringsmodellen må være fri for holdningsskjevhet (bias) fra designer.

For at man skal kunne bygge en troverdig modell må modellbyggeren ha et nøytralt forhold til problemstillingen. Jeg har ikke blitt tatt i kontroll, og har ingen negative erfaringer med kontroll. Rapporten er heller ikke utarbeidet for noen organisasjon som har influert / påvirket resultatet. Uavhengigheten i arbeidet bør derfor være tilstrekkelig ivaretatt.

3. Simuleringsmodellen gir gyldige resultater innenfor gitte betingelser.

Det vil si at modellen med stor sannsynlighet vil kunne produsere gale resultater når inngangsvariablene forlater gyldighetsområdet. For eksempel vil et snikegebyr på 19,- kunne endre betraktelig på andel snikere fordi da er snikegebyret lavere enn billettprisen (20,-), og det vil da lønne seg å snike uansett. Gyldighetsområde må altså defineres basert på fakta eller intuisjon. Forutsetningene for simuleringen er gjort i statistikkdelen, med tilhørende diskusjon. Eksempler på fornuftig definerte variable er snikrate mellom 2 og 5 %, antall kontrollører er mellom 10 og 25 etc.

4. Dobbelvalideringsproblem må bli avdekket og løst.

Hvis inndata og utdata fra simuleringen sjekkes opp mot det virkelige system, så vil valideringsmodellen valideres. Dette defineres som dobbelvalidering. Dermed kan simuleringen kvalitetssikres ved å undersøke hvordan resultatene passer mot virkelige data. En slik kontrollmulighet eksisterer i inntektene fra sniking, snikegebyret er satt, og Oslo sporveier oppgir at snikegebyr utgjør i snitt 1 % av totalinntekten. Siden disse tallene eksisterer i årsrapporten, er dette en mulig måte å validere resultatet av simuleringen. Oslo Sporveier oppgir ikke tallene for snikere / kontroller etc. direkte til allmennheten, så helt nøyaktige valideringsmetoder eksisterer dessverre ikke. Oslo sporveiers tall er også bare estimater på antall snikere, da snikende reisende som ikke betaler for seg ikke havner i noen statistikk, med mindre de blir tatt.

5. Modellvaliditet er ingen garanti for et troverdig og akseptabelt simuleringsresultat.

Modellvaliditet innebærer at det som modelleres, modelleres riktig. Det er en nødvendig, men ikke tilstrekkelig betingelse for å produsere tilfredsstillende resultater. Hvis det virkelige systemet ikke stemmer med det definert systemet, så vil modellen

fortsatt være valid, men simuleringsresultatene vil ikke være riktige. Resultatene som kommer ut av simuleringen vil være riktige gitt forutsetningene, men ikke riktig gitt systemet vi bygger opp simuleringen rundt. Om vi definerer det nåværende systemet til å benytte kontroll på stasjonene, og kontrollen i virkeligheten skjer i togene, så vil modellen være valid, men produsere gale resultater.

6. Type I, II og III-feil må unngås.

Type I feil oppstår når man forkaster et simuleringsresultat når det i virkeligheten er tilstrekkelig korrekt. Type II feil oppstår når vi aksepterer et simuleringsresultat som er feil. Type III feil oppstår når det formulerte problem ikke fullstendig tar hensyn til det virkelige problem. Spesielt type II og III kan gi alvorlige konsekvenser hvis beslutninger baserer seg på simuleringsresultater med disse feilene, mens type I vil gi ekstra modellkostnader pga mer ressursforbruk for å lage flere modeller. Nedenfor er en oversikt over hvordan slike feil kan begås ved simulering¹²:

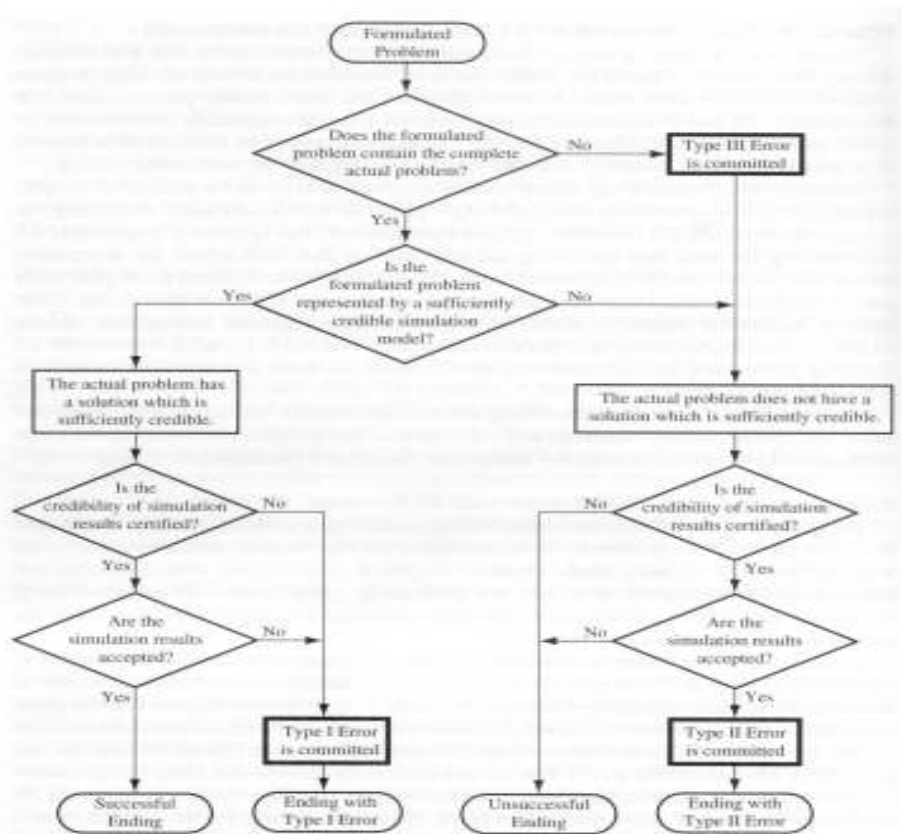


Figure 10.5 Type I, II, and III errors in a simulation study.

Antakelsene gjort kan gi type III feil. Tidligere er det nevnt at definisjonen kontroll kan gi gale resultater pga man utelater en viktig variabel som passasjerkontroll i vognene (se pkt 5). I formuleringen av *Dagens System* er det nevnt flere utelatte

variabler. Disse kan være med på å øke konsekvensen av type III feil. Det er allikevel begrenset hvor mye man kan modellere. Et eksempel er snikeraten som blir brukt som en konstant over hele året, mens det kommer frem i diagram 1.2 at snikeraten varierte stort fra måned til måned (med nesten 2 %!). Dette kan medføre gale simuleringsresultater som vi godtar.

Programfeil

Jeg prøvde å lage en simuleringsmodell etter kartleggingen av systemet. Dette ble gjort i WebGPSS etter beste evne. Jeg kan allikevel ikke garantere for feil av type II som vil produsere uriktige simuleringsresultater. Disse feilene kan være:

- **Kodefeil.** Dette kan for eksempel være at jeg skriver sannsynligheten 0,5 i stedet for 0,0005 i en IF-Block. Disse feilene lar seg ikke oppdage av software, og må derfor sjekkes manuelt.
- **Logikkfeil.** Dette kan være at jeg bruker en blokk feil, et eksempel er en IF-Block med høyere sannsynlighet enn 100 %. Veldig ofte kan softwaret avdekke slike feil ved at man ikke får kjørt programmet. Man får da en beskjed på skjermen hvor feilen har oppstått.
- **Programfeil.** Dette er feil som eksisterer i software, som kan gjøre simuleringen vanskelig å få til. Udokumenterte programfeil kan medføre kodefeil og / eller logikkfeil, da koden som benyttes skal fungere som intendert, men programmet behandler den feil. Det er dessverre lite man kan gjøre når slik skjer. Når jeg støtte på slike feil, fant jeg det enklest å skrive om deler av programmet, slik at det jeg ønsket gjort ble gjort på min måte. Et eksempel var at jeg ikke kunne ha LETSA blokk før LET-blokker. (Dette hadde sannsynligvis sammenheng med det underliggende programspråket WebGPSS var skrevet i). Kort fortalt betyr det atvariabler måtte defineres før de kunne endres på.

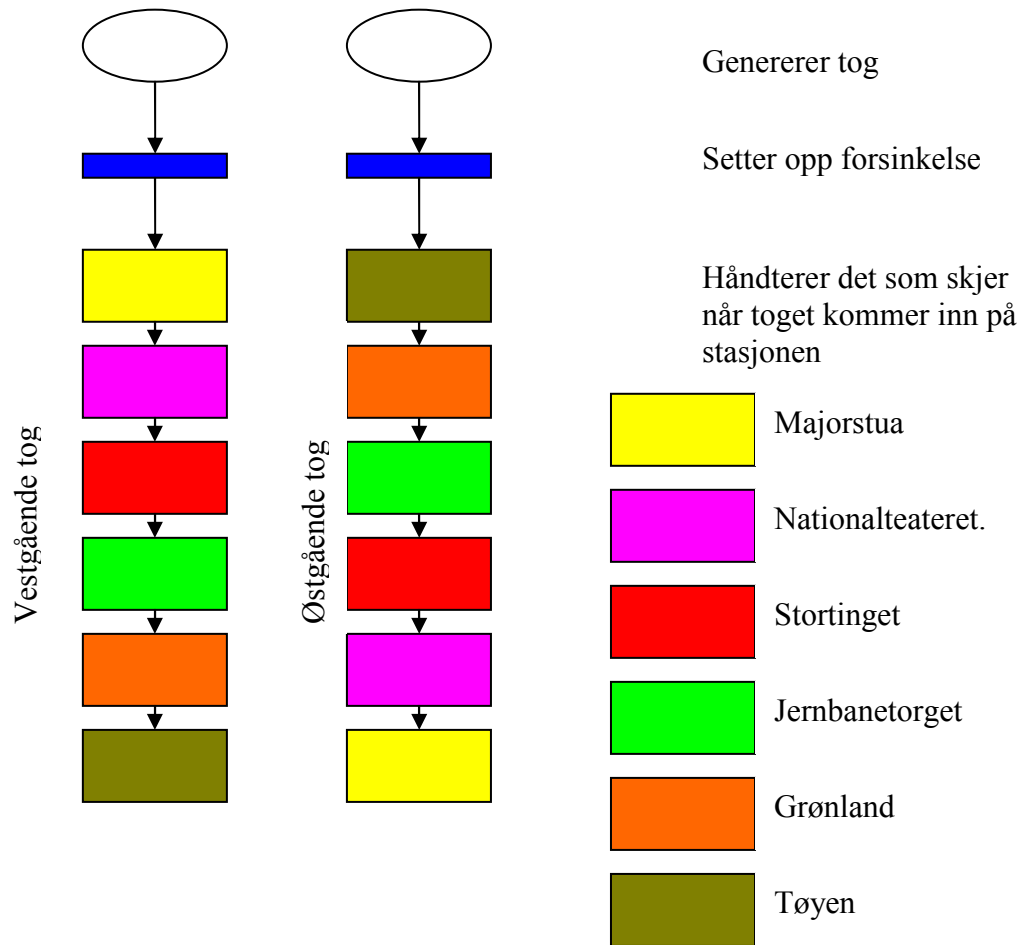
Beskrivelse av simuleringen:

I hovedsak er simuleringen bygget opp rundt hovedrutene som trafikkerer T-banen. Gjennom sentrum går det 2 spor, ett for hver retning, østgående og vestgående tog. Disse 2 har hver sin simuleringslinje. Hver stasjon har satt opp et system som sørger for tilstrømning av passasjerer til stasjonen. Det ble satt opp simulering av kontrollteamene som reiser rundt mellom stasjonene, denne simuleringen håndterer antall kontrollerte, antall snikere og arbeidstid brukt.

Begge simuleringene inneholder simulering av togene som reiser mellom stasjonene. Formålet med denne simuleringen er å ha orden internt i systemet på hvor mange som befinner seg på hver stasjon, og hvor mange som overføres til togene når de kommer inn på stasjonen.

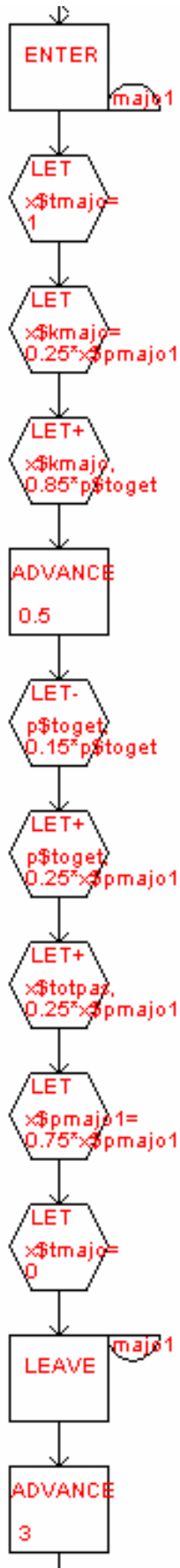
Oppsettet av de to hovedlinjene gjennom sentrum:

Toggenerering.



Kontrollører på toget

På høyre side av siden ser man kontrollblokken i bruk ved Majorstuen stasjon



Bildet illustrerer hva som skjer med toget på Majorstuen stasjon.

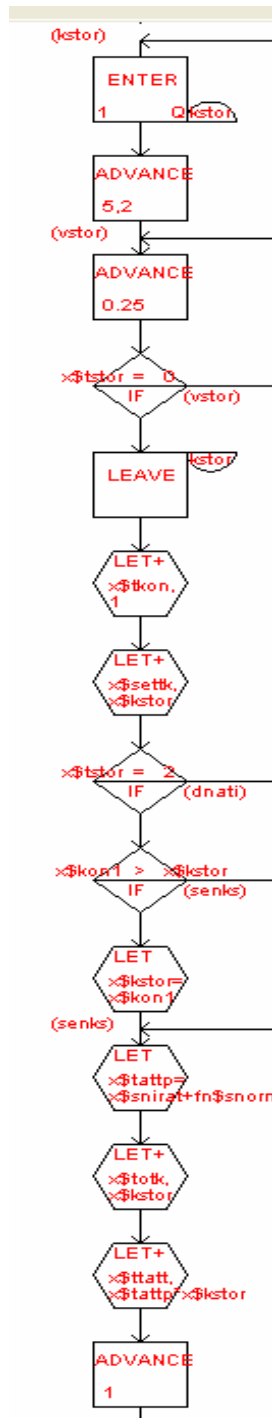
Dette er en av mange identiske stasjonsblokker. Det benyttes to for hver stasjon, en for hver linjeretning. I simuleringen av kontroll på toget, er simuleringen bygd opp rundt banene jeg simulerer, med et spor i hver retning. Inn i disse linjene sendes tog ettersom ruten beskriver. Dette er relativt enkelt gjort, da T-banen går med faste mellomrom hver time. Når vognsettet skal genereres blir forsinkelsen satt opp i henhold til beskrivelsen i statistikkdelen. Det er 80 % sannsynlig at vognsettet er i rute i henhold til Oslo Sporveier. Antall passasjerer på vognsettet når det kommer inn på første stasjon settes etter tidspunkt på dagen, og toget entrer systemet.

Når toget kommer inn på stasjonen skjer følgende:

- Det signaliseres at stasjonssporet er opptatt, og at tog som kommer inn på samme spor må vente til toget har forlatt stasjonen.
- Det signaliseres til kontrollblokken at det er et tog på stasjonen.
- Antall passasjerer som kommer til å være med toget når det forlater stasjonen, signaliseres til kontrollblokken i tilfelle kontrollørene tar toget og kontrollerer. 25 % av stasjonens passasjerer, og 85 % av passasjerene som kommer med toget vil være med toget da det forlater stasjonen.
- Togsettet stopper på stasjonen, dette tar et halvt minutt.
- Antall passasjerer på stasjonen og på toget justeres i henhold til avstigning og påstigningsrater.
- Det signaliseres til kontrollblokken at det ikke lenger er et tog på stasjonen.
- Leave blokken forteller tog som venter på å bruke stasjonssporet at det er klart.

- Tiden toget bruker til neste stasjon blir tatt hensyn til.

Signaliseringen av passasjertall skjer på to steder, men skjer til to forskjellige kilder. Den første signaliseringen skjer til kontrollblokken, den andre brukes for å holde orden på passasjerene på toget som er innom stasjonen. Som nevnt i forutsetningene går 15 % av passasjerene i toget av på stasjonen, og 25 % av passasjerene som befinner seg på perrongen går på toget.



Dette bildet tar for seg kontrollblokken for stasjonen på Stortinget. Alle stasjonene har hver sin kontrollblokk. Her håndteres ventetiden et kontrollteam har før det kommer et tog å kontrollere, og i hvilken retning kontrollørene skal dra, bestemt av det innkomne togsettets retning. Kontrollteamet velger en stasjon å begynne dagen på, og går så på første tog som kommer inn på stasjonen, og blir med toget til neste stasjon. Mens de er i vognsettet og toget beveger seg til neste stasjon, prøver de å kontrollere så mange som mulig. Så går de av toget, og venter på stasjonen til neste tog kommer.

Når kontrollteamet er i aktivitet på en stasjon skjer følgende:

- Det signaliseres i den første blokken at et kontrollteam er på stasjonen og venter på et tog. Når et kontrollteam er på stasjonen må nyankomne kontrollteam vente på at det blir deres tur.
- Kontrollteamet bruker et sted mellom 3 og 7 minutter på å gjøre seg klar til ny kontroll.
- Kontrollteamet venter på at et tog kommer inn på stasjonen (signaliseres ved at signalvariabelen til stasjonen endrer seg vekk fra null)
- Det signaliseres at det ikke lenger er noe kontrollteam på stasjonen, da kontrollørene går på toget som ankom stasjonen.

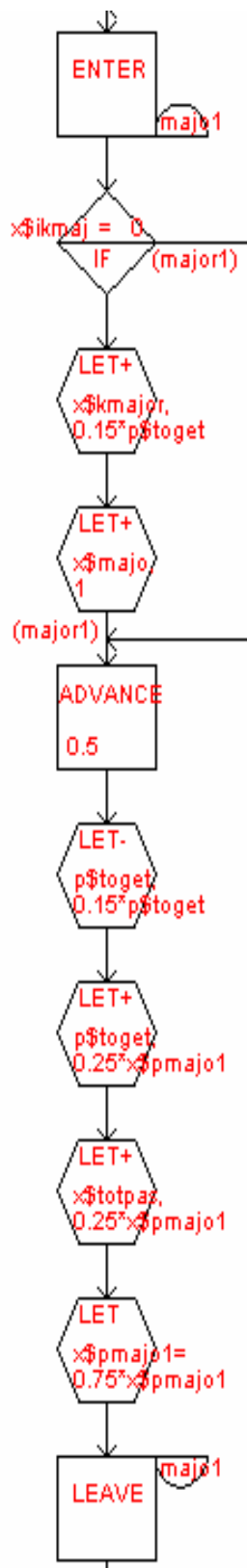
Kontrollberegninger:

- Antall tog kontrollert øker med en, og antall som har sett kontroll øker med passasjertallet på toget. (Antall passasjerer kontrollert regnes ut siden).
- Det bestemmes i hvilken retning toget og kontrollørene er på vei, avhengig av hvor toget kom fra. (Signalvariabelen som settes i begynnelsen av stasjonsblokken sørger for dette). Dette bestemmer så hvilken underblokk kontrollørene skal inn på. Er signalvariabelen 1 skal togsettet i østgående retning, er den 2 skal togsettet i vestgående retning
- Antall passasjerer settes mindre eller lik kapasiteten til kontrollørene, gitt strekningen. Er reisetiden satt til 3 minutter vil kontrollørene klare å kontrollere flere enn om det kun tar 1 min mellom stasjonene. Er det færre passasjerer på togsettet enn kontrollørene klarer å kontrollere, blir det lavere tallet stående som antall kontrollerte passasjerer.
- Til slutt økes antall kontrollerte passasjerer til strekningen, og antall passasjerer som ble tatt i kontroll blir også registrert, for statistikkformål.

Kontrollørene i dette systemet reiser mellom stasjonene alt ettersom hvilke tog som kommer inn på stasjonen. De vil dog begrense seg til stasjonene som er med i systemet, altså de mest sentrale stasjonene.

Se vedlegg for fullstendig kode for systemet, og fullstendig oversikt over programmet.

Nytt system, automatisk billetthåndtering på stasjonene.



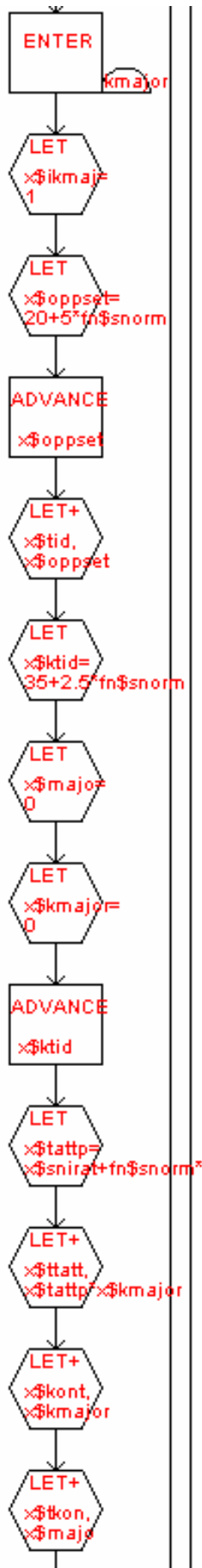
Det nye systemet fungerer ved at det settes opp sperringer ved inngangene på alle T-banestasjoner som alle reisende må gjennom, og som kun slipper gjennom passasjerer med gyldig billett. Dette vil bli et system som lar brukeren bruke buss / tog / T-bane uten å kjøpe ulike billetter. Men på grunn av forsinkelser, kommer ikke dette systemet til å bli satt i drift i år.

Det nye systemet er tenkt som et system med stasjonskontroll, hvor kontrollørene reiser rundt, og kontrollerer passasjerene som er på stasjonen før de reiser videre og kontrollerer ved en ny stasjon. Denne kontrolltypen tar utgangspunkt i de samme linjene / stasjonene som kontroll om bord på togene. Det vil fortsatt være kontrollører som reiser rundt og kontrollerer på stasjonene med det nye systemet. Kontrollgruppene er satt opp som en egen kjede med hendelser, der tanken er at hver av de 5 stasjonene har 20 % mulighet for å bli kontrollert. Kontrollteamet kontrollerer så passasjerene på stasjonen.

Bildet illustrerer Majorstua stasjon. I systemet med kontroll på stasjonen er det fokus på hvor mange passasjerer som befinner seg på stasjonen til en hver tid.

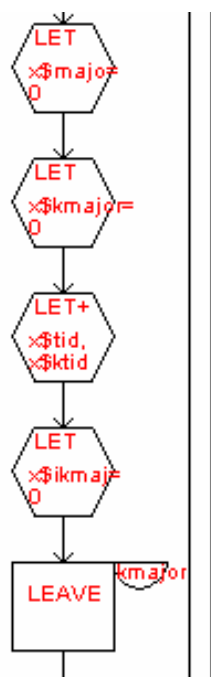
Når toget kommer til en stasjon skjer følgende:

- Stasjonen settes som opptatt.
- Det sjekkes om det er kontroll på stasjonen. Er det ikke kontroll, vil de neste 2 punkter hoppes over.
- Er det kontroll på stasjonen blir 15 % av passasjerene på toget lagt til kontrollmengden.
- Det legges til 1 tog til mengden tog kontrollert.
- Toget stopper på stasjonen i et halvt minutt.
- Antall passasjerer på toget og stasjonen justeres (15 % av tog passasjerene går av toget, og 25 % av de som befinner seg på stasjonen går på).
- Toget forlater stasjonen, og nye tog kan ankomme.



I Kontrolldelen av simuleringen skjer følgende når kontrollteamet ankommer:

- Det signaliseres at det er et kontrollteam på stasjonen til delen som håndterer togene.
- Tiden kontrollteamet bruker til å sette opp kontroll på stasjonen regnes ut.
- Kontrollteamet bruker tiden til å sette opp kontroll.
- Tiden som er brukt i oppsett, blir lagt til i variabelen som styrer hvor langt kontrollgruppen har kommet i arbeidsdagen.
- Tiden som benyttes til kontroll blir regnet ut.
- Antall tog som kontrolleres settes til null.
- Antall passasjerer som kontrolleres settes til null.
- Kontrolltiden blir brukt, og passasjerer og tog som ankommer stasjonen mens kontrollen løper, blir lagt til variablene som ble nullet før kontrollen begynte.
- Prosentandelen som sniker regnes ut.
- Antall som blir tatt i kontroll regnes ut som snikerate ganget med antall kontrollert.
- Antall kontrollert blir lagt til variabelen for totalt antall kontrollerte passasjerer.



- Antall kontrollerte tog blir lagt til i variabelen for antall kontrollerte tog.
- Variablene for å holde rede på kontroll på stasjonen nulles, og det signaliseres at det ikke lenger er noen kontrollgruppe på stasjonen.

Sammenligning av systemene:

Begge systemene består av et system for å håndtere passasjerflyten på østgående og vestgående baner. Selv om utskiftningen av passasjerer på togene ved hver stasjon er like, er ikke overførselen av passasjertall til kontrollblokken lik.

Kontrollblokken er ulik, da kontrolltypene er forskjellige.

Generering av passasjerer på stasjonen er gjort av et identisk system for begge linjer, som genererer passasjerer hvert minutt, og legger de til i passasjertallet ved stasjonen.

Til slutt har begge systemene innlagt en rapportskriver, som sørger for at det kommer ut en leselig oversikt over antall passasjerer, antall som er kontrollert, og antall som ble tatt. Det er dog noen ulikheter mellom de 2 systemene, da antall kontrollører og kontrollteam kan variere i system for kontrollører på toget, noe det ikke kan i systemet med kontroll på stasjonen.

I tillegg til dette er det en blokk som plotter antall tatt og tid i en graf.

Resultater:

Jeg ønsker å belyse hvilke besparelser Oslo T-banedrift AS kan se foran seg ved overgang til det nye systemet. Hvor mye kontroll som kreves på nåværende tidspunkt for å oppnå tilsvarende effektivitet er også et interessant spørsmål.

Stasjonskontroll er i utgangspunktet satt opp som simulering av de ulike linjene, som hver leverer passasjerer til stasjonene. Siden stasjonene i sentrum høyst sannsynlig kommer til å ha en form for oppasser ved slusene som slipper passasjerene inn på stasjonen, vil dette kunne regnes som kontroll. Denne stasjonsoppasseren vil gjøre det mindre aktuelt å ha kontroll på stasjonen, men vil samtidig ikke utelukke det helt. Siden mange av stasjoner er av forskjellig størrelse, vil det være stasjoner som ikke innehar noen oppasser. Dette innebærer at det eneste stedet de har oppfølging blir ved endestasjonen. Dette aktualiserer kontroll av passasjerer på toge. Med dette virkemidlet får man sjekket alle.

Eksisterende system:

Simuleringen av det eksisterende systemet er bygd opp med flere analyseringsmuligheter. Det kan varieres med tanke på team, snikeprosent, antall kontrollører per team etc. I tabellen nedenfor er resultatene av simuleringen oppstilt, med bemerkning på hva som varieres på høyre side.

Utgangspunktet er en simulering kjørt med følgende forutsetninger:

- Snikerate: 3%
- Gebyr når man blir tatt for sniking: 750 kr
- Antall kontrollører: 20
- Timelønn per kontrollør: 400 kr /t
- Kapasitet per kontrollør: 4 passasjerer kontrollert i minuttet.
- 2 team av 20 kontrollører.

Resultatene av en simulering kommer ut på følgende form:

Nøkkeltall for snikerate:	0.03
Antall passasjerer:	139797.45
Antall som har sett kontrollapp.:	29993.63
Antall Passasjerer kontrollert:	13174.18
Antall passasjerer tatt:	376.10

Antall tog:	257.00
Antall tog kontrollert	66.00
Antall kontrollører pr team:	20.00

RAPPORT

 INNTEKTER

snikegebyr	750.00
antall tatt	376.10
TOTALT snikegebyr	282075.00

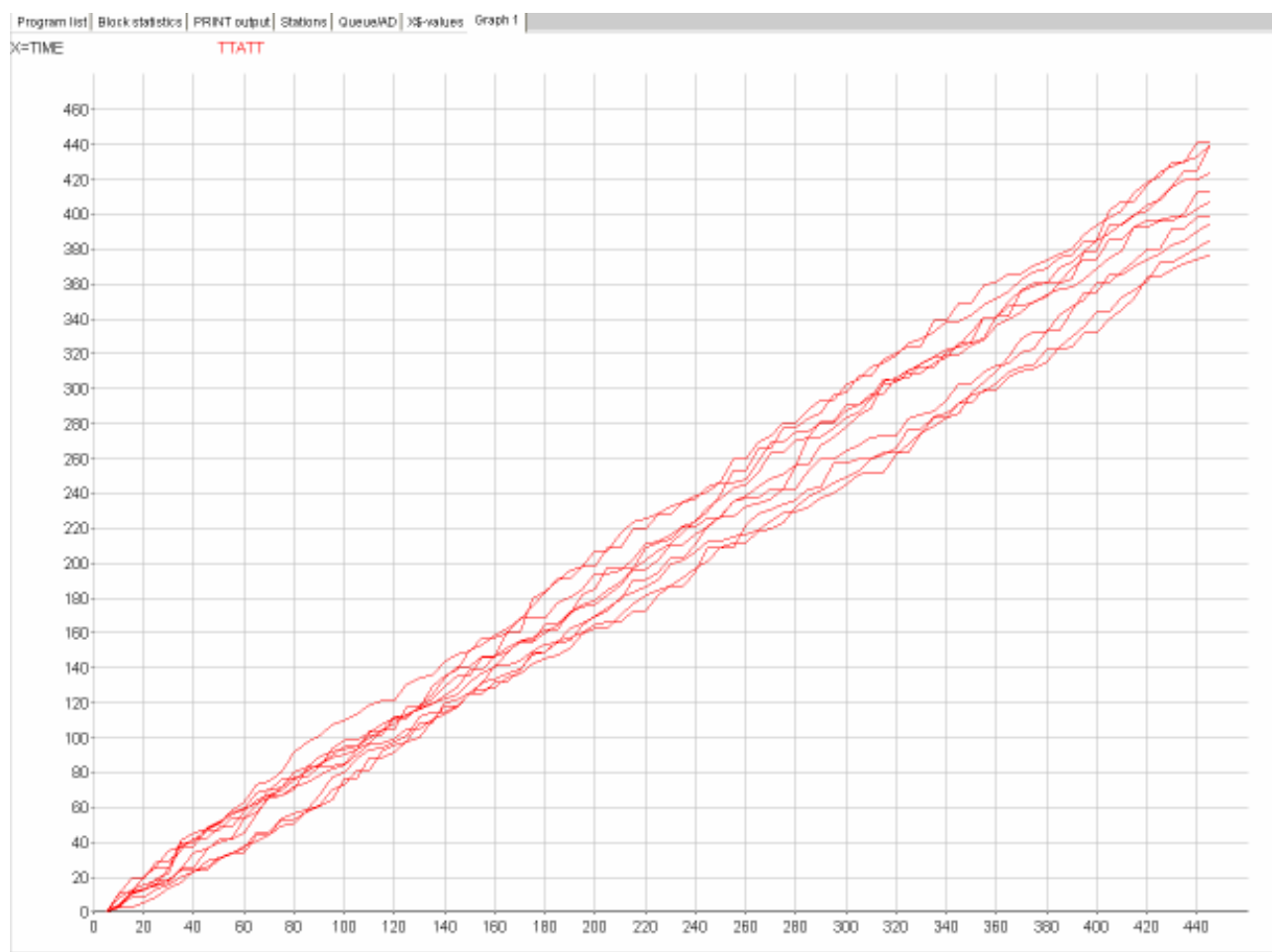
KOSTNADER

pr kontrollør pr time	400.00	
antall kontrollører	20.00	
Totale kontrollkostnader	120000.00	(kontrollører*team*timelønn*timer)

 RESULTAT 162075.00

Alle simuleringene blir kjørt 10 ganger, og tallene som blir skrevet opp i tabellen nedenfor er gjennomsnittet av disse 10 kjøringene. Hver av kjøringene genererer også en graf over antall snikere tatt, plottet mot tiden på dagen.

Totalt antall snikere tatt i kontroll



Simulering nr:	1	2	3	4	5
Passasjerer som har sett kontrollapp.	13174,18	13607,57	14071,03	13590,85	14446,27
Antall passasjerer tatt i kontroll	376,1	414,88	395,92	408,33	438,35
Inntekt fra snikegebyr	282075	311160	296940	306247,5	328762,5
Kostnad knyttet til kontrollteam	120000	120000	120000	120000	120000
Overskudd fra en dags kontroll:	162075	191160	176940	186247,5	208762,5

Simulering nr:	6	7	8	9	10	Gj.snitt
Passasjerer som har sett kontrollapp.	13882,33	13408,54	12962,46	15369,58	14325,51	13883,83
Antall passasjerer tatt i kontroll	427,71	412,8	391,36	454,87	440,66	416,098
Inntekt fra snikegebyr	320782,5	309600	293520	341152,5	330495	312073,5
Kostnad knyttet til kontrollteam	120000	120000	120000	120000	120000	120000
Overskudd fra en dags kontroll:	200782,5	189600	173520	221152,5	210495	192073,5

Diagrammet viser aktuelle data fra 10 simuleringer, som var antallet kjøringene jeg kjørte per simulering for å få et større utvalg observasjoner å basere mine tall på.

Variasjon av snikerate:

Forutsetninger:	Antall kontrollert	Antall snikere	Gebyrinntekt	Overskudd
Standard (3%)	13883,83	416,098	312073,50kr	192073,50kr
2% snikerate	13883,83	277,26	207945,00kr	87945,00kr
4% snikerate	13883,83	554,938	416203,50kr	296203,50kr
5% snikerate	13883,83	693,775	520331,25kr	400331,25kr

Dette diagrammet viser hva som skjer med antall snikere tatt i kontroll når snikeraten varierer. Det er verdt å merke seg at antall kontrollerte holdes konstant når det er kun snikeraten endres. Antall som tar toget endres ikke av at snikeraten går opp eller ned. (Antall passasjerer vil endres i Sporveiens statistikk, men samme antall passasjerer reiser like fullt med banen). Det forutsettes at snikerne er rekrutert blandt de eksisterende passasjerene, og ikke er nye passasjerer som begynner å bruke T-banen kun for å snike.

Antall kontrollteam / kontrollører per team:

Standard = 2 team a 20 kontrollører

Forutsetninger:	Antall kontrollert	Antall snikere	Gebyrinntekt	Overskudd
Standard	13883,83	416,098	312073,20kr	192073,20kr
4 team, 10 pr team	13883,83	277,26	207945,00kr	87945,00kr
4 team, 20 pr team	22493,48	678,80	509100,00kr	269100,00kr
8 team, 10 pr team	15379,27	465,08	348810,00kr	108000,00kr

8 team, 20 pr team	28975,19	875,00	656250,00kr	176250,00kr
8 team, 30 pr team	40032,96	1204,26	903195,00kr	183195,00kr
10team, 30 pr team	46863,72	1406,10	1054575,00kr	154575,00kr
10team, 40pr team	55630,37	1669,58	1252185,00kr	52185,00kr

Antall team påvirker antall som har sett kontrollen, antall medlemmer pr team gjør at tallet for kontrollerte passasjerer nærmer seg antallet passasjerer som ser kontrollen. Ser også at det skal veldig mange kontrollører til før kontrollen ikke lønner seg. Dette har i stor grad sammenheng med at en kontrollørs timelønn er på 400kr, og snikegebyret er på 750kr. For at en kontrollør ikke skal lønne seg må han i henhold til simuleringen ikke klare å kontrollere mange nok innen den perioden. Med en snikerate på 3% innebærer det at kontrolløren er lønnsom så lenge han får kontrollert ca 33 passasjerer i løpet av $(750/400)$ 1t 45 min. Ettersom antall team øker er sannsynligheten større for kødannelse blant teamene på stasjonene, når de venter på nye tog å kontrollere. Dersom det er for mange team ute på kontroll, vil systemet til slutt bli så fullt at produktiviteten per kontrollteam går ned i det ulønnsomme. I systemet er det heller ikke tatt hensyn til at flere kontrollører gjør det mindre lønnsomt å snike. Dersom det til en hver tid er kontroll på alle tog, vil snikeproblematikken bli eliminert. Allikevel vil snikeraten droppe før man kommer til stadiet med full kontroll. Simuleringen tar dog ikke hensyn til dette, og det må derfor anses at resultatene med variasjon med antall kontrollteam er litt optimistisk med tanke på at høyere kontrollrate vil medføre lavere snikerate. Disse tallene tar dog ikke hensyn til at når det er fullt på toget vil kontrollørene kun rekke å kontrollere deler av passasjerene. De som er på toget vil dermed se kontrollørene, men kontrollørene vil ikke rekke å kontrollere dem. For simuleringen med forskjellige team / teamstørrelser vil dette ha mye å si, da flere team, med få personer per team vil medføre at flere ser kontrollørene, men ikke så mange blir kontrollert. Passasjerer som ser at det er kontroll, men ikke selv blir kontrollert, vil også bli avskrekket fra å snike, for neste gang er de kanskje ikke like heldige. Snikere kan også bruke dette til sin fordel, og plasere seg slik at kontrollørene ikke rekker å kontrollere dem før toget er ved neste stasjon. Nedenfor følger tilsvarende tall som simuleringen over, men kun med antall kontrollert / antall som har sett kontroll.

Forutsetninger	Antall kontrollert	Antall som har sett kontroll
Standard	13883,83	28848,58
4 team, 10 pr team	13883,83	48003,30

4 team, 20 pr team	22493,48	48003,30
8 team, 10 pr team	15379,27	62965,60
8 team, 20 pr team	28975,19	62965,60
8 team, 30 pr team	40032,96	62965,60
10team, 30 pr team	46863,72	72433,25
10team, 40pr team	55630,37	72433,25

Kontrollprosenten er ca 75 % med 40 mann i teamet og 10 team. 100 % dekningsgrad vil være bortimot umulig, da enkelte av reisetidene mellom stasjonene simpelthen ikke er lang nok. I rushtrafikken på morgen / kveld er det stasjonene som ligger 1 minutt fra hverandre som gir kontrollørene svært begrenset tid å kontrollere på. Dette vanskeliggjør fullstendig kontroll. 10 team i drift medfører at ca 50 % av de reisende blir kontrollert i løpet av en dag. (Det totale antall passasjerer ligger rundt 130000 – 140000 passasjerer i simuleringsperioden)

Nytt system:

Det nye systemet baserer seg på at kontrollørene reiser rundt og setter opp kontroll på en stasjon, sjekker alle passasjerer som er der, pluss tilkomne i kontrollperioden, før de reiser videre til en ny stasjon, og gjør tilsvarende opplegg der. Denne simuleringen er bygd opp med en simuleringsblokk for selve kontrollteamet, og det kan derfor ikke settes opp flere kontrollteam. Med tanke på at det kun er et fåtall stasjoner i sentrum, ville flere kontrollteam føre til overpopulasjon, og en tilnærming mot et system hvor alle stasjoner ble kontrollert hele tiden.

Utgangspunktet er en simulering kjørt med følgende forutsetninger:

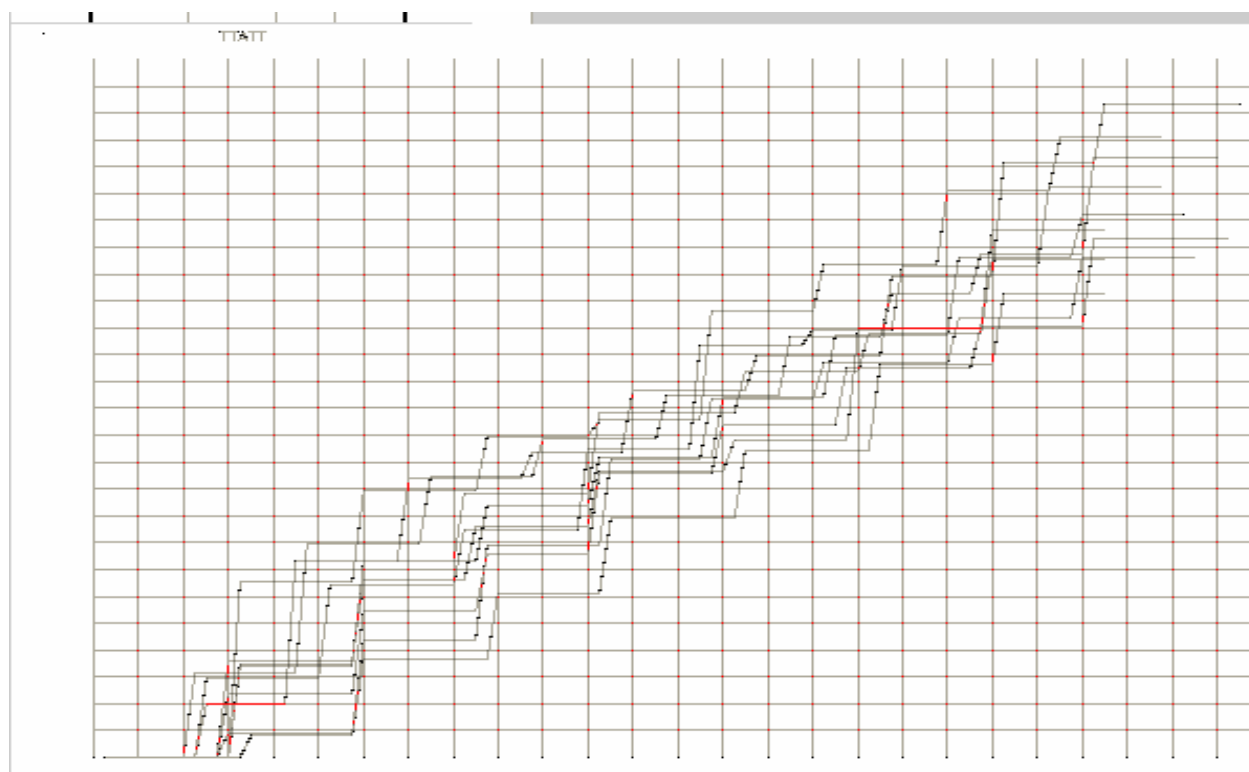
- Snikerate: 3%
- Gebyr når man blir tatt for sniking: 750 kr
- Antall kontrollører: 20
- Timelønn per kontrollør: 400 kr /t
- 20 minutter + variabelt ledd (5min * std avvik) bestemmer tiden det tar får kontrollørene å sette opp kontroll.
- 35 minutter + variabelt ledd (2,5min * std avvik) bestemmer tiden kontrollørene bruker på kontroll.

Variasjon av snikerate:

Forutsetninger:	Antall kontrollert	Antall snikere	Gebyrinntekt	Overskudd
Standard (3%)	4804,442	204,362	153271,50kr	93271,50kr
2% snikerate	4804,452	137,227	102920,30kr	42920,25kr
4% snikerate	4804,452	271,499	203624,30kr	143624,30kr
5% snikerate	4804,452	338,636	253977,00kr	193977,00kr

Variasjon av snikeraten slår ut som forventet. Høyere snikerandel betyr flere personer tatt av kontrollørene og større margin / overskudd. Antall passasjerer kontrollert er også fortrinnsvis lavt. Grunnen til dette ligger i at kontrollteamet har lange perioder mellom hver gang de er i gang med kontroll, og at de kun sjekker passasjerene som går av toget på stasjonen de kontrollerer, og ikke alle som er på gjennomreise.

Snikere tatt, under standard forutsetninger.



Den lange dødtiden mellom hver kontroll gjør at grafen hopper oppover med ujevne mellomrom. Det første teamet er ferdig med sin kontroll etter ca 40-45 minutter, og står så ovenfor et nytt oppsett av kontroll.

Endring av oppsett tid.

Forutsetninger:	Antall kontrollert	Antall snikere	Gebyrinntekt	Overskudd
Standard (20min)	4804,442	204,362	153271,50kr	93271,50kr
15 minutter	5300,762	213,94	160455,00kr	100455,00kr
25 minutter	4678,745	178,098	133573,50kr	73573,50kr
30 minutter	3448,574	159,111	119333,30kr	59333,25kr

Når tiden brukt på oppsett av kontroll endres, endrer også effektiviteten til kontrollørene seg. Kortere tid mellom hver gang de er i gang med en kontroll innebærer en økt effektivitet. Siden kontrollørene under standard forutsetninger bruker $20+5$ *standard normalfordeling får man en fordeling ca mellom 10 og 30. Kontrolltiden er satt til $35+2,5$ *standard normalfordeling (mellom 30 og 40 min). Det betyr at når den faste tiden av oppsettiden går ned, vil det blir lettere å sette i gang med nye kontroller, og effektiviteten øker. Det vil være mye å tjene på å holde effektiviteten høy blant kontrollteamene.

I systemet med kontrollteam som reiser mellom stasjonen og kontrollerer alle som er innom stasjonen i perioden de er der, ser man helt klart viktigheten av effektiv kontroll, og lite dødtid.

Konklusjon:

I simuleringen blir antallet snikere holdt konstant innad i simuleringen, og antall snikere har ingen sammenheng med antall kontrollører i systemet. Dette medfører at et kontrollregime med fullstendig kontroll på alle stasjoner vil være lønnsomt så lenge en kontrollør sjekker nok passasjerer til å betale for timelønnen sin. Dette medfører dog ikke riktighet, da det eksisterer et grensepunkt hvor selv den mest innbitte sniker vil innse at det blir for dyrt. Selv om min simuleringmodell ikke er bygd opp for å belyse denne problemstillingen, tilsier allmenn fornuft at når forventet besparelse ved sniking er mindre enn sannsynligheten for kontroll ganget med kontrollgebyret. Det er og naturlig å tro at grensepunktet for 0 % bevisst sniking befinner seg et godt stykke under full kontroll. En hver økonomisk person vil slutte å snike når sannsynligheten for å bli tatt er større enn grenseverdien av å snike, når det å kjøpe billett er billigere enn kostnaden for å bli tatt for sniking ganget med sannsynligheten. Selv om ikke alle opererer med en slik utregning i hodet, vil personer som benytter T-banen hyppig raskt innse at det ikke er noe å tjene på å snike om de ser kontrollørene flere ganger i uka.

Billett-kostnad = (sannsynlighet for å bli tatt * kostnad av å bli tatt)

20 kr = (sannsynlighet for å bli tatt) * 750 kr

$20 / 750 = 2,667 \%$

Skal det lønne seg å snike må sannsynligheten for å bli kontrollert være under 3 %. Sett fra et rent økonomisk synspunkt burde sannsynligheten for å bli kontrollert være større enn $2/75$, det vil lønne seg å kjøpe billett da. Dette regnestykket tar ikke hensyn til månedskort / ukekort og andre rabattordninger, som vil gjøre sniking enda mer ulønnsomt. I begge systemene ligger antall passasjerer per dag rundt 130 000 – 140 000. Det innebærer at kontrollørene burde sjekke minst 3600 passasjerer om dagen

Gammelt system:

Det eksisterende systemet, som vil være i drift frem til systemet under utprøving er i drift, er basert rundt team med kontrollører som reiser rundt og utfører kontroll. I simuleringen er de satt til kontroll på toget, men de kan i praksis like enkelt brukes på stasjonene. Mange faktorer

påvirker kontroll-lønnsomheten, og fokuset til kontrollteamet blir veldig viktig. Både synlighet blant passasjerer og lønnsomhet må vektlegges, to faktorer som ikke nødvendigvis går sammen. Store grupper som kontrollerer rushtrafikken på morgningen har ikke samme nytte i kontroll av de langt mindre folksomme avgangene midt på dagen.

Nytt system:

Problemet med ett 1 kontrollblokk system er at det ikke vil fange opp nok passasjerer, og systemet derfor er avhengig av noe mer kontroll for å gjøre synligheten av kontroll så høy at folk blir avskrekket fra å snike. Kontroll på stasjonene innebærer også at de som ikke skal av i sentrum, men kun er på gjennomreise, ikke har noe å frykte i dette systemet.

Problemet med det nye systemet er at automatisering av kontroll virker bra i sentrale områder, hvor nytteverdien av en kontrollør som også kan brukes til informasjon er høy, men på de mer perifere stasjonene rundt Oslo vil fristelsen av å kunne hoppe over de passive billettapparatene uten å frykte konsekvensene gjør systemet mindre gunstig.

Muligheten for å komme dette til livs eksisterer dog. Man kan for eksempel kontrollere alle passasjerer / tog på vei inn til Oslo ved et fast punkt, men da er man raskt tilbake til det opprinnelige systemet. Uansett er det stor samfunnsøkonomisk nytte av at folk som kunne ha kjørt inn til arbeidet heller lar bilen stå.

Det nye systemet har helt klart stort potensial, og vil nok forenkle kontrollen en hel del. Der dagens system tvinger frem store team som reiser rundt og kontrollerer, kan flere av de mest trafikkerte stasjonene i Oslo sentrum enkelt kontrolleres av et fåtall kontrollører. Det passive kontrollapparatet gjør snikere veldig synlige, og forenkler kontrolloppgavene på de stasjonene som normalt ville hatt størst trafikkflyt, og som derfor ville vært en utfordring for kontrollørene slik det står seg i dag.

Referanseliste:

Nettsider:

Trafikktall hentet fra årsrapporten for sporveien, hentet fra siden http://sporveien.no/templates/Page_____1176.aspx som er utgangspunktet for hele sporveiens årsrapport.

Informasjon om kontroll: http://sporveien.no/templates/Page_____333.aspx

Simuleringsprogrammet brukt i simuleringen min:
www.webgpss.com

Bøker:

Jerry Banks - Handbook of Simulation, Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice, kapittel 10, 1998, John Wiley & Sons Inc

Pensumlitteraturen i faget BUS 423, Simulation of business processes våren 2005.
(Hefte som blir solgt som tilleggsmateriell til undervisningen).

Innleveringsoppgave i faget BUS 423 Simulation of business processes V2005, som var ideen og grunnlaget for oppgaven, produsert sammen min venn Debasish Sahabanik.

Personer:

Min veileder:
Kurt Jørnstein, Professor NHH

Markedssjefen i Oslo T-banedrift AS
Hans Christian Jensen.

Foreleser i fager Bus 423 Simulation of business processes V2005
Ingolf Stahl (cis@hhs.se)

Appendix:

Koden brukt for simulering av det eksisterende systemet:

Funksjonene i starten av simuleringen er kommentert her, da det ikke er mulig å kommentere funksjoner ved hjelp av utropstegn i selve koden.

```
tgen FUNCTION RN1,R !Funksjon for generering av riktig antall tog ved oppstart.  
sen1 FUNCTION CL,C ! Funksjon for passasjergenerering til stasjonene.  
sen2 FUNCTION CL,C ! Funksjon for passasjergenerering til stasjonene.
```

Selve simuleringskoden:

```
simulate 10  
  
tgen FUNCTION RN1,R  
0 32  
60 28  
120 25  
180 19  
210 19  
270 19  
330 28  
390 32  
450 32  
600 32  
sen1 FUNCTION CL,C  
0 30  
60 22  
120 14  
180 10  
210 10  
270 12  
330 14  
390 22  
451 22  
600 22  
sen2 FUNCTION CL,C  
0 26  
60 18  
120 8  
180 6  
210 6  
270 8  
330 8  
390 18  
451 18  
600 18  
LET X$majo=0 ! antall tog som er innom stasjonen når det er kontroll.  
LET X$nati=0 ! antall tog som er innom stasjonen når det er kontroll.  
LET X$stor=0 ! antall tog som er innom stasjonen når det er kontroll.  
LET X$jern=0 ! antall tog som er innom stasjonen når det er kontroll.  
LET X$gron=0 ! antall tog som er innom stasjonen når det er kontroll.  
LET X$toye=0 ! antall tog som er innom stasjonen når det er kontroll.  
LET X$kont=0 ! antall passasjerer som er kontrollert.  
LET X$tkon=0 ! antall tog som er kontrollert  
LET X$antog=0 ! totale antall tog i simuleringen.  
LET X$kmajo=0 ! passasjerer til kontroll ved stasjonen.  
LET X$knati=0 ! passasjerer til kontroll ved stasjonen.  
LET X$kstor=0 ! passasjerer til kontroll ved stasjonen.  
LET X$kjern=0 ! passasjerer til kontroll ved stasjonen.  
LET X$kgron=0 ! passasjerer til kontroll ved stasjonen.  
LET X$ktoye=0 ! passasjerer til kontroll ved stasjonen.  
LET X$pmajol=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.  
LET X$pnatil=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.  
LET X$pstorl=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.  
LET X$pjernl=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.  
LET X$pgronl=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.  
LET X$ptoyel=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.  
LET X$pmajo2=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
```

```

LET X$pnati2=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$pstor2=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$pjern2=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$pgron2=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$ptoye2=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$ttatt=0 ! antall passasjerer tatt i kontroll.
LET X$snik=750 ! Snikegebyr
LET X$snirat=0.03 ! Snikerate
LET X$antkon=10 ! antall kontrollører
LET X$koskon=400 ! kostnad per kontrollør
LET X$kmin=4 ! antall kontrollert per minutt per kontrollør
LET X$kon1=0 ! antall kontrollert på et minutt
LET X$kon2=0 ! antall kontrollert på to minutter
LET X$kon3=0 ! antall kontrollert på tre minutter
majo1 CAPACITY 1 !Kapasitet for de ulike stasjonenes retninger.
nati1 CAPACITY 1
stort1 CAPACITY 1
jern1 CAPACITY 1
gron1 CAPACITY 1
toye1 CAPACITY 1
toye2 CAPACITY 1
gron2 CAPACITY 1
jern2 CAPACITY 1
stor2 CAPACITY 1
nati2 CAPACITY 1
majo2 CAPACITY 1
kmajo CAPACITY 1
knati CAPACITY 1
kstor CAPACITY 1
kjern CAPACITY 1
kgron CAPACITY 1
ktoye CAPACITY 1
GENERATE 3.5,0.5,3 ! Generer østgående tog
LET+ x$antog,1 ! Øker antall totalt tog med 1
LET p$toget=fn$stgen+fn$snorm*3 ! Passasjertallet på tog mot sentrum settes.
LET+ x$totpas,p$toget ! Teller totalt passasjertall
GOTO tide1,0.8 ! Håndterer forsinkelser i 20% av tilfellene.
ADVANCE 5,4 ! Forsinkelse langs linja
tide1 ENTER majo1 ! Ankommer Majorstua
LET x$tmajo=1 ! Setter signalvariablen for tog pa majorstua
LET x$kmajo=0.25*x$pmajo1 ! overfører passasjertall til kontrollblokken, i tilfelle
kontroll.
LET+ x$kmajo,0.85*p$toget ! legger passasjertallet etter avstigning til i
kontrolltallet som overføres.
ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pmajo1 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pmajo1 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pmajo1=0.75*x$pmajo1 ! Påstigning på toget
LET x$tmajo=0 ! Signaliserer det ikke lenger er noe tog ved stasjonen
LEAVE majo1 ! Forlater Majorstua stasjon
ADVANCE 3 ! Reiser mellom Majorstua og National
ENTER nati1 ! Ankommer Nationaltheatret
LET x$tnati=1 ! Setter signalvariablen for tog pa national
LET x$knati=0.25*x$pnati1 ! overfører passasjertall til kontrollblokken, i tilfelle
kontroll.
LET+ x$knati,0.85*p$toget ! legger passasjertallet etter avstigning til i
kontrolltallet som overføres.
ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pnati1 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pnati1 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pnati1=0.75*x$pnati1 ! Påstigning på toget
LET x$tnati=0 ! Signaliserer det ikke lenger er noe tog ved stasjonen
LEAVE nati1 ! Forlater Nationaltheatret
ADVANCE 1 ! togtid mellom National og Stortinget
ENTER stort1,Q ! Ankommer stortinget
LET x$ststor=1 ! Setter signalvariablen for tog pa stortinget
LET x$kstor=0.25*x$pstor1 ! overfører passasjertall til kontrollblokken, i tilfelle
kontroll.
LET+ x$kstor,0.85*p$toget ! legger passasjertallet etter avstigning til i
kontrolltallet som overføres.
ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pstor1 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pstor1 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pstor1=0.75*x$pstor1 ! Påstigning på toget

```

```

LET x$stor=0 ! Signaliserer det ikke lenger er noe tog ved stasjonen
LEAVE stort1 ! Forlater stortinget
ADVANCE 1 ! reisetid Stortinget - Jernbanetorget
ENTER jern1,Q ! Ankommer jernbanetorget
LET x$tjern=1 ! Setter signalvariablen for tog pa jernbanetorget
LET x$kjern=0.25*x$pjern1 ! overfører passasjertall til kontrollblokken, i tilfelle
kontroll.
LET+ x$kjern,0.85*p$toget ! legger passasjertallet etter avstigning til i
kontrolltallet som overføres.
ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pjern1 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pjern1 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pjern1=0.75*x$pjern1 ! Påstigning på toget
LET x$tjern=0 ! Signaliserer det ikke lenger er noe tog ved stasjonen
LEAVE jern1 ! Forlater Jernbanetorget
ADVANCE 1 ! Reisetid Jernbanetorget - Gronland
ENTER gron1,Q ! Ankommer Gronland
LET x$tgron=1 ! Setter signalvariablen for tog pa Gronland
LET x$kgron=0.25*x$pgron1 ! overfører passasjertall til kontrollblokken, i tilfelle
kontroll.
LET+ x$kgron,0.85*p$toget ! legger passasjertallet etter avstigning til i
kontrolltallet som overføres.
ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pgron1 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pgron1 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pgron1=0.75*x$pgron1 ! Påstigning på toget
LET x$tgron=0 ! Signaliserer det ikke lenger er noe tog ved stasjonen
LEAVE gron1 ! Forlater gronland
ADVANCE 2 ! Reisetid Gronland - Toyen
ENTER toy1,Q ! Ankommer Toyen
ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$ptoy1 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$ptoy1 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$ptoy1=0.75*x$ptoy1 ! Påstigning på toget
LEAVE toy1 ! forlater Toyen
TERMINATE

GENERATE 3.5,0.5,0 ! Generer vestgående tog
LET+ x$antog,1 ! Øker antall tog med 1
LET p$toget=fn$tgen+fn$snorm*3 ! Passasjertallet på tog mot sentrum settes.
LET+ x$totpas,p$toget ! Teller totalt passasjertall
GOTO tide2,0.8 ! Håndterer forsinkelser
ADVANCE 5,4 ! Forsinkelse langs linja
tide2 ENTER toy2 ! Ankommer Tøyen
LET x$ttoye=2 ! Setter signalvariablen for tog pa toyen
LET x$ktoye=0.25*x$ptoye2 ! overfører passasjertall til kontrollblokken, i tilfelle
kontroll.
LET+ x$ktoye,0.85*p$toget ! legger passasjertallet etter avstigning til i
kontrolltallet som overføres.
ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$ptoye2 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$ptoye2 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$ptoye2=0.75*x$ptoye2 ! Påstigning på toget
LET x$ttoye=0 ! Signaliserer det ikke lenger er noe tog ved stasjonen
LEAVE toy2 ! forlater Tøyen
ADVANCE 2 ! Reisetid Tøyen - Gronland
ENTER gron2 ! Ankommer Gronland
LET x$tgron=2 ! Setter signalvariablen for tog pa gronland
LET x$kgron=0.25*x$pgron2 ! overfører passasjertall til kontrollblokken, i tilfelle
kontroll.
LET+ x$kgron,0.85*p$toget ! legger passasjertallet etter avstigning til i
kontrolltallet som overføres.
ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pgron2 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pgron2 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pgron2=0.75*x$pgron2 ! Påstigning på toget
LET x$tgron=0 ! Signaliserer det ikke lenger er noe tog ved stasjonen
LEAVE gron2 ! Forlater gronland
ADVANCE 1 ! Reisetid Gronland - Jernbanetorget
ENTER jern2 ! Ankommer jernbanetorget
LET x$tjern=2 ! Setter signalvariablen for tog pa jernbanetorget

```



```

    LET x$kjern=0.25*x$pjern2      ! overfører passasjertall til kontrollblokken, i tilfelle
kontroll.
    LET+ x$kjern,0.85*p$toget      ! legger passasjertallet etter avstigning til i
kontrolltallet som overføres.
    ADVANCE 0.5      ! Banen stopper på stasjonen
    LET- p$toget,0.15*p$toget      ! avstigning
    LET+ p$toget,0.25*x$pjern2     ! Påstigning
    LET+ x$totpas,0.25*x$pjern2    ! Teller totalt passasjerantall
    LET x$pjern2=0.75*x$pjern2     ! Påstigning på toget
    LET x$tjern=0      ! Signaliserer det ikke lenger er noe tog ved stasjonen
    LEAVE jern2      ! Forlater Jernbanetorget
    ADVANCE 1      ! reisetid Jernbanetorget - Stortinget
    ENTER stor2      ! Ankommer stortinget
    LET x$ststor=2      ! Setter signalvariablen for tog pa Stortinget
    LET x$kstor=0.25*x$spstor2     ! overfører passasjertall til kontrollblokken, i tilfelle
kontroll.
    LET+ x$kstor,0.85*p$toget      ! legger passasjertallet etter avstigning til i
kontrolltallet som overføres.
    ADVANCE 0.5      ! Banen stopper på stasjonen
    LET- p$toget,0.15*p$toget      ! avstigning
    LET+ p$toget,0.25*x$spstor2    ! Påstigning
    LET+ x$totpas,0.25*x$spstor2   ! Teller totalt passasjerantall
    LET x$spstor2=0.75*x$spstor2   ! Påstigning på toget
    LET x$ststor=0      ! Signaliserer det ikke lenger er noe tog ved stasjonen
    LEAVE stor2      ! Forlater stortinget
    ADVANCE 1      ! Reisetid Stortinget - National
    ENTER nati2      ! Ankommer Nationaltheatret
    LET x$tnati=2      ! Setter signalvariablen for tog pa national
    LET x$knati=0.25*x$pnati2      ! overfører passasjertall til kontrollblokken, i tilfelle
kontroll.
    LET+ x$knati,0.85*p$toget      ! legger passasjertallet etter avstigning til i
kontrolltallet som overføres.
    ADVANCE 0.5      ! Banen stopper på stasjonen
    LET- p$toget,0.15*p$toget      ! avstigning
    LET+ p$toget,0.25*x$pnati2     ! Påstigning
    LET+ x$totpas,0.25*x$pnati2    ! Teller totalt passasjerantall
    LET x$pnati2=0.75*x$pnati2     ! Påstigning på toget
    LET x$tnati=0      ! Signaliserer det ikke lenger er noe tog ved stasjonen
    LEAVE nati2      ! Forlater Nationaltheatret
    ADVANCE 3      ! Reisetid National - Majorstua
    ENTER majo2      ! Ankommer Majorstua
    ADVANCE 0.5      ! Banen stopper på stasjonen
    LET- p$toget,0.15*p$toget      ! avstigning
    LET+ p$toget,0.25*x$pmajo2     ! Påstigning
    LET+ x$totpas,0.25*x$pmajo2    ! Teller totalt passasjerantall
    LET x$pmajo2=0.75*x$pmajo2     ! Påstigning på toget
    LEAVE majo2      ! Forlater Majorstua stasjon
    TERMINATE

    GENERATE 1,1,1,4
    LET x$kon1=X$antkon*X$kmin      ! Setter hvor mange som kontrolleres i løpet av 1 min
    LET x$kon2=x$kon1*2      ! Setter hvor mange som kontrolleres i løpet av 2 min
    LET x$kon3=x$kon1*3      ! Setter hvor mange som kontrolleres i løpet av 3 min
start  GOTO kmajo,0.2 ! Bestemmer om kontrollørene skal til majorstua
    GOTO knati,0.2 ! Bestemmer om kontrollen skal gå til toyen stasjon
    GOTO kstor,0.2
    GOTO kjern,0.2
    GOTO kgron,0.2
    GOTO ktøye,0.2
    GOTO start
kmajo  ENTER kmajo,1,Q      ! Kontrollblokk for stasjon
    ADVANCE 5,2      ! Kontrollørene gjør seg klar for å ta neste tog.
vmajo  ADVANCE 0.25      ! Kontrollørene stiller seg opp og venter på toget
    IF x$tmajo=0,vmajo      ! Om det ikke er tog på stasjonen, venter kontrollørene til det
kommer et.
    LEAVE kmajo      ! Kontrollteamet forlater toyen stasjon for å gå på første innkomne tog.
    LET+ x$tkon,1      ! Øker antall tog kontrollert med 1
    LET+ x$settk,x$kmajo      ! Øker antall passasjerer som har sett kontroll
    IF x$kon3>x$kmajo,senkm      ! Behandler tilfellet hvor antall passasjerer er høyere
enn kontrollkapasiteten
    LET x$kmajo=x$kon3      ! trekker fra antall passasjerer kontrollert uansett
senkm  LET+ x$totk,x$kmajo      ! Øker antall kontrolerte passasjerer
    LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01      ! Regner ut prosent andel som blir tatt i kontroll
    LET+ x$ttatt,x$stattp*x$kmajo      ! Adderer antall fanget opp i kontroll til statistikk.
    ADVANCE 3      ! Regner med tiden som går til nationalteateret.
    GOTO knati,1      ! følger toget til nationalteateret.
knati  ENTER knati,1,Q      ! Start av nationalstasjonens kontrollsegment

```

```

ADVANCE 5,2      ! Kontrollørene gjør seg klar for å ta neste tog.
vnati  ADVANCE 0.25 ! Kontrollørene stiller seg opp og venter på toget
      IF x$tnati=0,vnati      ! Om det ikke er tog på stasjonen, venter kontrollørene til det
kommer et.
      LEAVE knati      ! Kontrollteamet forlater toyen stasjon for å gå på første innkomne tog.
      LET+ x$tkon,1    ! Øker antall tog kontrollert med 1
      LET+ x$settk,x$knati ! Øker antall passasjerer som har sett kontroll
      IF x$tnati=2,dmajo      ! Sender kontrollørene tilbake til majorstua om toget går i den
retningen
      IF x$kon1>x$knati,senkn      ! Behandler tilfellet hvor antall passasjerer er høyere
enn kontrollkapasiteten
      LET x$knati=x$kon1      ! trekker fra antall passasjerer kontrollert uansett
senkn  LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01 ! Regner ut prosent andel som blir tatt i kontroll
      LET+ x$totk,x$knati      ! Øker antallet kontrollerte passasjerer
      LET+ x$ttatt,x$stattp*x$knati ! Adderer antall fanget opp i kontroll til statistikk.
      ADVANCE 1              ! Kontrollørene reiser til stasjonen, og kontrollerer på toget
      GOTO kstor              ! Kontrollørene reiser til stortinget
dmajo  IF x$kon3>x$knati,senkn2      ! Behandler tilfellet hvor antall passasjerer er høyere
enn kontrollkapasiteten
      LET x$knati=x$kon3      ! trekker fra antall passasjerer kontrollert uansett
senkn2 LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01 ! Regner ut prosent andel som blir tatt i kontroll
      LET+ x$totk,x$knati      ! Øker antallet kontrollerte passasjerer
      LET+ x$ttatt,x$stattp*x$knati ! Adderer antall fanget opp i kontroll til statistikk.
      ADVANCE 3              ! Kontrollørene reiser til stasjonen, og kontrollerer på toget
      GOTO kmajo
kstor  ENTER kstor,1,Q            ! Start av stortingets kontrollsegment
ADVANCE 5,2      ! Kontrollørene gjør seg klar for å ta neste tog.
vstor  ADVANCE 0.25 ! Kontrollørene stiller seg opp og venter på toget
      IF x$tvstor=0,vstor      ! Om det ikke er tog på stasjonen, venter kontrollørene til det
kommer et.
      LEAVE kstor      ! Kontrollteamet forlater stortinget stasjon for å gå på første innkomne
tog.
      LET+ x$tkon,1    ! Øker antall tog kontrollert med 1
      LET+ x$settk,x$kstor ! Teller antall passasjerer som har sett kontrollapparatet
      IF x$tvstor=2,dnati      ! Sender kontrollørene tilbake til national om toget går i den
retningen
      IF x$kon1>x$kstor,senks      ! Behandler tilfellet hvor antall passasjerer er høyere
enn kontrollkapasiteten
      LET x$kstor=x$kon1      ! trekker fra antall passasjerer kontrollert uansett
senks  LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01 ! Regner ut prosent andel som blir tatt i kontroll
      LET+ x$totk,x$kstor      ! Øker antall kontrolerte passasjerer
      LET+ x$ttatt,x$stattp*x$kstor ! Adderer antall fanget opp i kontroll til statistikk.
      ADVANCE 1              ! Kontrollørene reiser til stasjonen, og kontrollerer på toget
      GOTO kjern              ! Kontrollørene reiser til jernbanetorget
dnati  IF x$kon1>x$kstor,senks2      ! Behandler tilfellet hvor antall passasjerer er høyere
enn kontrollkapasiteten
      LET x$kstor=x$kon1      ! trekker fra antall passasjerer kontrollert uansett
senks2 LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01 ! Regner ut prosent andel som blir tatt i kontroll
      LET+ x$totk,x$kstor      ! Øker antall kontrolerte passasjerer
      LET+ x$ttatt,x$stattp*x$kstor ! Adderer antall fanget opp i kontroll til statistikk.
      ADVANCE 1              ! Kontrollørene reiser til stasjonen, og kontrollerer på toget
      GOTO knati
kjern  ENTER kjern,1,Q            ! Start av jernbanetorgets kontrollsegment
ADVANCE 5,2      ! Kontrollørene gjør seg klar for å ta neste tog.
vjern  ADVANCE 0.25 ! Kontrollørene stiller seg opp og venter på toget
      IF x$tvjern=0,vjern      ! Om det ikke er tog på stasjonen, venter kontrollørene til det
kommer et.
      LEAVE kjern      ! Kontrollteamet forlater jernbanetorgets stasjon for å gå på første
innkomne tog.
      LET+ x$tkon,1    ! Øker antall tog kontrollert med 1
      LET+ x$settk,x$kjern ! Teller antall passasjerer som har sett kontrollapparatet
      IF x$tvjern=2,dstor      ! Sender kontrollørene tilbake til stortinget om toget går i den
retningen
      IF x$kon1>x$kjern,senkj      ! Behandler tilfellet hvor antall passasjerer er høyere
enn kontrollkapasiteten
      LET x$kjern=x$kon1      ! trekker fra antall passasjerer kontrollert uansett
senkj  LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01 ! Regner ut prosent andel som blir tatt i kontroll
      LET+ x$totk,x$kjern      ! Øker antall kontrolerte passasjerer
      LET+ x$ttatt,x$stattp*x$kjern ! Adderer antall fanget opp i kontroll til statistikk.
      ADVANCE 1              ! Kontrollørene reiser til stasjonen, og kontrollerer på toget
      GOTO kgron              ! Kontrollørene reiser til Gronland
dstor  IF x$kon1>x$kjern,senkj2      ! Behandler tilfellet hvor antall passasjerer er høyere
enn kontrollkapasiteten
      LET x$kjern=x$kon1      ! trekker fra antall passasjerer kontrollert uansett
senkj2 LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01 ! Regner ut prosent andel som blir tatt i kontroll
      LET+ x$totk,x$kjern      ! Øker antall kontrolerte passasjerer
      LET+ x$ttatt,x$stattp*x$kjern ! Adderer antall fanget opp i kontroll til statistikk.

```

```

ADVANCE 1      ! Kontrollørene reiser til stasjonen, og kontrollerer på toget
GOTO kstor
kgron  ENTER kgron,1,Q      ! Start av Gronlands kontrollsegment
ADVANCE 5,2    ! Kontrollørene gjør seg klar for å ta neste tog.
vgron  ADVANCE 0.25      ! Kontrollørene stiller seg opp og venter på toget
IF x$tkgron=0,vgron      ! Om det ikke er tog på stasjonen, venter kontrollørene til det
kommer et.
LEAVE kgron    ! Kontrollteamet forlater toyen stasjon for å gå på første innkomne tog.
LET+ x$tkon,1  ! Øker antall tog kontrollert med 1
LET+ x$settk,x$kggron ! Teller antall passasjerer som har sett kontrollapparatet
IF x$tdjern=2,djern    ! Sender kontrollørene tilbake til majorstua om toget går i den
retningen
IF x$skon2>x$kggron,senkg      ! Behandler tilfellet hvor antall passasjerer er høyere
enn kontrollkapasiteten
LET x$kggron=x$skon2    ! trekker fra antall passasjerer kontrollert uansett
senkg  LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01  ! Regner ut prosent andel som blir tatt i kontroll
LET+ x$totk,x$kggron    ! Øker antall kontrolerte passasjerer
LET+ x$ttatt,x$stattp*x$kggron ! Adderer antall fanget opp i kontroll til statistikk.
ADVANCE 2      ! Kontrollørene reiser til stasjonen, og kontrollerer på toget
GOTO ktoye     ! Kontrollørene reiser til stortinget
djern  IF x$skon1>x$kggron,senkg2      ! Behandler tilfellet hvor antall passasjerer er høyere
enn kontrollkapasiteten
LET x$kggron=x$skon1    ! trekker fra antall passasjerer kontrollert uansett
senkg2 LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01  ! Regner ut prosent andel som blir tatt i kontroll
LET+ x$totk,x$kggron    ! Øker antall kontrolerte passasjerer
LET+ x$ttatt,x$stattp*x$kggron ! Adderer antall fanget opp i kontroll til statistikk.
ADVANCE 1      ! Kontrollørene reiser til stasjonen, og kontrollerer på toget
GOTO kjern
ktoye  ENTER ktoye,1      ! Start av toyens kontrollsegment
ADVANCE 5,2    ! Kontrollørene gjør seg klar for å ta neste tog.
vtoye  ADVANCE 0.25      ! Kontrollørene stiller seg opp og venter på toget
IF x$tttoye=0,vtoye    ! Om det ikke er tog på stasjonen, venter kontrollørene til det
kommer et.
LEAVE ktoye    ! Kontrollteamet forlater toyen stasjon for å gå på første innkomne tog.
LET+ x$settk,x$ktoye  ! Øker antall passasjerer som har sett kontroll
IF x$skon2>x$ktoye,senkt      ! Behandler tilfellet hvor antall passasjerer er høyere
enn kontrollkapasiteten
LET x$ktoye=x$skon2    ! trekker fra antall passasjerer kontrollert uansett
senkt  LET+ x$totk,x$ktoye  ! Øker antall kontrolerte passasjerer
LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01  ! Regner ut prosent andel som blir tatt i kontroll
LET+ x$ttatt,x$stattp*x$ktoye ! Adderer antall fanget opp i kontroll til statistikk.
ADVANCE 2      ! Kontrollørene reiser til stasjonen, og kontrollerer på toget
GOTO kgron     ! Kontrollørene reiser til gronland

GENERATE 1      ! Genererer passasjerer hvert minutt.
LET+ x$pmajo1,fn$sen2+fn$snorm      ! Øker passasjerer på østgående løp majorstua
LET+ x$pmajo2,fn$sen2+fn$snorm      ! Øker antall passasjerer på vestgående side
majorstua
LET+ x$pnati1,fn$sen2+fn$snorm      ! Øker antall passasjerer østgående løp national
LET+ x$pnati2,fn$sen2+fn$snorm      ! Øker passasjerer på vestgående løp national
LET+ x$pstor1,fn$sen1+fn$snorm      ! Øker passasjerer på østgående løp stortinget
LET+ x$pstor2,fn$sen1+fn$snorm      ! Øker antall passasjerer på vestgående løp
stortinget
LET+ x$pjern1,fn$sen1+fn$snorm      ! Øker passasjerer østgående løp på jernbanetorget
LET+ x$pjern2,fn$sen1+fn$snorm      ! Øker antall passasjerer vestgående løp
jernbanetorget
LET+ x$pgron1,fn$sen2+fn$snorm      ! Østgående, Grønland
LET+ x$pgron2,fn$sen2+fn$snorm      ! Vestgående, Grønland
LET+ x$ptoye1,fn$sen2+fn$snorm      ! Østgående, Tøyen
LET+ x$ptoye2,fn$sen2+fn$snorm      ! Vestgående, Tøyen
TERMINATE

GENERATE 5      ! Genererer grafikk på antall tatt/tidspunkt.
HELP GRAPHIC,CL,x$ttatt
TERMINATE

GENERATE 450
PRINT 'Nøkkeltallfor snikerate:      ',x$snirat
PRINT 'Antall passasjerer:            ',x$totpas
PRINT 'Antall som har sett kontrollapp.:',x$settk
PRINT 'Antall Passasjerer kontrolert ',x$totk
PRINT 'Antall passasjerer tatt:       ',x$ttatt
PRINT ''
PRINT 'Antall tog:                    ',x$antog
PRINT 'Antall tog kontrollert         ',x$tkon
PRINT ''
PRINT 'Antall kontrollorer pr team:   ',x$antkon

```

```

PRINT ''
LET x$tosnik=x$snik*x$ttatt
LET x$totkos=x$antkon*x$koskon*7.5
LET x$res=x$tosnik-x$totkos
PRINT '                ÅRSRAPPORT'
PRINT '-----'
PRINT ''
PRINT 'INNTEKTER'
PRINT ' snikegebyr                ',x$snik
PRINT ' antall tatt                ',x$ttatt
PRINT 'TOTALT snikegebyr          ',x$tosnik
PRINT ''
PRINT 'KOSTNADER'
PRINT ' pr kontrollør                ',x$koskon
PRINT ' antall kontrollører         ',x$antkon
PRINT 'TOTALT kontrollkostnader    ',x$totkos
PRINT ''
PRINT '-----'
PRINT 'RESULTAT                      ',x$res
PRINT ''
TERMINATE 1

```

```

start 1
end

```

Koden brukt for simulering av det nye systemet:

Funksjonene i starten av simuleringen er kommentert her, da det ikke er mulig å kommentere funksjoner ved hjelp av utropstegn i selve koden.

```

tgen FUNCTION RN1,R !Funksjon for generering av riktig antall tog ved oppstart.
sen1 FUNCTION CL,C ! Funksjon for passasjergenerering til stasjonene.
sen2 FUNCTION CL,C ! Funksjon for passasjergenerering til stasjonene.

```

```

simulate 10

```

```

tgen FUNCTION RN1,R
0 32
60 28
120 25
180 19
210 19
270 19
330 28
390 32
450 32
600 32
sen1 FUNCTION CL,C
0 30
60 22
120 14
180 10
210 10
270 12
330 14
390 22
451 22
600 22
sen2 FUNCTION CL,C
0 26
60 18
120 8
180 6
210 6
270 8
330 8
390 18
451 18
600 18
LET X$totkos=0 ! totale kontrollkostnader
LET X$majo=0 ! antall tog til kontroll ved stasjonen
LET X$nati=0 ! antall tog til kontroll ved stasjonen

```

```

LET X$stor=0 ! antall tog til kontroll ved stasjonen
LET X$jern=0 ! antall tog til kontroll ved stasjonen
LET X$gron=0 ! antall tog til kontroll ved stasjonen
LET X$toye=0 ! antall tog til kontroll ved stasjonen
LET X$kont=0 ! kontrollerte passasjerer
LET X$tkon=0 ! kontrollerte tog
LET X$antog=0 ! antall tog
LET X$kmajo=0 ! passasjerer til kontroll ved denne stasjonen.
LET X$knati=0 ! passasjerer til kontroll ved denne stasjonen.
LET X$kstor=0 ! passasjerer til kontroll ved denne stasjonen.
LET X$kjern=0 ! passasjerer til kontroll ved denne stasjonen.
LET X$kgron=0 ! passasjerer til kontroll ved denne stasjonen.
LET X$ktoye=0 ! passasjerer til kontroll ved denne stasjonen.
LET X$oppset=0 ! Tid brukt til oppset av kontroll
LET X$pmajol=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$pnatil=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$pstorl=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$pjernl=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$pgronl=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$ptoyel=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$pmajo2=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$pnati2=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$pstor2=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$pjern2=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$pgron2=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$ptoye2=0 ! passasjerer på stasjonen, fordelt mellom de 2 baneretninger.
LET X$tid=0 ! tid brukt av kontrollgruppen
LET X$ktid=0 !
LET X$stattp=0 ! present av kontrollerte passasjerer som sniker
LET X$ttatt=0 ! antall passasjerer tatt.
LET X$arbtid=450 ! arbeidstid
LET X$ikmaj=0 ! signalvariabel for stasjon i kontroll.
LET X$iknat=0
LET X$iksto=0
LET X$ikjer=0
LET X$ikgro=0
LET X$iktoy=0 ! signalvariabel for stasjon i kontroll.
LET X$totpas=0 ! totalt antall passasjerer.
LET X$antkon=20 ! antall kontrollører per team
LET X$koskon=400 ! kostnad pr kontrollør pr time
LET X$snik=750 ! snikegebyr
LET X$snirat=0.03 ! snikerate
LET X$tidop=30 ! oppsettstid
majol CAPACITY 1 ! kapasitet per sporretning per stasjon.
nati1 CAPACITY 1
stor1 CAPACITY 1
jern1 CAPACITY 1
gron1 CAPACITY 1
toye1 CAPACITY 1
toye2 CAPACITY 1
stor2 CAPACITY 1
nati2 CAPACITY 1
majo2 CAPACITY 1
kmajor CAPACITY 1
knatio CAPACITY 1
kstor CAPACITY 1
kjern CAPACITY 1
kgron CAPACITY 1
ktoye CAPACITY 1
gron2 CAPACITY 1
jern2 CAPACITY 1
GENERATE 3.5,0.5,3 ! Generer østgående tog
LET+ x$antog,1 ! Øker antall totalt tog med 1
LET p$toget=fn$tggen+fn$snorm*3 ! Passasjertallet på tog mot sentrum settes.
LET+ x$totpas,p$toget ! Teller totalt passasjertall
GOTO tide1,0.8 ! Håndterer forsinkelser i 20% av tilfellene.
ADVANCE 5,4 ! Forsinkelse langs linja
tide1 ENTER majol ! Ankommer Majorstua
IF x$ikmaj=0,major1 ! Teller antall innkomne tog på majorstuens spor 1.
LET+ x$kmajor,0.15*p$toget ! Avstigning som kontrolleres
LET+ x$majo,1 ! Tog som har blitt kontrollert
major1 ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pmajol ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pmajol ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pmajol=0.75*x$pmajol ! Påstigning på toget
LEAVE majol ! Forlater Majorstua stasjon

```

```

ADVANCE 3      ! Reiser mellom Majorstua og National
ENTER natil   ! Ankommer Nationaltheatret
IF x$iknat=0,natio1 ! Teller antall innkomne tog på Nationaltheatrets
LET+ x$knatio,0.15*p$toget ! Avstigning som kontrolleres
LET+ x$natil,1 ! Øker antall tog som skal kontrolleres
natio1 ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pnatil ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pnatil ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pnatil=0.75*x$pnatil ! Påstigning på toget
LEAVE natil ! Forlater Nationaltheatret
ADVANCE 1      ! togtid mellom National og Stortinget
ENTER stort1  ! Ankommer stortinget
IF x$iksto=0,storti ! Teller antall innkomne tog på stortingets spor 1.
LET+ x$kstor,0.15*p$toget ! Avstigning som kontrolleres
LET+ x$stor,1 ! Øker antall tog som skal til kontrol
storti ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pstor1 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pstor1 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pstor1=0.75*x$pstor1 ! Påstigning på toget
LEAVE stort1 ! Forlater stortinget
ADVANCE 1      ! reisetid Stortinget - Jernbanetorget
ENTER jern1   ! Ankommer jernbanetorget
IF x$ikjer=0,jernb1 ! Teller antall inkomne tog på Jernbanetorget
LET+ x$kjern,0.15*p$toget ! Avstigning som kontrolleres
LET+ x$jern,1 ! Øker antall tog som skal til kontrol
jernb1 ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pjern1 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pjern1 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pjern1=0.75*x$pjern1 ! Påstigning på toget
LEAVE jern1 ! Forlater Jernbanetorget
ADVANCE 1      ! Reisetid Jernbanetorget - Gronland
ENTER gron1   ! Ankommer Gronland
IF x$ikgro=0,gron1 ! Teller antall inkomne tog på Grønlands spor 1.
LET+ x$kgron,0.15*p$toget ! Avstigning som kontrolleres
LET+ x$gron,1 ! Øker antall tog som skal til kontrol
gron1 ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pgron1 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pgron1 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pgron1=0.75*x$pgron1 ! Påstigning på toget
LEAVE gron1 ! Forlater gronland
ADVANCE 2      ! Reisetid Gronland - Toyen
ENTER toy1    ! Ankommer Toyen
IF x$iktoy=0,toy1 ! Teller antall inkomne tog på Tøyens spor 1.
LET+ x$ktoye,0.15*p$toget ! Avstigning som kontrolleres
LET+ x$toye,1 ! Øker antall tog som skal til kontrol
toy1 ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$ptoye1 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$ptoye1 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$ptoye1=0.75*x$ptoye1 ! Påstigning på toget
LEAVE toy1 ! forlater Toyen
TERMINATE

GENERATE 3.5,0.5,0 ! Generer vestgående tog
LET+ x$antog,1 ! Øker antall tog med 1
LET p$toget=fn$stgen+fn$snorm*3 ! Passasjertallet på tog mot sentrum settes.
LET+ x$totpas,p$toget ! Teller totalt passasjertall
GOTO tide2,0.8 ! Håndterer forsinkelser
tide2 ADVANCE 5,4 ! Forsinkelse langs linja
ENTER toy2    ! Ankommer Tøyen
IF x$iktoy=0,toy2 ! Teller antall inkomne tog på Tøyens spor 2.
LET+ x$ktoye,0.15*p$toget ! Avstigning som kontrolleres
LET+ x$toye,1 ! Øker antall tog som skal til kontrol
toy2 ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$ptoye2 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$ptoye2 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$ptoye2=0.75*x$ptoye2 ! Påstigning på toget
LEAVE toy2 ! forlater Tøyen
ADVANCE 2      ! Reisetid Tøyen - Gronland
ENTER gron2   ! Ankommer Gronland
IF x$ikgro=0,gron12 ! Teller antall inkomne tog på Grønlands spor 2.
LET+ x$kgron,0.15*p$toget ! Avstigning som kontrolleres

```

```

gronl2 LET+ x$gron,1 ! Øker antall tog som skal til kontrol
ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pgron2 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pgron2 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pgron2=0.75*x$pgron2 ! Påstigning på toget
LEAVE gron2 ! Forlater gronland
ADVANCE 1 ! Reisetid Gronland - Jernbanetorget
ENTER jern2 ! Ankommer jernbanetorget
IF x$ikjer=0,jernb2 ! Teller antall inkomne tog på Jernbanetorget
LET+ x$kjern,0.15*p$toget ! Avstigning som kontrolleres
LET+ x$jern,1 ! Øker antall tog som skal til kontrol
jernb2 ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pjern2 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pjern2 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pjern2=0.75*x$pjern2 ! Påstigning på toget
LEAVE jern2 ! Forlater Jernbanetorget
ADVANCE 1 ! reisetid Jernbanetorget - Stortinget
ENTER stor2 ! Ankommer stortinget
IF x$iksto=0,stor2 ! Teller antall inkomne tog på stortingets spor 2.
LET+ x$kstor,0.15*p$toget ! Avstigning som kontrolleres
LET+ x$stor,1 ! Øker antall tog som skal til kontrol
stor2 ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$psstor2 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$psstor2 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$psstor2=0.75*x$psstor2 ! Påstigning på toget
LEAVE stor2 ! Forlater stortinget
ADVANCE 1 ! Reisetid Stortinget - National
ENTER nati2 ! Ankommer Nationaltheatret
IF x$iknat=0,natio2 ! Teller antall inkomne tog på Nationaltheatrets
LET+ x$knatio,0.15*p$toget ! Avstigning som kontrolleres
LET+ x$nati,1 ! øker antall tog som skal kontrolleres
natio2 ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pnati2 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pnati2 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pnati2=0.75*x$pnati2 ! Påstigning på toget
LEAVE nati2 ! Forlater Nationaltheatret
ADVANCE 3 ! Reisetid National - Majorstua
ENTER majo2 ! Ankommer Majorstua
IF x$ikmaj=0,major2 ! Teller antall inkomne tog på majorstuens spor 2.
LET+ x$kmajor,0.15*p$toget ! Avstigning som kontrolleres
LET+ x$majo,1 ! Øker antall inkomne tog på majorstua med 1
major2 ADVANCE 0.5 ! Banen stopper på stasjonen
LET- p$toget,0.15*p$toget ! avstigning
LET+ p$toget,0.25*x$pmajo2 ! Påstigning
LET+ x$totpas,0.25*x$pmajo2 ! Teller totalt passasjerantall
LET x$pmajo2=0.75*x$pmajo2 ! Påstigning på toget
LEAVE majo2 ! Forlater Majorstua stasjon
TERMINATE

GENERATE ,,1,1 ! Genererer antall kontrolgrupper
start IF x$ikmaj=1,nation ! Sender kontroll videre om denne stasjon er opptatt
GOTO nation,0.8 ! Kontroll Majorstua
ENTER kmajor ! Kontroll på majorstua
LET x$ikmaj=1 ! Sier fra at det er kontroll på denne stasjonen.
LET x$oppset=x$tidop+5*fn$snorm ! Oppsetningstid av kontroll
ADVANCE x$oppset ! Lar kontrollørene bruke riktig mengde tid på oppsett
LET+ x$tid,x$oppset ! Legger tid brukt på oppsett til totaltid brukt
LET x$ktid=35+2.5*fn$snorm ! Genererer tiden brukt på kontroll
LET x$majo=0 ! Gjør klart for kontroll
LET x$kmajor=0 ! Gjør klart for kontroll
ADVANCE x$ktid ! Utfører kontroll
LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01 ! Regner ut % tatt i kontroll
LET+ x$statt,x$stattp*x$kmajor ! Regner ut antall tatt i denne kontrollen
LET+ x$kont,x$kmajor ! setter antall pasasjerer kontrolert
LET+ x$tkon,x$majo ! Øker antall avganger kontrolert
LET x$majo=0 ! Setter antall tog til 0, for å slutte tellingen av inkomne tog
LET x$kmajor=0 ! Setter antall personer i kontroll til 0
LET+ x$tid,x$ktid ! Øker tiden brukt av kontrolteam
LET x$ikmaj=0 ! Signaliserer til resten av programmet at stasjonen ikke lenger er
under kontroll.
LEAVE kmajor ! Ferdig med kontrol på majorstua
IF x$tid<x$arbtid,start ! Om det er mer tid i løpet av arbeidsdagen, finn ny
kontrollpost

```

```

nation  TERMINATE 1      ! Ferdig med arbeidsdagen
        IF x$iknat=1,start  ! Sender kontroll vidre om denne stasjon er opptatt
        GOTO stort,0.8 ! Kontrollblokk nationaltheatret
        ENTER knatio      ! Kontroll nationaltheatret
        LET x$iknat=1     ! Sier fra at det er kontroll på denne stasjonen.
        LET x$oppset=x$tidop+5*fn$snorm      ! Oppsetningstid av kontroll
        ADVANCE x$oppset      ! Lar kontrollørene bruke riktig mengde tid på oppsett
        LET+ x$tid,x$oppset    ! Legger tid brukt på oppsett til totaltid brukt
        LET x$ktid=35+2.5*fn$snorm          ! Genererer tiden brukt på kontroll
        LET x$knatio=0 ! Gjør klart for kontroll
        LET x$snati=0 ! Gjør klart for kontroll
        ADVANCE x$ktid ! Utfører kontroll
        LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01 ! Regner ut % tatt i kontroll
        LET+ x$ttatt,x$stattp*x$knatio ! Regner ut antall tatt i denne kontrollen
        LET+ x$kont,x$kmajor      ! setter antall pasasjerer kontrolert
        LET+ x$tkon,x$snati       ! Øker antall avganger kontrolert
        LET x$knatio=0 ! Setter antall passasjerer til kontrol på nationaltheateret=0
        LET x$snati=0 ! Setter antall tog til 0, for å slutte tellingen av inkomne tog
        LET+ x$tid,x$ktid        ! Øker tiden brukt av kontrolteam
        LET x$iknat=0 ! Signaliserer til resten av programmet at stasjonen ikke lenger er
under kontroll.
        LEAVE knatio ! Ferdig med kontroll på nationaltheatret
        IF x$tid<x$arbtid,start      ! Om det er mer tid i løpet av arbeidsdagen
        TERMINATE 1 ! Avslutter arbeidsdagen
stort  IF x$iksto=1,jernbt      ! Sender kontroll vidre om denne stasjon er opptatt
        GOTO jernbt,0.8      ! Kontrollblokk stortinget
        ENTER kstor,Q ! begynner kontrol stortinget
        LET x$iksto=1
        LET x$oppset=x$tidop+5*fn$snorm      ! Oppsetningstid av kontroll
        ADVANCE x$oppset      ! Lar kontrollørene bruke riktig mengde tid på oppsett
        LET+ x$tid,x$oppset    ! Legger tid brukt på oppsett til totaltid brukt
        LET x$ktid=35+2.5*fn$snorm          ! Genererer tiden brukt på kontroll
        LET x$kstor=0 ! Gjør klart for kontroll
        LET x$stor=0 ! Gjør klart for kontroll
        ADVANCE x$ktid ! Utfører kontroll
        LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01 ! Regner ut % tatt i kontroll
        LET+ x$ttatt,x$stattp*x$kstor ! Regner ut antall tatt i denne kontrollen
        LET+ x$kont,x$kstor      ! setter antall pasasjerer kontrolert
        LET+ x$tkon,x$stor       ! Øker antall avganger kontrolert
        LET x$kstor=0 ! antall personer til kontrol
        LET x$stor=0 ! Setter antall tog til 0, for å slutte tellingen av inkomne tog
        LET+ x$tid,x$ktid        ! Øker tiden brukt av kontrolteam
        LET x$iksto=0 ! Signaliserer til resten av programmet at stasjonen ikke lenger er
under kontroll.
        LEAVE kstor ! Avslutter kontrol stortinget
        IF x$tid<x$arbtid,start      ! Gå til start om mer tid i løpet av arbeidsdagen
        TERMINATE 1 ! Avslutter arbeidsdagen
jernbt IF x$ikjer=1,gronk      ! Sender kontroll vidre om denne stasjon er opptatt
        GOTO gronk,0.8 ! Kontrollblokk jernbanetorget
        ENTER kjern      ! Kontroll jernbanetorget
        LET x$ikjer=1 ! Sier fra at det er kontroll på denne stasjonen.
        LET x$oppset=x$tidop+5*fn$snorm      ! Oppsetningstid av kontroll
        ADVANCE x$oppset      ! Lar kontrollørene bruke riktig mengde tid på oppsett
        LET+ x$tid,x$oppset    ! Legger tid brukt på oppsett til totaltid brukt
        LET x$ktid=35+2.5*fn$snorm          ! Genererer tiden brukt på kontroll
        LET x$jjern=0 ! Gjør klart for kontroll
        LET x$kjern=0 ! Gjør klart for kontroll
        ADVANCE x$ktid ! Utfører kontroll
        LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01 ! Regner ut % tatt i kontroll
        LET+ x$ttatt,x$stattp*x$kjern ! Regner ut antall tatt i denne kontrollen
        LET+ x$tkon,x$jjern      ! Øker antall avganger kontrolert
        LET+ x$kont,x$kjern      ! setter antall pasasjerer kontrolert
        LET x$jjern=0 ! Setter antall tog til 0, for å slutte tellingen av inkomne tog
        LET x$kjern=0 ! antall igjen til kontroll
        LET+ x$tid,x$ktid        ! Øker tiden brukt av kontrolteam
        LET x$ikjer=0 ! Signaliserer til resten av programmet at stasjonen ikke lenger er
under kontroll.
        LEAVE kjern ! Ferdig med kontroll på jernbanetorget
        IF x$tid<x$arbtid,start      ! Om det er mer tid i løpet av arbeidsdagen
        TERMINATE 1 ! Avslutter arbeidsdagen
gronk  IF x$ikgro=1,toy      ! Sender kontroll vidre om denne stasjon er opptatt
        GOTO toy,0.8 ! Kontrollblokk Gronland
        ENTER kgro      ! Kontroll jernbanetorget
        LET x$ikgro=1 ! Sier fra at det er kontroll på denne stasjonen.
        LET x$oppset=x$tidop+5*fn$snorm      ! Oppsetningstid av kontroll
        ADVANCE x$oppset      ! Lar kontrollørene bruke riktig mengde tid på oppsett
        LET+ x$tid,x$oppset    ! Legger tid brukt på oppsett til totaltid brukt

```



```

LET x$ktid=35+2.5*fn$snorm ! Genererer tiden brukt på kontroll
LET x$gron=0 ! Gjør klart for kontroll
LET x$kgron=0 ! Gjør klart for kontroll
ADVANCE x$ktid ! Utfører kontroll
LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01 ! Regner ut % tatt i kontroll
LET+ x$ttatt,x$stattp*x$kgron ! Regner ut antall tatt i denne kontrollen
LET+ x$tkon,x$gron ! Øker antall avganger kontrolert
LET+ x$kont,x$kgron ! setter antall pasasjerer kontrolert
LET x$gron=0 ! Setter antall tog til 0, for å slutte tellingen av inkomne tog
LET x$kgron=0 ! antall igjen til kontroll
LET+ x$tid,x$ktid ! Øker tiden brukt av kontrolteam
LET x$ikgro=1 ! Signaliserer til resten av programmet at stasjonen ikke lenger er
under kontroll.
LEAVE kgron ! Ferdig med kontroll på jernbanetorget
IF x$tid<x$arbtid,start ! Om det er mer tid i løpet av arbeidsdagen
TERMINATE 1 ! Avslutter arbeidsdagen
toy
IF x$ikttoy=1,start ! Sender kontroll vidre om denne stasjon er opptatt
GOTO start,0.8 ! Kontrollblokk Gronland
ENTER ktoye ! Kontroll Toyen
LET x$ikttoy=1 ! Sier fra at det er kontroll på denne stasjonen.
LET x$oppset=x$tidop+5*fn$snorm ! Oppsettningstid av kontroll
ADVANCE x$oppset ! Lar kontrollørene bruke riktig mengde tid på oppsett
LET+ x$tid,x$oppset ! Legger tid brukt på oppsett til totaltid brukt
LET x$ktid=35+2.5*fn$snorm ! Genererer tiden brukt på kontroll
LET x$toye=0 ! Gjør klart for kontroll
LET x$ktoye=0 ! Gjør klart for kontroll
ADVANCE x$ktid ! Utfører kontroll
LET x$stattp=x$snirat+fn$snorm*0.01 ! Regner ut % tatt i kontroll
LET+ x$ttatt,x$stattp*x$ktoye ! Regner ut antall tatt i denne kontrollen
LET+ x$tkon,x$toye ! Øker antall avganger kontrolert
LET+ x$kont,x$ktoye ! setter antall pasasjerer kontrolert
LET x$toye=0 ! Setter antall tog til 0, for å slutte tellingen av inkomne tog
LET x$ktoye=0 ! antall igjen til kontroll
LET+ x$tid,x$ktid ! Øker tiden brukt av kontrolteam
LET x$ikttoy=0 ! Signaliserer til resten av programmet at stasjonen ikke lenger er
under kontroll.
LEAVE ktoye ! Ferdig med kontroll på Toyen
IF x$tid<x$arbtid,start ! Om det er mer tid i løpet av arbeidsdagen
TERMINATE 1 ! Avslutter arbeidsdagen

GENERATE 1 ! Genererer passasjerer hvert minutt.
LET+ x$pmajo1,fn$sen2+fn$snorm ! Øker passasjerer på østgående løp majorstua
LET+ x$pmajo2,fn$sen2+fn$snorm ! Øker antall passasjerer på vestgående side
majorstua
LET+ x$pnati1,fn$sen2+fn$snorm ! Øker antall passasjerer østgående løp national
LET+ x$pnati2,fn$sen2+fn$snorm ! Øker passasjerer på vestgående løp national
LET+ x$pstor1,fn$sen1+fn$snorm ! Øker passasjerer på østgående løp stortinget
LET+ x$pstor2,fn$sen1+fn$snorm ! Øker antall passasjerer på vestgående løp
stortinget
LET+ x$pjern1,fn$sen1+fn$snorm ! Øker passasjerer østgående løp på jernbanetorget
LET+ x$pjern2,fn$sen1+fn$snorm ! Øker antall passasjerer vestgående løp
jernbanetorget
LET+ x$pgron1,fn$sen2+fn$snorm ! Østgående, Grønland
LET+ x$pgron2,fn$sen2+fn$snorm ! Vestgående, Grønland
LET+ x$ptoye1,fn$sen2+fn$snorm ! Østgående, Tøyen
LET+ x$ptoye2,fn$sen2+fn$snorm ! Vestgående, Tøyen
TERMINATE

GENERATE 5 ! Genererer grafikk på antall tatt/tidspunkt.
HELP GRAPHC,CL,x$ttatt
TERMINATE

GENERATE 450
PRINT 'NØKKELTALL for snikrate:',x$snirat
PRINT 'Antall passasjerer: ',x$totpas
PRINT 'Antall Passasjerer kontrolert ',x$kont
PRINT 'Antall passasjerer tatt: ',x$ttatt
PRINT ''
PRINT 'Antall tog: ',x$antog
PRINT 'Antall tog kontrollert ',x$tkon
PRINT ''
PRINT 'Antall kontrollorer pr team: ',x$santkon
PRINT ''
LET x$tosnik=x$snik*x$ttatt*260
LET x$totkos=x$antkon*x$koskon*7.5*260
LET x$res=x$tosnik-x$totkos
PRINT ' ÅRSRAPPORT'

```

```

PRINT ' -----'
PRINT ''
PRINT '      INNTEKTER'
PRINT '      snikegebyr          ',x$snik
PRINT '      TOTALT snikegebyr    ',x$tosnik
PRINT ''
PRINT '      KOSTNADER'
PRINT '      pr kontrollør        ',x$koskon
PRINT '      antall kontrollører   ',x$antkon
PRINT '      TOTALT kontrollkostnader ',x$totkos
PRINT ''
PRINT ' -----'
PRINT '      RESULTAT            ',x$res
PRINT ''
PRINT ''
PRINT ''
TERMINATE

```

```

start 1
end

```