

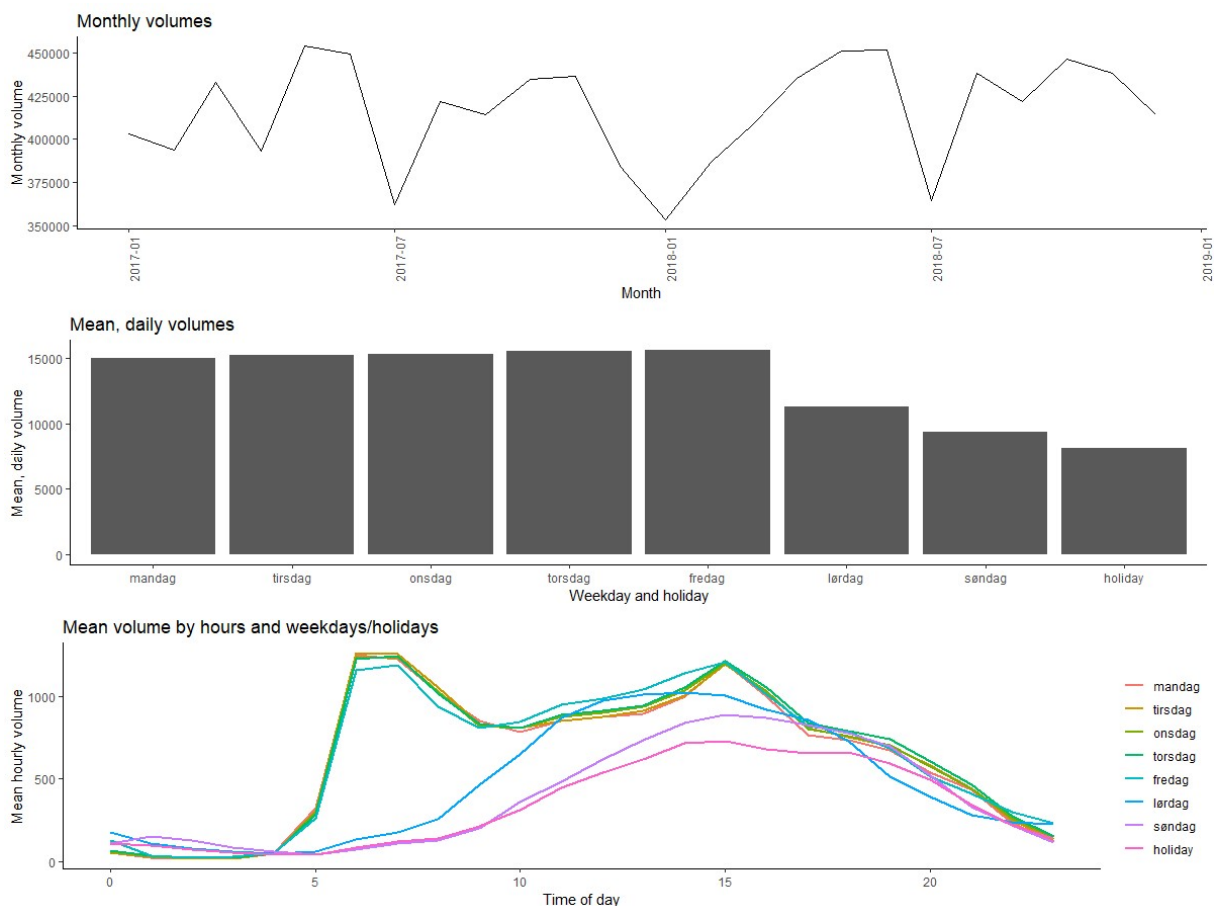
MET4 HJEMMEKSAMEN LØSNINGSMOMENTER:
 RUSHTIDSAVGIFT OG TRAFIKKMENGDE
 INSTITUTT FOR FORETAKSØKONOMI
 NHH

OPPGAVER

Det er mange faktorer som påvirker trafikkvolumet. Det finnes langsiktige trender som følge av endret bosetning og næringsstruktur. På kort sikt kan vær, pendlertider, helligdager og ukedager påvirke registreringene per time.

1. Beskriv trafikkmengden over Sotrabroen.
 - a. Beskriv grafisk hvordan hhv langsiktige trender, ukedager og helligdager samt timer på døgnet påvirker trafikkmengde.

Det er mange måter å visualisere datasettet over. Et eksempel er figurene under, som viser hhv. Totalvolum per måned, gjennomsnittlig volum per ukedag/helligdag, samt gjennomsnittlig volum per time og ukedag.



- b. La $Season_s(t)$ være en indikatorvariabel som er lik 1 dersom observasjon t tilhører sesong s , der S er settet av sesongeffekter, der en av sesongene er utelatt fra hver kategori (eksempelvis $S = \{Feb., \dots, Dec, Tue., \dots, Fri.\}$)

$$Volume_t = \beta_0 + \sum_{s \in S} \beta_s Season_s(t) + \epsilon_t$$

Test hvorvidt det er signifikante, sykliske variasjoner i volum med hensyn til

- i. Måneder
- ii. Ukedager/helligdager
- iii. Klokkeslett pr. ukedag/helligdag.

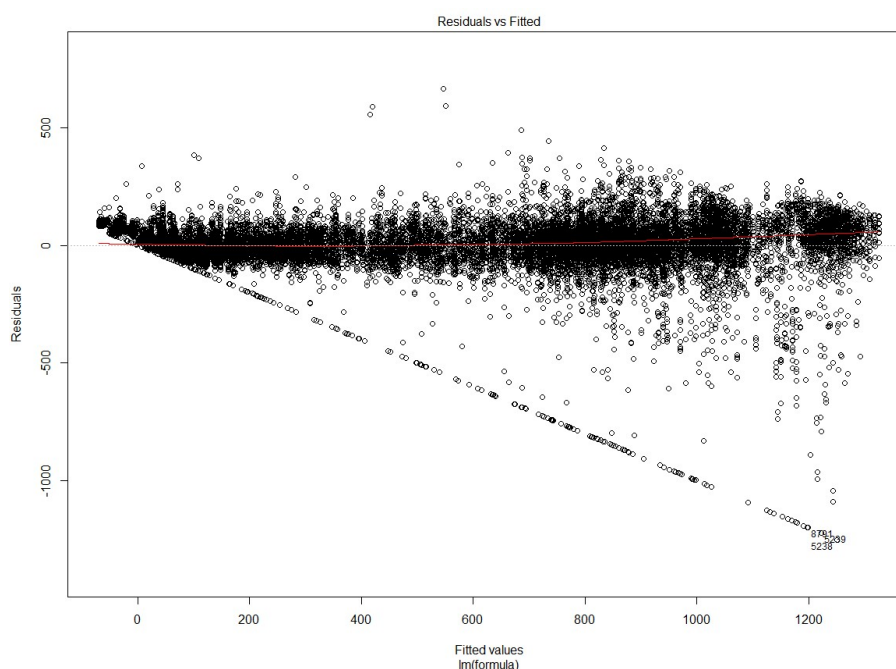
Siden vi her skal vurdere grupper av nye variabler, bør vi bruke en F-test. Under testes regresjonsmodellen over, der vi for hver rekke legger til et nytt sett med sesongeffekter. Eksempel: I den øverste rekken testes månedssesongeffekter mot en modell med kun konstantleddet. Som vi ser av resultatene er alle nivåene av sesongeffekter klart signifikant.

Basert på plott av timevolum per ukedag over, kan det hende det hadde vært bedre å slå sammen hverdager til en «sesong», og ha lørdag, søndager og helligdager for seg selv.

New parameters	Tested against model	Number of new parameters	F-statistic	P-value
Monthly seasons	Intercept only	11	13,99	0
Day of week/holidays	Monthly seasons	7	167,26	0
Hour of day	Monthly and day of week/holidays	23	2457,65	0
Interaction of hour of day and day of week/holiday	Monthly, day of week/holidays and hour of day	161	220,32	0

I denne oppgaven bør det også drøftes hvorvidt modellen er god. Det er åpenbart tidsavhengighet i timevolum, og f.eks. en Durbin-Watson test forkaster klart nullhypotesen om ingen autokorrelasjon mot alternativet om autokorrelasjon av første orden. Et QQ-plott viser at det residualene ikke er normalfordelt, men har tykke haler – spesielt for negative residualer.

Plottet under av residualer mot predikerte verdier viser mange observasjoner langs en «linje». Dette er observasjoner med timevolum lik null. Jeg har ikke funnet ut av årsaken til dette, men det er lite trolig en så trafikkert veistrekning er uten noe biltrafikk i en time. Det kan kanskje forklares med feil på måleinstrumentet. Resultatene i denne oppgaven påvirkes i liten grad av om man tar med disse observasjonene, men studentene bør ha merket seg disse spesielle observasjonene i datasettet.



c. På bakgrunn av resultatene i 1a og 1b, drøft kort hvordan sykler forklarer volumet over tid.

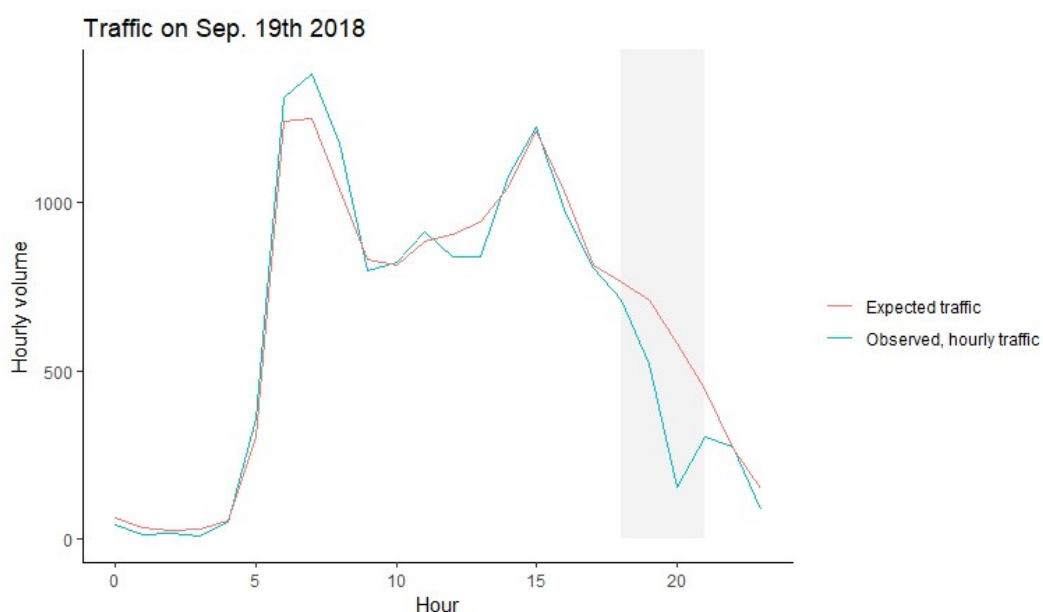
Her bør besvarelsen kommentere at grunnet autokorrelasjon og ikke-normalfordelte feilledd er ikke forutsetningene for inferens i regresjonsmodellene oppfylt. Vi burde derfor gjerne vurdere å også modellere denne tidsavhengigheten. Dersom noen besvarelser prøver seg på dette bør det premieres.

*Ut fra F-testene finner vi den mest komplekse modellen med sesongeffekter på måned og time * dag er signifikant – men dette hviler altså på at de estimerte standardavvikene fra regresjonsmodellen er korrekt.*

2. Sotrabroen ligger utsatt til for ekstremvær, og blir ofte stengt ved ekstrem vind. Den [19. september 2018](#) var det en slik hendelse. Beskriv hva som hendte med trafikken i tidsvinduet rundt denne datoen, og sammenlikn trafikkvolumet i timene rundt denne hendelsen med hva man normalt vil forvente. Beregn hvor ofte slike, eller mer ekstreme, hendelser oppstår over broen.

I denne oppgaven er det viktigste å klare å kvantifisere hva som var forventet volum den aktuelle dagen. Det kan finnes på flere måter, f.eks. ved å beregne snittvolum pr time på onsdager rundt den aktuelle datoen. Alternativt, kan vi bruke regresjonsmodellen med sesongeffekter for måneder og interaksjon mellom ukedag og timer. Tabell og figur under viser forventet trafikk fra regresjonsmodellen under uværet den 19. september, samt trafikken time for time. Vi ser at trafikken er klart under normalen, med 815 færre biler enn forventet som passerte over broen i de aktuelle timene. Det største avviket fra forventningen var på over 400 færre biler enn forventet. En gjennomgang av hele datasettet viser at tilsvarende eller større avvik forekommer på 53 ulike dager (61 om man teller med hendelser med null i timevolum) i disse to årene. Søker man på nett på disse dagene, finner man blant annet begivenheter som Sykkel VM i Bergen (som gikk over broen), trafikkulykker, og ekstremvær.

Traffic during storm	1 689
Expected traffic	2 504
Deviation from expected	-815



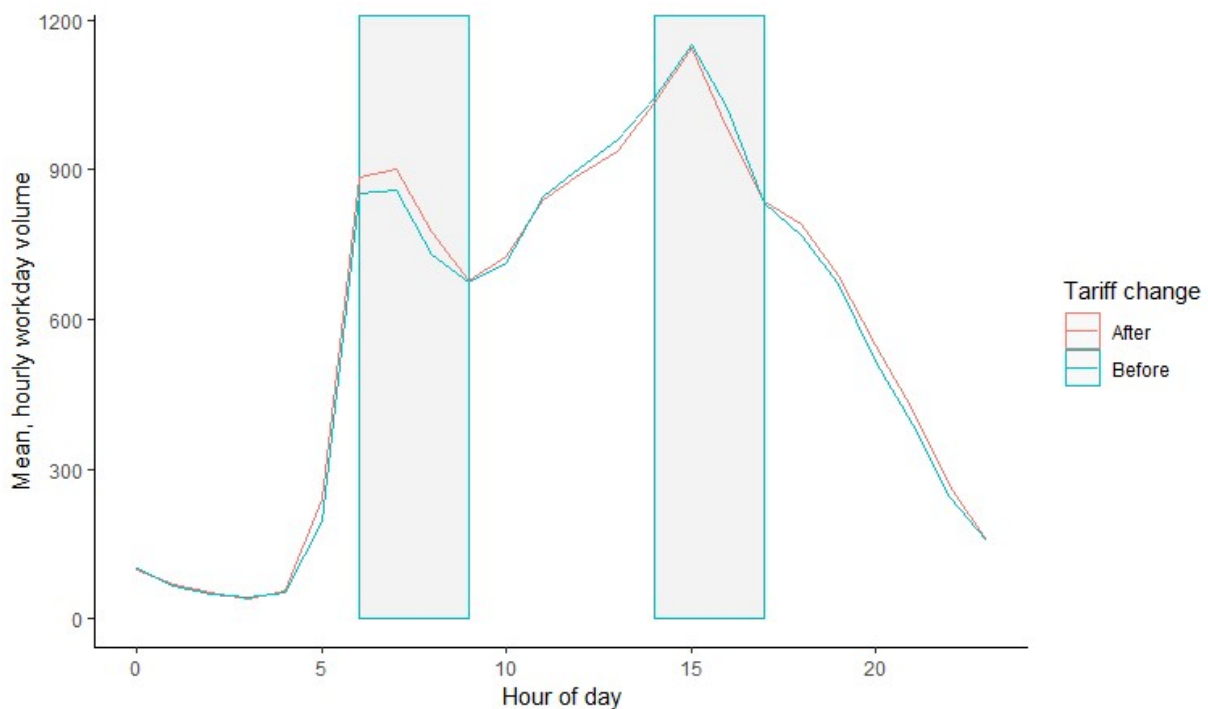
3. Evaluer hvilken effekt av takstendringen i Bergen Kommune den 01.06.2018 har hatt på kjøremønsteret, herunder både totalvolum og volum i rushtiden. Svar på følgende spørsmål:
- I lys av funnene deres i oppgave 1, diskuter hvordan dere kan gå frem for å identifisere disse effektene.

Vi observerer timevolumer etter endringen i rushtidsavgift fra 1. juni til 31. desember. Samtidig er det store variasjoner i volum fra måned til måned. Vi må derfor være nøye med å sammenlikne med en relevant tidsperiode – f.eks. tilsvarende måneder året før.

Her legges det opp til å vurdere effekten på to måter. Først rent grafisk, ved å beregne snittvolum pr ukedag og time i årets 7 siste måneder i hhv 2017 og 2018, og deretter tegne disse i samme figur. Vi kan da se hvorvidt snittvolumene skiller seg noe særlig fra hverandre. Deretter kan vi utføre beregningen med en regresjonsmodell, der vi bruker F-test til å sammenlikne modeller med og uten indikatorvariabler for timer per ukedag etter avgiftsendringen. Som nevnt i oppgave 1 er forutsetningene for modellen ikke oppfylt. Dersom grupper løser denne ved å bruke en mer avansert tidsrekkemodell bør det premieres.

- Vurder effekten av takstendringen, både ift. statistisk og økonomisk signifikans.

Visuelt ser vi at det er en helt marginal forskjell mellom snittvolum per time årets siste 7 måneder i hhv 2017 og 2018. Faktisk her heller snittvolumet noe høyere i morgenrushet i 2018 enn i 2017. Men, som utredningen fra 2018 viser er trafikken over broen også preget av makrobegivenheter som kanskje ikke er relatert til avgiftsomleggingen, f.eks. arbeidsplasser i oljenæringen på CCB. En F-test forkaster heller ikke nullhypotesen om at trafikkmønsteret pr hverdag og time etter omleggingen er signifikant forskjellig fra null.



- Sammenlikn resultatene med Presterud (2018), og drøft hvorfor resultatene eventuelt er ulike.

Der utredningen fant at rushtidsavgift hadde stor innvirkning på kjøremønsteret, finner vi her liten til ingen effekt av innføringen av miljøavgift. Mulige årsaker til dette kan være at:

- en ukjent andel av bilistene over Sotrabroen ikke skal videre inn til Bergen sentrum gjennom bompengeringen

- *bompengeøkningen for de aktuelle biltypene ikke er stor nok til å ha en virkning*
- *bilistene allerede har tilpasset seg avgiftsregimet og i stor grad gått over til elbil.*