

Aksellaster og beregning av «Truck factor» fra WIM

1 Innledning

Det er flere trafikkrelaterte faktorer som bidrar til nedbrytning og slitasje av vegens overbygning og dekke:

1. Tungbilenes påvirkning (deformasjon, nedknusing og utmatting/sprekker).
 - Aksellast (statisk vekt).
 - Dekkustrutning (belastningsareal).
 - o Enkel/tvilling/supersingel (wide base tyre).
 - o Dekktrykk.
 - Dynamiske laster.
 - o Vegens jevnhet.
 - o Kjøretøyets fjæring.
 - o Fartsnivå.
 - Sideveis «vandring» av trafikken.
 - o Bredde av veg/kjørefelt.
 - o Sidehindre/kanalisering.
2. Slitasje av asfaltdekket.
 - Bruk av piggdekk og kjetting.
 - «Utrivning» av partikler pga. vridningskrefter, oppbremsing osv.

Den klart viktigste faktoren er her belastningen (vekten) fra de tunge kjøretøyene. Vi har i Norge god oversikt over ÅDTT, men dette er basert på lengderegistrering og gir ingen informasjon om den reelle vekten av kjøretøyene på vegnettet. Vektdata finnes tilgjengelig fra WIM-installasjoner (Weigh-In-Motion) og denne rapporten beskriver arbeidet som er startet med analysering og bearbeiding av dette datagrunnlaget.

Det langsiktige målet er å fremskaffe dokumentasjon på vekt-belastningen for hele vegnettet i Norge. Dette bør knyttes opp mot systemet for andre trafikkdata og oppgis for hver enkelt trafikklenke (fra kryss til kryss). Å nå dette langsiktige målet innebærer et relativt stort arbeid, og vi har derfor startet med en innledende analyse med følgende målsetting:

1. Beregne oppdaterte verdier for koeffisientene C og E i vegnormalens formel for beregning av total trafikkbelastning for vegens dimensjoneringsperiode. Dette gjøres for utvalgte punkter der en har tilgjengelige data med akseptabel kvalitet.
2. Skaffe oversikt over tilgjengelige WIM-data og kvaliteten av disse dataene som grunnlag for planlegging av videre arbeid med å nå den langsiktige målsettingen.
3. Evaluere beregnede verdier med tanke på følgende forhold:
 - Sammenligne de oppgitte verdiene i vegnormalen med beregnede verdier ut ifra registrerte aksellaster for trafikken per i dag.
 - Sammenligne de norske verdiene for «Truck factor» med tilsvarende verdier i Sverige.
 - Nøyaktigheten av de beregnede verdiene.
 - Er de beregnede verdiene representative for riksvegene generelt?
 - Vurdere metoder for beregning av «Truck factor» der en ikke har tilgjengelige vektdata.

Arbeidet er initiert gjennom FOUI-programmet VegDim der det utvikles et nytt verktøy for prosjektering og beregning av nedbrytning av veger. Gode trafikkdata er her en forutsetning for å kunne beregne pålitelig tilstandsutvikling. Dette systemet implementeres i den norske vegbyggingsnormalen og vil bli et verktøy som kan benyttes av alle vegeiere både ved prosjektering av nye veger og utbedring av eksisterende veg.

Vektdata benyttes imidlertid også i mange andre sammenhenger:

- Ved utvelgelse/screening av kjøretøy til vektkontroll.
- Analyser av godstransporter.
- Ved beregning av sikkerhet og belastningsgrad av bruer og konstruksjoner.
- Som grunnlag for regulering av aksellaster og totalvekt av kjøretøy.

Teknologi Drift og vedlikehold ved Leif Jørgen Bakløkk har vært ansvarlig for arbeidet, og beregningene er utført av Johan Olof Wåhlin, Jorunn Riddervold Levy og Stine Sonen Tveit ved ITS Teknologi.

2 Trafikkbelastning – beregningsgrunnlag

Beregningsgrunnlaget i den norske vegnormalen N200

Ved dimensjonering av vegoverbygninger i N200 regnes trafikkbelastningen om til totalt antall ekvivalente 10 tonns aksler som vil belaste det aktuelle kjørefeltet i dimensjoneringsperioden, som er satt til 20 år. N beregnes ut ifra følgende formel:

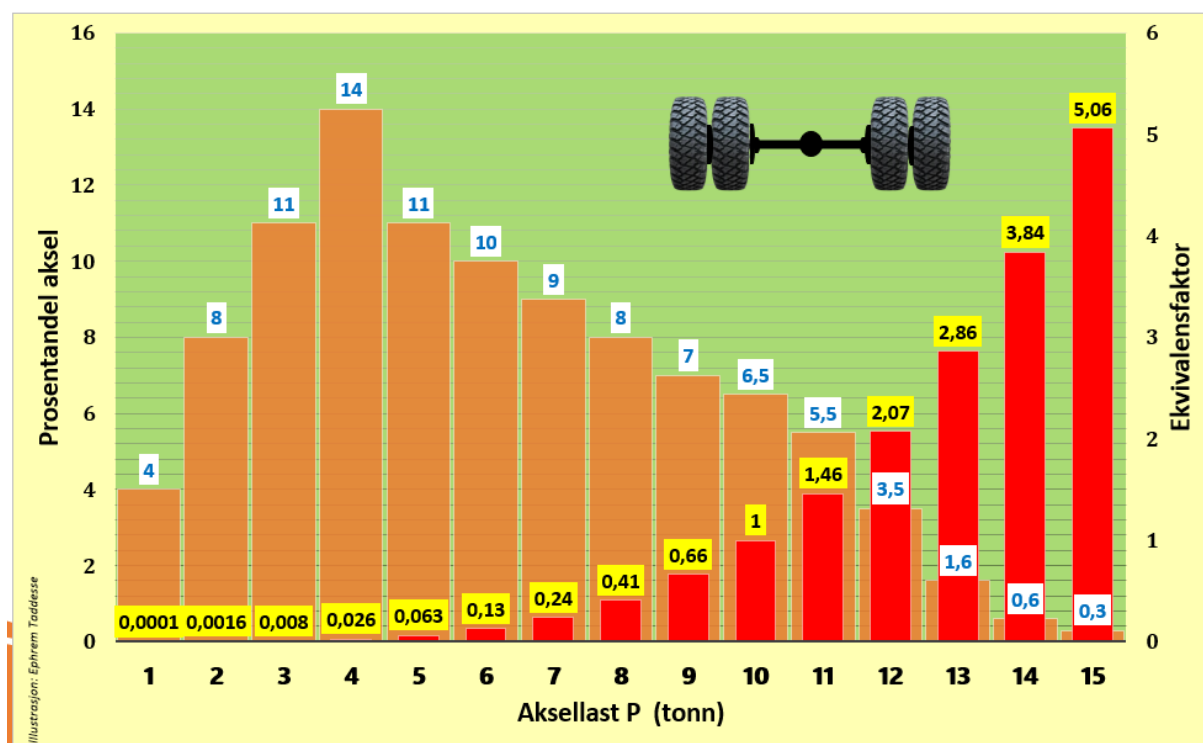
$$N = 365 \cdot C \cdot E \cdot \text{ÅDTT} \cdot f \cdot \frac{(1,0 + 0,01 p)^{20} - 1}{0,01 p}$$

- C er gjennomsnittlig antall aksler per tungt kjøretøy og er satt lik 2,4 i normalen.
- E er gjennomsnittlig ekvivalensfaktor for akslene på tunge kjøretøy. E beregnes ut ifra vekt på de enkelte akslene og deres bidrag til nedbrytning av vegen sammenlignet med en 10 tonns aksel (ut ifra 4. potensregelen). I dagens vegnormal er E=0,427 for veger med tillatt aksellast på 10 tonn.
- ÅDTT er gjennomsnittlig antall tunge kjøretøy per døgn i åpningsåret for vegen. Alle kjøretøy med lengde over 5,6 meter inngår ved registrering av ÅDTT.
- f er fordelingsfaktor for tungtrafikken i kjørefeltene. Beregnes ut fra mengde tungtrafikk på dimensjonerende kjørefelt i forhold til total mengde tungtrafikk over alle kjørefelt.
 - 1-feltsveg, f = 1,0
 - 2-feltsveg, f = 0,50
 - 4-feltsveg, f = 0,45
 - 6-feltsveg, f = 0,40
- p er forventet årlig trafikkvekst for tunge kjøretøy (%).

Tabell 1 viser ekvivalensfaktor for aksellaster fra 1 til 15 tonn og aksellastfordelingen som er lagt til grunn ved beregning av gjennomsnittlig E-verdi i N200 og i figur 1 er det vist en illustrasjon av disse verdiene for en 10 tonns veg.

Tabell 1: Ekvivalensfaktor og antatt normal aksellastfordeling i den norske vegnormalen (N200).

Aksellast P (tonn)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ekvivalensfaktor	0,0001	0,0016	0,008	0,026	0,063	0,13	0,24	0,41	0,66	1,00	1,46	2,07	2,86	3,84	5,06
Aksellastfordeling for en 8 tonns veg (%)	6	14	20	18	11	7	6	5,5	5	3,5	2	1,2	0,5	0,2	0,1
Aksellastfordeling for en 10 tonns veg (%)	4	8	11	14	11	10	9	8	7	6,5	5,5	3,5	1,6	0,6	0,3



Figur 1: Illustrasjon av aksellastfordeling og ekvivalensfaktor.

Ekvivalensfaktoren viser at aksellaster under 5-6 tonn gir svært lite bidrag til nedbrytningen, men de utgjør en stor del av trafikkgrunnlaget som inngår i ÅDTT.

Internasjonalt benyttes ESALS (Equivalent Single Axle LoadS) som betegnelse for N og i prinsippet samme formel for beregning, men ofte med litt andre faktorer eller forutsetninger (trafikkgrunnlag, dimensjoneringsperioder osv.).

Beregningsgrunnlaget i det svenske regelverket

I det svenske regelverket er det beskrevet hvordan både enkeltaksler og ulike akselgrupper skal behandles ved beregning av relativ nedbrytning i forhold til en 10 tonns standardaksel (ESAL). Også her benyttes fjerdepotensregelen og vekten for hver akselgruppe relateres til dimensjonerende (tillatt) last for den aktuelle akselgruppen etter følgende formel:

$$ESAL = \sum_{n=1}^i \left(\frac{w_i}{10} \right)^4 \cdot k_i$$

i = antall enkeltaksler eller akselgrupper (boggi, trippelaksler osv.).

W_i = vekt (tonn) av enkeltaksler eller akselgrupper.

K_i = reduksjonsfaktor for ulike akselgrupper.

$k = 1$ for enkeltaksler.

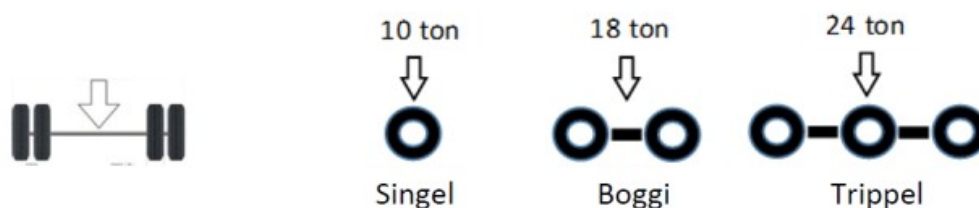
$k = (10/18)^4 = 0,0952$ for boggiaksler.

$k = (10/24)^4 = 0,0302$ for trippelaksler.

Med denne beregningsmetoden vil relativ nedbrytende effekt fra boggiaksler på 18 tonn og trippelaksler på 24 tonn tilsvare en standard enkeltaksel med $ESAL=1$. Dette gir mindre relativ nedbrytende effekt for akselgrupper enn om hver aksling ble behandlet som en enkeltaksel og relatert til tillatt vekt på 10 tonn. For eksempel så vil to enkeltaksler på 9 tonn ha $ESAL=1,32$ når de beregnes som enkeltaksler.

Beregningsmetoden er beskrevet i Trafikverkets rapporter /6/ og /7/ samt i rapport fra NVF-komite «Vehicles and Transports» /3/.

I figur 2 er det vist en illustrasjon og tabell med de viktigste forutsetningene som er lagt til grunn i beregningene.



ESAL-Axelgrupps- typ	Beteckning ESAL- axelgruppstyp	Maximalt avstånd a mellan axlar [m] i en ESAL-axelgrupp	Dimensionerande axelgrupplast Adim [ton]
Singel _{ESAL}	S _E	-	10 ton
Boggi _{ESAL}	B _E	$a < 1,8 \text{ m}$	18 ton
Trippel _{ESAL}	T _E	$a_x < 1,8 \text{ m}$	24 ton
Fyraxlig _{ESAL}	4A _E	$a_x < 1,8 \text{ m}$	30 ton
Femaxlig _{ESAL}	5A _E	$a_x < 1,8 \text{ m}$	35 ton
Sexaxlig _{ESAL}	6A _E	$a_x < 1,8 \text{ m}$	41 ton
Sjuaxlig _{ESAL}	7A _E	$a_x < 1,8 \text{ m}$	46 ton

Figur 2: Beregningsgrunnlag for ESAL fra ulike akselgrupper i det svenske regelverket /6/.

I Sverige beregner en ikke faktorene C og E som i Norge, men finner ESAL (B-faktor) for hvert enkelt kjøretøy etter følgende formel:

$$B_{fordon} = \sum_{i=1}^j \left(\frac{axelvikt_i}{laglig\ last_i} \right)^4$$

For å finne B-faktoren for en veg eller et prosjekt, beregnes gjennomsnittlig nedbrytende effekt, etter følgende formel:

$$B = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n B_{fordon,j}$$

n = antall kjøretøy som trafikkerer vegen i beregningsperioden.

Trafikkbelastning i ERAPave PP

Med programmet ERAPave PP (Elastic Response Analysis of Pavements – Performance Predictions) kan man beregne nedbrytning og levetid av veger, basert på belastning fra trafikk og klima. Programmet er utviklet av VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut) i Sverige og en norsk Web-versjon av programmet er nå under utvikling.

I ERAPave PP benyttes enten ESALS eller ALS (Axle Load Spectra) fra WIM-registreringer som input for trafikkbelastningen. Foreløpig er det hovedsakelig ESALS som benyttes og for praktisk dimensjonering vil det nok være ESALS som vil bli benyttet i mange år fremover. Aksellastspektra vil på sikt bli et hjelpemiddel der en har pålitelige data og ønsker en så nøyaktig beregning som mulig.

Ved bruk av ESALS som inngangsparameter for trafikkbelastningen skal det i ERAPave PP angis en «Truck factor» som tilsvarer B-faktoren i det svenske dimensjoneringssystemet. Ved bruk av de norske faktorene C og E til å beregne «Truck factor» vil en få en litt annen verdi enn ved beregning av B-faktor etter svensk metode. Hvordan denne forskjellen fremkommer er nærmere forklart nedenfor.

Forskjeller på norsk og svensk metode for beregning av «Truck factor»

Flere forhold gjør at det blir litt forskjell på resultatene når en beregner «Truck factor» som C · E sammenlignet med B-faktoren slik den er definert i Sverige.

I det norske dimensjoneringssystemet er det ikke definert hvordan ulike akselgrupper skal behandles ved beregning av E-faktoren. I denne analysen er det derfor benyttet samme metode som i Sverige ved beregning av ESAL for ulike akselgrupper. Derfor blir det en systematisk forskjell på C · E og B-faktoren slik som vist i utledningen nedenfor:

$$B = \frac{\sum ESALS}{n_{kjt}}$$

$$C = \frac{n_{ax}}{n_{kjt}}$$

$$E = \frac{\sum ESALS}{n_{grp}}$$

$$C * E = \frac{\frac{n_{ax}}{n_{kjt}} * \sum ESALS}{n_{grp}} = \frac{\frac{n_{ax}}{n_{grp}} * \sum ESALS}{n_{kjt}} = \frac{n_{ax}}{n_{grp}} * B$$

n_{ax} = antall akslinger

n_{grp} = antall akselgrupper (dvs. enkeltaksler + boggiaksler + trippelaksler osv.)

n_{kjt} = antall kjøretøy

Denne forskjellen mellom $C \cdot E$ og B-faktoren utgjøres av forholdet mellom alle aksler på kjøretøyene dividert på summen av enkeltaksler pluss akselgrupper. Dette forholdet vil alltid være større enn 1 og som vist i kapittel 5 ligger det på ca. 1,4 for trafikkgrunnlaget i denne analysen.

Et annet forhold som bidrar til forskjell på «Truck factor» beregnet etter norsk eller svensk metode er hvilke kjøretøy som inngår i beregningen av tunge biler. I Norge er ÅDTT definert som kjøretøy med lengde over 5,6 meter. I Sverige benyttes WIM-registreringene til å skille tunge og lette kjøretøy, og her inngår kjøretøy over 3,5 tonn i beregningen av B-faktor.

3 WIM – registreringer

Tilgjengelige data

Vektregistrering med WIM (Weigh-in-motion) gjøres flere steder på vegnettet i Norge, men kvaliteten og tilgjengeligheten av dataene fra ulike målinger varierer. Det er i hovedsak to ulike sensortyper som brukes i Statens vegvesen, Kistler og Piezo. Kistler er ikke temperaturavhengig (så lite at det ikke påvirker registreringene i vesentlig grad), er relativt stabil over tid i forhold til piezo, og mer nøyaktig. Trenger kalibrering ca. 1 gang per år. Piezo er billigere sensorer enn Kistler, men mindre nøyaktig, varierer med temperatur og kan gi ganske store variasjoner på kort tid. Trenger ofte kalibrering for å holde nøyaktigheten på akseptabelt nivå (ca. hver 3. måned). Både Kistler og Piezo sine egenskaper er beskrevet i detalj i SVV rapport 613 /4/. I tillegg er det i 2023 tatt i bruk Bridge-WIM på to installasjoner ved Elverum og Stange i Innlandet. Her er det lagt inn sensorer på undersiden av bru/kulvert. Det er ikke nødvendig å stenge veien over for å installere sensorene, men det er viktig å finne egnet bru – type, lengde på spenn, overdekning osv. Utstyr monteres for en registreringsperiode på ca. én uke, med kalibrering både ved montering og nedrigging.

Tabell 2 viser Statens vegvesen sine installasjoner hvor en kan innhente vektdata. I tillegg kommer TK sine WIM-installasjoner. Det er også klargjort for installasjon av Kistler WIM på E6 ved Mosjøen i Nordland som skal monteres i 2024.

Tabell 2: Oversikt over installasjoner hvor det innhentes vektdata (utenom TK sine installasjoner).

System	Sensortype	Antall, plassering	Beskrivelse
Teststrekninger	Kistler og Piezo	E8, E6 Verdal og E39 Øysand	Kistler på E8 samt Kistler og ATK installasjon (uten kamera) på Øysand.
Trafikant og Kjøretøy (TK)	Kistler og Piezo	15	Punkter plassert i forbindelse med kontrollstasjoner. Brukes i dag for preselektering av kjøretøy til kontroll. Ett år lagringstid for anonymiserte vektdata.
ATK	Piezo	Ca. 400	Plasseringer er valgt for fartskontroller. Data fra flere år, men det kan være hull i data ved asfaltering og bytte av sensorer. Nye punkter blir lagt til, samt nedlegging av gamle.
BridgeWIM	B-WIM	2 stk. ved	Midlertidig installasjoner,

		Elverum	datainnsamling 1 uke i gangen.
--	--	---------	--------------------------------

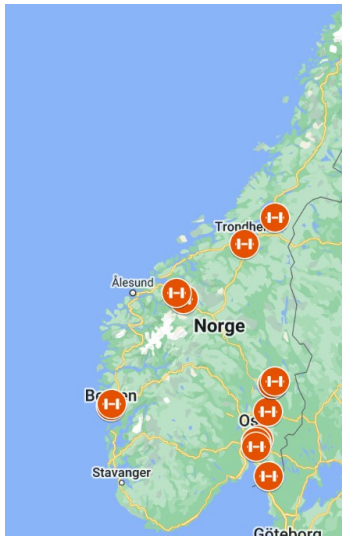
Dataloggere for ATK er ikke utviklet for registrering av vektdata, men sensorene i vegen er av samme type som de som brukes av dedikert WIM-utstyr. Det kan registreres vekt, men kalibrering mangler. Noen punkter har for stor spredning i vektdata til at de kan brukes, andre er mulig å justere med en faktor for å få rimelige resultater. I dette arbeidet er det derfor bare benyttet data fra teststrekninger samt ett av punktene i TK sitt system (Ånestad).

TK har per i dag 15 registreringspunkter som er plassert i forbindelse med kontrollstasjoner. Dataene blir lagret i et eget system som kalles Metabof og anonymiserte data kan lagres opptil ett år. Slitasje og/eller reasfaltering av asfaltdekket påvirker datakvaliteten betydelig. Registreringspunktene er plassert langs hovedvegnettet på BK10-veger i Sør-Norge. I tabell 3 er det gitt en oversikt over hvilke registreringspunkter TK har i dag og figur 3 viser hvor de ligger.

Tabell 3: TK sine WIM-stasjoner/målinger

Plassering	Sensor navn	Type sensor	Lanes/kjøreretning	Posisjon lat/long
Eikas_E39_SO_S	WIM_Kistler_Eikas	Kistler	1 lane (SO)	60.481729, 5.370953
Glaskar tunnelen_E39_N_S	WIM_HEX 11_Glaskar	Piezo	2 lane (N)	60.445404, 5.326057
Sandmoen_E6_N_S	WIM_QF_Sandmoen	Piezo	2 lane (N)	63.321983, 10.310681
Minnesund_E6_N_S	WIM_HEX 14_Minnesund	Piezo	2 lane (N)	60.336447, 11.195690
Svinesund_E6_N_GO	WIM_HEX 15_Svinesund_N	Piezo	2 lane (N)	59.097225, 11.251047
Taraldrud_E6_N_S	WIM_QF_Taraldrud_nord	Piezo	2 lane (N)	59.798057, 10.843195
Verdal_E6_S_S	WIM_HEX 9_Verdal	Piezo	2 lane (n & s)	63.76781, 11.45853
Vinterbro_E6_N_S	WIM_HEX 13_Vinterbro_Nord	Piezo	3 Lane (N)	59.746373, 10.782815
Vinterbro_E6_S_S	VIM_HEX 12_Vinterbro_sor	Piezo	3 Lane (S)	59.746373, 10.782815
Asane_Arnaveien_E16_NV_S	WIM_HEX_10_Asane_Arnaveien	Piezo	1 Lane (NV)	60.470931, 5.367153
Stokken_E6_S	WIM_QF_Stokken_sor	Piezo	2 Lane (S)	59.662606, 10.745192
Anestad_R3_KP	WIM_Kistler_Anestad_KP	Kistler	1 Lane (V)	60.848648, 11.375772
Anestad_R3_SV_S	WIM_Kistler_Anestad_SV	Kistler	2 lane (O)	60.848648, 11.375772
Anestad_R3_NO_S	WIM_Kistler_Anestad_NO	Kistler	2 lane (V)	60.878938, 11.461140
Saeterboen_E136_NV	WIM_Kistler_Saeterboen	Kistler	1 lane (V)	62.380001, 8.032080

Horgheim_E136_SO	WIM_Kistler_Horgheim	Kistler	1 lane (O)	62.481800. 7.763444
------------------	----------------------	---------	------------	------------------------



Figur 3: Plassering av TK sine WIM-stasjoner/målinger

Datagrunnlaget i analysen

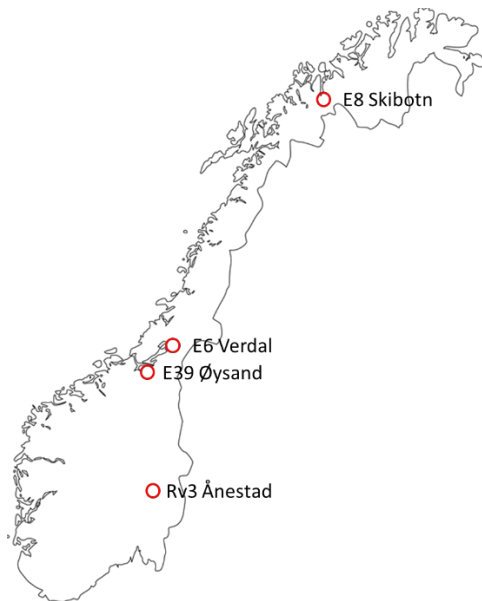
Datagrunnlaget i analysearbeidet som er gjennomført i dette arbeidet er hentet fra fire ulike punkter, se tabell 4.

Tabell 4: WIM-installasjoner som inngår i analysearbeidet

WIM-punkt	Sted (Vegreferanse)	Registreringsperiode	ÅDT	ÅDTT (>5,6 m)	Kommentarer
E39 Øysand		8 aug 2016 til 5 apr 2017 + 3 apr 2018 til 30 sep 2018			Kistler
E8 Skibotn		1 okt 2018 til 30 sep 2020			Kistler
E6 Verdal		13 mai 2015 til 31 mai 2016			Kistler
Rv 3 Ånestad	RV3 K S3D1 m754 SD3 m228	1 okt 2023 til 21 jan 2024			Kistler Vestgående
Rv 3 Ånestad	RV3 K S3D1 m6712	1 okt 2023 til 21 jan 2024			Kistler Østgående

Lokaliseringen av de ulike punktene er vist i figur 4.

På Rv 3 Ånestad er det lagt WIM-kabler et stykke før innkjøringen til kontrollstasjonen fra begge sider samt på en innkjøringsrampe inne på kontrollplassen. Her er det behandlet data bare fra de to installasjonene på selve vegen og målingene her er behandlet som to separate punkt, som gjelder for hver sin kjøreretning på Rv 3.



Figur 4: Lokalisering av WIM-installasjonene som inngår i analysearbeidet.

Kalibrering av WIM – registreringer

WIM-registreringene påvirkes av mange faktorer (temperatur, stivheten på asfalt/overbygning, snø og is på dekket osv.) og vil være beheftet med feil/unøyaktighet. Det er derfor behov for jevnlig kalibrering om en ønsker god kvalitet på dataene.

En metode for «automatisk» kalibrering av disse målingene er å benytte vekten av frontakselen på semitrailere. Disse akslingene har en vekt på ca. 7 tonn og er relativt lite påvirket av hvor tungt lastet kjøretøylene er, se figur 5.



Figur 5: Eksempel på 6-akslet semitrailer som kan benyttes ved automatisk kalibrering av WIM-installasjoner /2/.

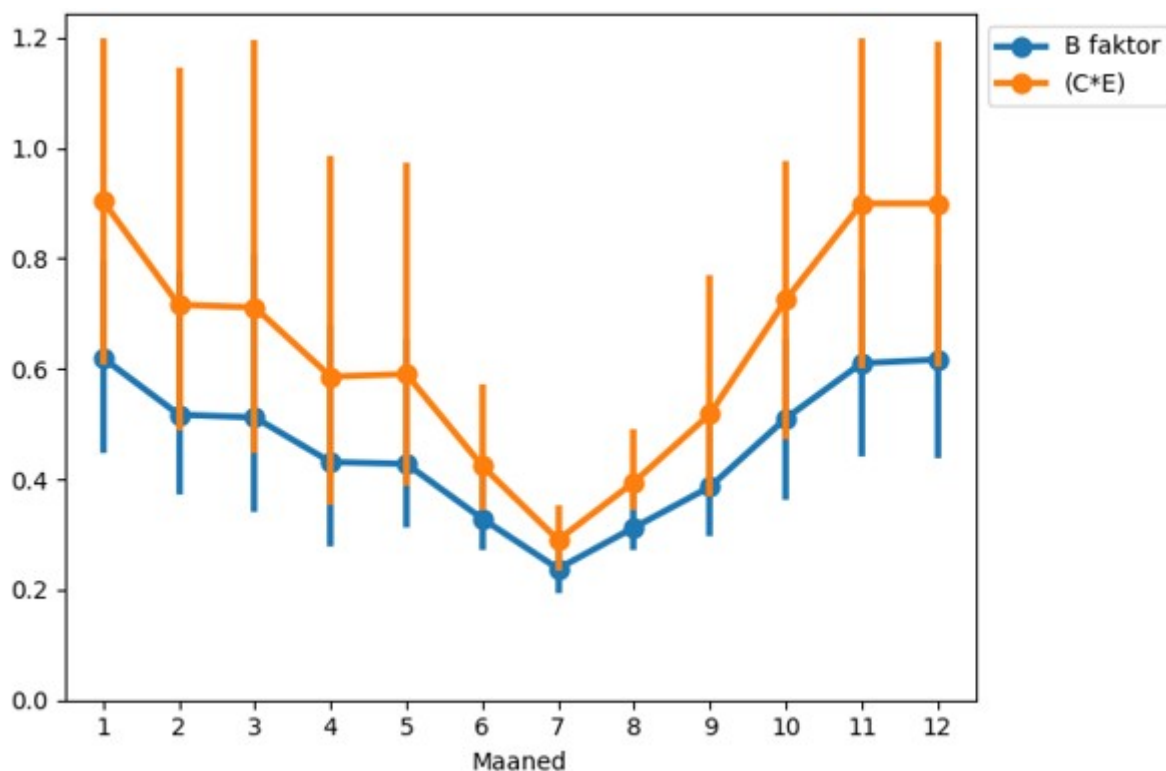
I denne undersøkelsen er median for vekten av frontakselen på 6-akslede semitrailere benyttet til kalibrering. Kun fulllastede semitrailere er benyttet i kalibreringen fordi dette gir minst spredning i vekt på frontakselen. Median er bedre enn middelveiden fordi den er mindre påvirket av «outliers» (ekstreme feilregistreringer) spesielt når en har få passeringer av denne typen kjøretøy. For hvert WIM-punkt er median for frontakselen på 6-akslede semitrailere beregnet hvert døgn. Dette er så benyttet til en automatisk flytende kalibrering av vekten for de andre akslingene og akselgruppene.

4 Resultater

Den metodiske forskjellen på «Truck factor» beregnet etter norsk metode ($C \cdot E$) sammenlignet med B-faktoren er vist i figur 6. Samme trafikkgrunnlag er lagt til grunn for de to beregningene da også B-faktoren er beregnet for kjøretøy over 5,6 m. Alle data fra de fire WIM-installasjonene inngår i beregningen, men datagrunnlaget fra de ulike WIM-punktene stammer fra litt forskjellige tidsperioder fra 2015 til 2024. Figuren viser variasjonen over året og de vertikale stolpene viser 95% konfidensintervall for de beregnede parameterne.

Følgende forutsetninger ligger inne i disse beregningene:

- C er beregnet som gjennomsnittlig antall akslinger for kjøretøy med lengde over 5,6 m.
- E er beregnet som gjennomsnittlig ESALS etter fjerdepotensregelen der alle enkeltaksler og akselgrupper inngår, dvs. $\sum \text{ESAL}$ (enkeltsaksler + boggiaksler + trippelaksler + andre akselkonfigurasjoner) / antall (enkeltsaksler + boggiaksler + trippelaksler + andre akselkonfigurasjoner).
- B-faktoren er beregnet for kjøretøy som er lengre enn 5,6 meter tilsvarende grunnlaget for ÅDTT i Norge (ikke basert på kjøretøy over 3,5 tonn som i Sverige).



Figur 6: Sammenligning av B-faktor og $C \cdot E$ for kjøretøy over 5,6 meter, alle WIM-punkter.

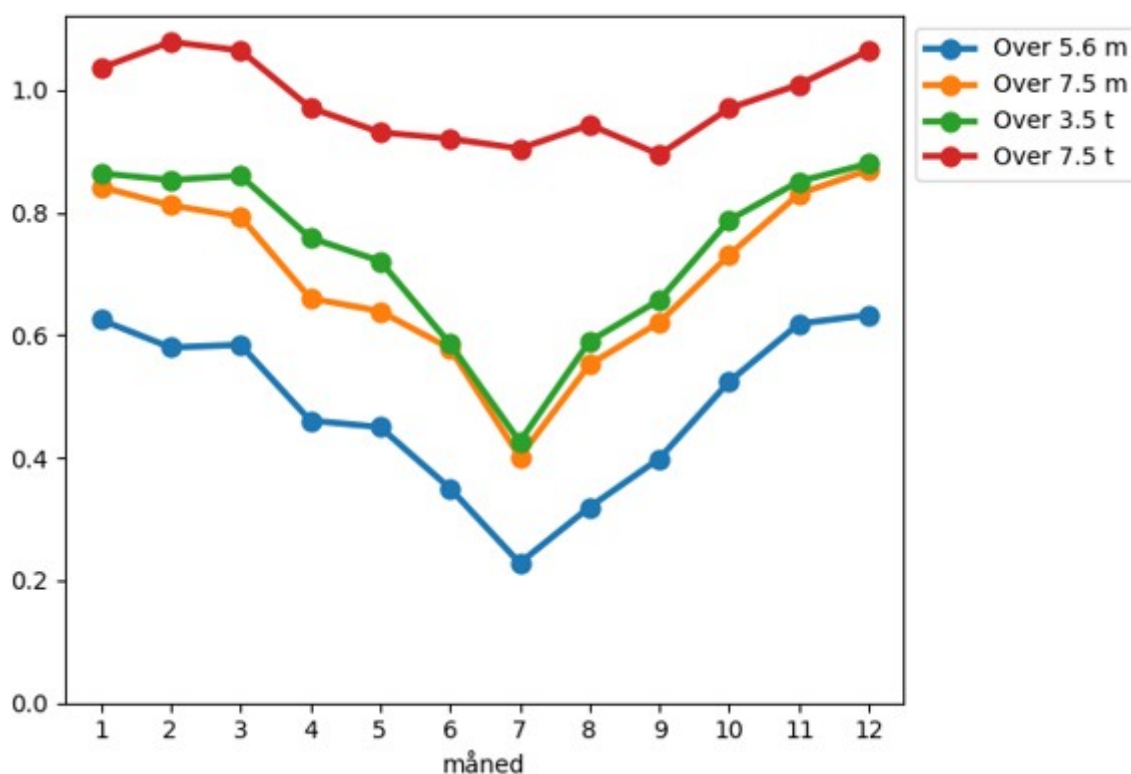
I tabell 5 er det gitt en oversikt over $C \cdot E$ og B-faktor for de ulike WIM-punktene. Som tidligere nevnt ligger forholdet $C \cdot E$ /B-faktoren i snitt på ca. 1,4 men varierer fra 1,23 til 1,50 for de WIM-punktene som er med i denne analysen.

Tabell 5: $C \cdot E$ og B-faktor for WIM-punktene som inngår i analysen.

WIM-punkt	C · E	B-faktor	Kommentarer
E39 Øysand	0.42	0.34	
E8 Skibotn	0.79	0.56	
E6 Verdal	0.40	0.31	
Rv 3 Ånestad	1.08	0.72	vest
Rv 3 Ånestad	1.04	0.70	øst

Resultatene i figur 6 viser en stor reduksjon av relativ nedbrytende effekt per kjøretøy i sommermånedene. Dette skyldes nok en større andel lette biler med lengde over 5,6 m (bobiler, personbiler med henger/campingvogn etc.) og kanskje også færre tunge næringskjøretøy i ferieperioden på sommeren.

Figur 7 viser en sammenligning av B-faktoren med forskjellig grunnlag for hva som inngår av tunge kjøretøy, dvs. kjøretøy over 5,6 eller 7,5 meter og vekt over 3,5 eller 7,5 tonn.



Figur 7: B-faktor for forskjellig grunnlag av hvilke kjøretøy som inngår i beregningene.

Når ÅDTT defineres som kjøretøy med lengde over 5,6 m, som i Norge, viser figur 7 at dette gir betydelig lavere verdi enn med den svenske definisjonen som omfatter alle kjøretøy over 3,5 tonn.

Tabell 6: B-faktor for kjøretøy over 3,5 tonn og 5,6 meter for de ulike WIM-punktene i analysen.

WIM-punkt	B-faktor: 3,5 tonn	B-faktor: 5,6 meter	Kommentarer
-----------	--------------------	---------------------	-------------

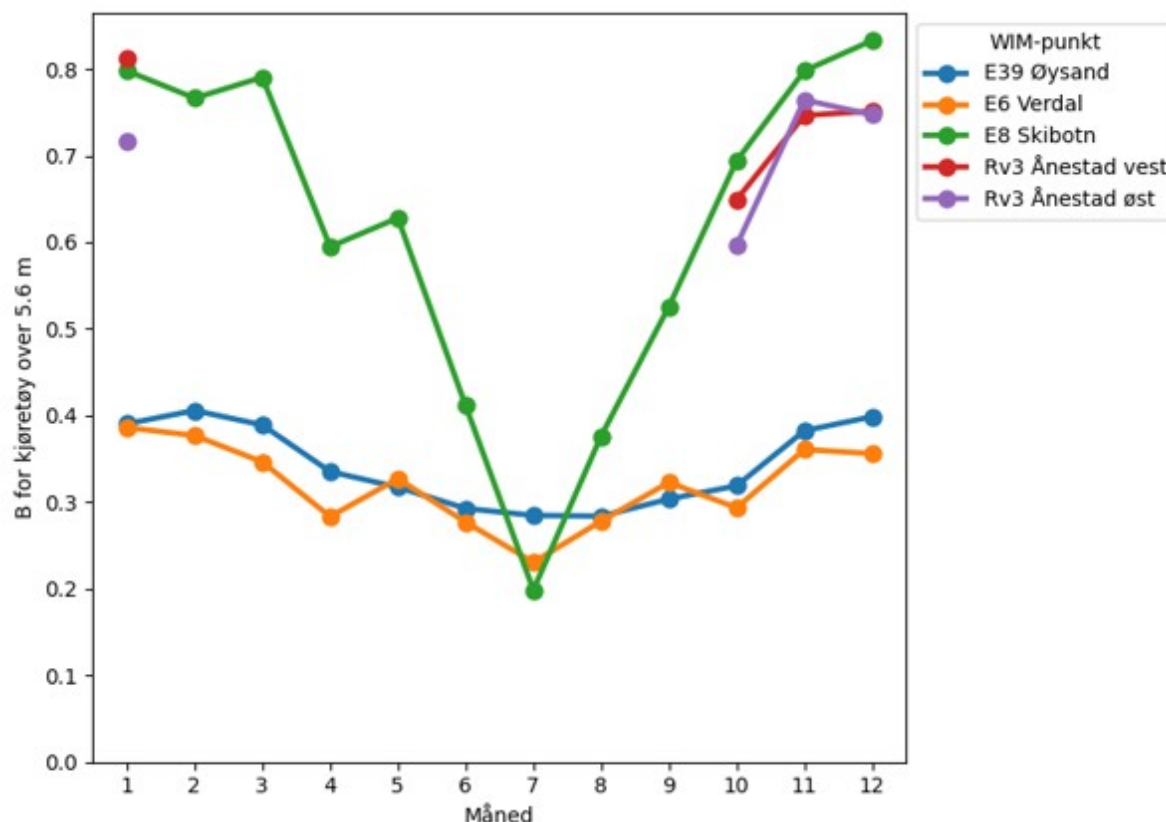
E39 Øysand	0.65	0.34	
E8 Skibotn	0.77	0.56	
E6 Verdal	0.64	0.31	
Rv 3 Ånestad	0.88	0.72	vest
Rv 3 Ånestad	0.86	0.70	øst

Forholdet mellom B-faktor for kjøretøy over 3,5 tonn/B-faktor for kjøretøy over 5,6 m er ca. 1,65. Dette oppveier den metodiske forskjellen slik at $C \cdot E$ basert på kjøretøy over 5,6 m i realiteten vil være litt mindre enn B-faktoren slik den er definert og beregnet i Sverige.

Beregningen viser også at ved å definere ÅDTT til alle kjøretøy over 7,5 m så vil dette gi omtrent samme B-verdi som når en tar med alle kjøretøy over 3,5 tonn.

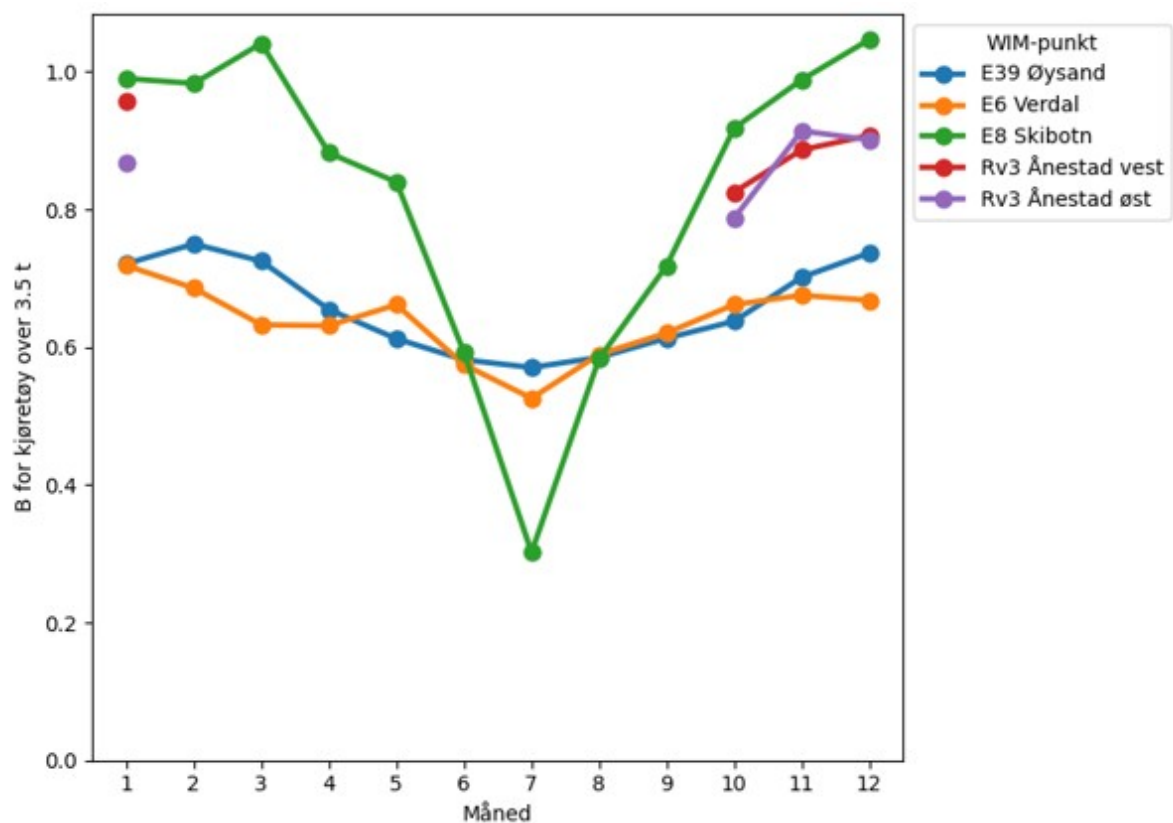
Figuren viser også at dersom en bare tar med kjøretøy over 7,5 tonn så forsvinner den markerte droppen i B-faktor i sommermånedene.

Figur 8 viser B-faktor for alle WIM-punktene beregnet for kjøretøy over 5,6 m lengde. Når beregningsgrunnlaget settes til kjøretøy med lengde over 5,6 m inkluderer dette mange lette kjøretøy som påvirker B-faktoren betydelig. Noen veger, som E8 og Rv3, er mye mer påvirket av ferietrafikken enn målepunktene på E39 og E6.



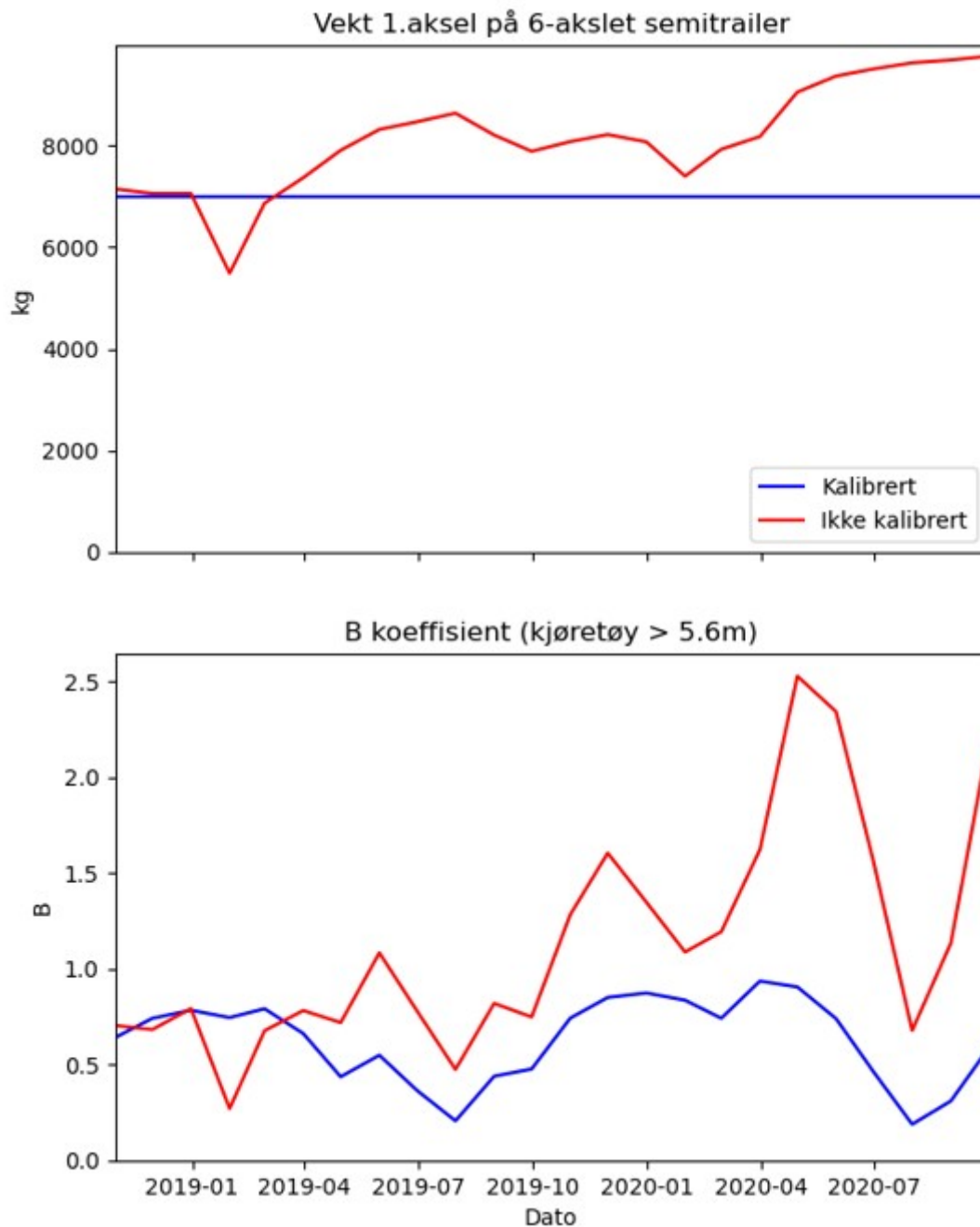
Figur 8: B-faktor for alle WIM-punktene, beregnet for kjøretøy over 5,6 m.

Figur 9 viser B-faktor for alle WIM-punktene beregnet for kjøretøy over 3,5 tonn, tilsvarende som i Sverige.



Figur 9: B-faktor for alle WIM-punktene, beregnet for kjøretøy over 3,5 tonn.

Figur 10 viser effekten av kalibrering basert på framakselen på 6-akslede semitrailere med datagrunnlag fra E8 Skibotn der en har data fra en toårsperiode. På grunn av fjerdepotensregelen blir avviket på B-faktoren større enn korrigeringen av vekten på framakselen.



Figur 10: Effekt av kalibrering med framakselen på 6-akslet semitrailer.

Tabell 7 viser en oversikt over B-faktoren for ulike lengdeklasser og WIM-punkter. Vi håper at dette på sikt kan utvikles til en metode der en kan beregne (estimere) en B-faktor ut ifra informasjon om lengden på kjøretøyene, der en ikke har WIM-data. Vi har flere hundre trafikktelepunkter som gir informasjon om lengde, men bare et fåtall WIM-installasjoner i Norge. Foreløpig er datagrunnlaget for dette litt spinkelt, men med et større datagrunnlag kan dette gi god informasjon uten at det blir nødvendig med mange nye WIM-installasjoner.

I kolonnen til høyre i tabell 7 er det beregnet B-verdier for de ulike lengdeklassene basert på alle WIM-punktene i denne analysen. Som en kan se er det til dels stor forskjell på denne B-verdien og verdiene beregnet for hvert enkelt punkt. Verdiene i kolonnen til høyre er også preget av at det er forskjellige trafikkmengder for de forskjellige punktene og forskjellige registreringsperioder. Når en

får et bedre datagrunnlag vil en kunne vurdere om det er riktig å benytte slike «karakteristiske» verdier.

Tabell 7: B-faktor for ulike lengdeklasser.

Lengdeklasse	E39 Øysand	E8 Skibotn	E6 Verdal	Rv3 Vest	Rv3 Øst	Alle wim punkter
5,6 - 7,5 m	0.01	0.01	0.01	0.07	0.05	0.01
7,5 - 12,5 m	0.29	0.21	0.23	0.46	0.44	0.28
12,5 - 16 m	0.59	0.47	0.44	0.82	0.63	0.55
16 - 24 m	1.02	1.25	0.89	1.20	1.29	1.07
> 24 m	1.71	1.43	0.97	1.52	1.26	1.39
Alle lengder over 5.6 m	0.34	0.56	0.31	0.72	0.70	0.43

5 Evaluering og anbefalinger

Beregning av «Truck factor»

Som nevnt i kapittel 2 må det angis en «Truck factor» som inngangsparameter for trafikkb belastningen i ERAPave PP (gjelder ved bruk av ESALS og ikke aksellastfordelinger som inngangsparameter). B-faktoren i det svenske dimensjoneringsystemet er opprinnelsen til «Truck factor». Prinsipielt sett burde $C \cdot E$ gi samme verdi som B-faktoren, men som vist i kapittel 4 får en da litt lavere verdi enn ved beregning av B-faktor etter svensk metode.

Beregning av trafikkb belastning i den norske vegnormalen N200

Det norske systemet for beregning av dimensjonerende trafikkb belastning (N) ved bæreevnemessig dimensjonering av veger i N200, har flere svakheter.

N er definert som summen av ekvivalente 10 tonns aksler som belaster det aktuelle kjørefeltet i dimensjoneringsperioden. Systemet for beregning av faktorene C og E, i formelen for beregning av N, er beskrevet i vedlegg til 2014-utgaven av N200, men det er ikke definert hvordan ulike akselgrupper skal behandles. Derfor har vi i denne analysen valgt å benytte samme beregningsmetode som i Sverige ved behandling av akselgrupper.

I N200 er det satt verdier på C lik 2,4 og E lik 0,427. Dette er basert på registreringer av aksellast og antall aksler på tunge kjøretøy fra langt tilbake i tid (trolig fra 60-/70-tallet) og er åpenbart feil for dagens trafikksamsetning. Det er angitt i normalen at faktorene kan endres på grunnlag av trafikkregistreringer som gir grunnlag for dette, men i praksis har de som prosjekterer ikke tilgang på data for å gjøre slike endringer.

Derfor er det behov for bearbeiding og systematisering av alle tilgjengelige vektdata, slik at oppdaterte faktorer for beregning av dimensjonerende trafikkb belastning (N) blir tilgjengelig for alle som planlegger/prosjekterer veg. Målet på sikt må være at disse faktorene knyttes opp til systemet med andre trafikkdata og angis for hver enkelt trafikkløkke.

Behovet for oppdatering av faktorene C og E er stort og det må vurderes om en fortsatt skal beholde begge disse faktorene, eller om en bør gå over til en faktor som i Sverige. Å gå over til B-faktoren (gjennomsnittlig nedbrytende effekt per kjøretøy) vil på flere måter være både enklere og ryddigere

enn å beholde C- og E-faktorene vi i dag har. En oppnår da i tillegg harmonisering med det svenske systemet som også vil være en fordel, men for å få fullstendig likhet må utvalget av hvilke kjøretøy som inngår i ÅDTT også harmoniseres.

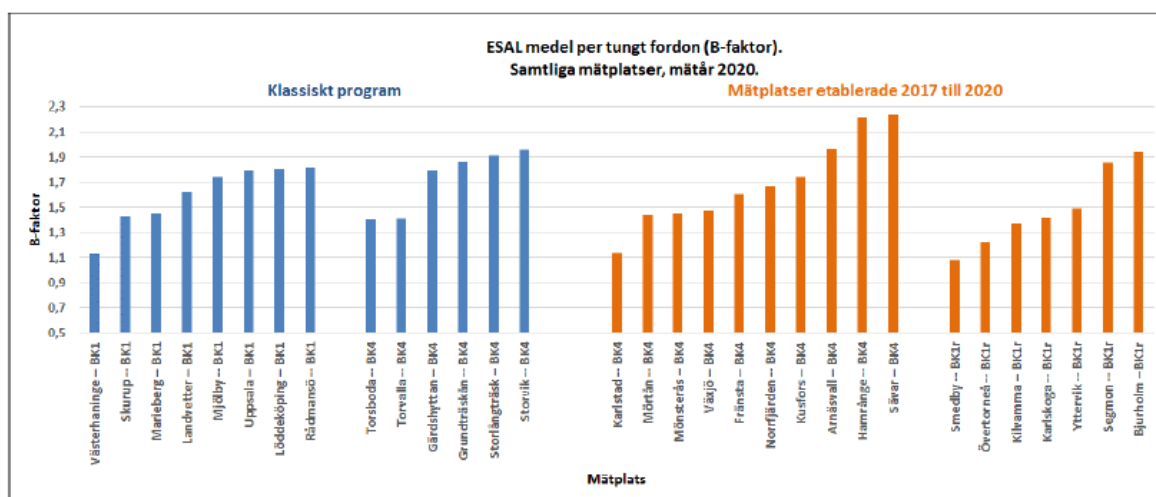
Definisjon av ÅDTT

I Norge registreres ÅDTT ved trafikkteLLinger som kjøretøy med lengde over 5,6 meter. Dette gjør at en rekke lette kjøretøy som i dag klassifiseres som «tung» også regnes med blant ÅDTT (bobiler, varebiler, minibusser, personbiler med henger etc.). De lette kjøretøyene bidrar i praksis bare til asfaltslitasje, og den strukturelle nedbrytningen av vegene forårsakes av de tunge kjøretøyene med akselvekt over 5 tonn.

Ved å sette grensen mellom lette og tunge kjøretøy til 7,5 meter vil en derfor oppnå en mer reell grense for hvilke kjøretøy som bidrar til nedbrytning av veger. Som vist i kapittel 4 vil en da også få omtrent samme trafikkgrunnlag som om grensen var satt til 3,5 tonn som i Sverige og som også er grensen mellom lette og tunge kjøretøy ved beregning av kjøretøyavgifter (bompenger osv.) i Norge.

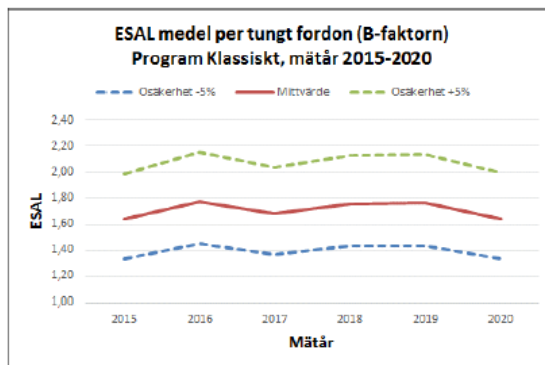
Nøyaktighet og kalibrering av registreringene

Sammenligning med svenske registreringer

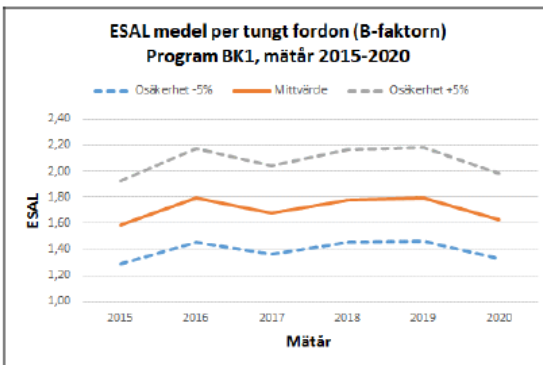


ESAL medel per tungt fordon varierar stort mellan mätplatserna. I Sävar är medelvärdet mer än dubbelt så stort som exempelvis i Karlstad.

Klassiskt program 2015-2020



BK1 program 2015-2020



Referanseliste

1. Statens vegvesen, Vegnormal N200 Vegbygging.
2. Statens vegvesen rapport 222, Vehicle weight data from speed enforcement systems. Maximilian Böhm, Torbjørn Haugen, Jorunn Riddervold Levy og Anna Rodum Bjørn 2019.
3. NVF committee Vehicles and Transports, Report nr. 08/2008, Road wear from Heavy Vehicles.
4. Statens vegvesen rapport 613, Registrering av aksellast – Erfaringer med veiing i fart (WIM) 2011-2015, Jorunn Riddervold Levy 2016.
5. Statens vegvesen rapport 735, Nøyaktighet ved WIM (Weigh-In-Motion) målinger, Rabbira Garba Saba 2021.
6. Trafikverket rapport 2021:139, Vägtrafiklaster – Tunga fordons vikt i rörelse, Nationell sammanställning mätprogram, Korttidsmätningar (7 dygn), År 2015 – 2020.
7. Trafikverket rapport 2011:073, Trafikverkets tekniska råd Vägkonstruktion.