



Simulering og normalisering af brændstofforbrug

TRAFIKDAGE 2026

Civ. Ing. Kim Winther
Seniorspecialist ved
Teknologisk Institut

Baggrund



Flere kunder efterspørger retvisende CO₂-tal på deres nuværende og fremtidige bilflåde



Mange bilmodeller mangler, eller har forkerte tal på typegodkendelsen (fx større varebiler)



Nye afgiftsregler kræver dokumentation og korrekte fabrikanteklæringer



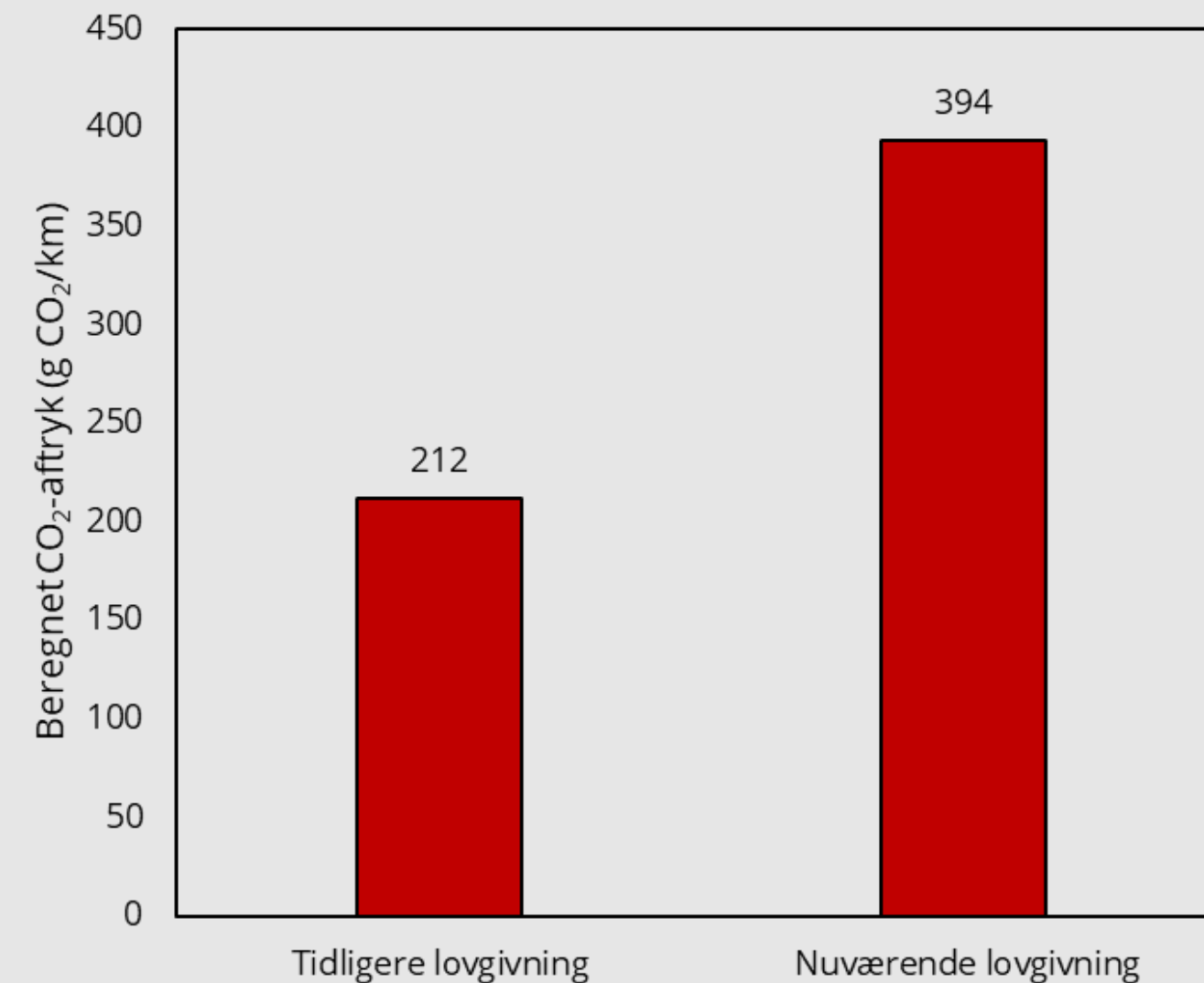
Skærpelse af brændstof- forbrugsafgiftsloven



Hvad indebærer skærpelsen, og hvad betyder det for ejeren?

- Ejerafgiften på en bil fastsættes ud fra dens CO₂-udledning
- Normalt finder man CO₂-tallet fra en officiel test (kaldet WLTP)
- Men for mange af de tungere varebiler, findes dette officielle tal ikke
- I disse tilfælde kan et CO₂-tal beregnes ud fra bilens vægt ved en formel beskrevet i loven

Problem: Formlen er meget simplificeret og har en tendens til at overestimere CO₂-aftrykket → urimeligt høje ejerafgifter



Eksempel: Beregning af CO₂-udledning for en dieselvarebil på 2700 kg med lovgivningens beregningsmetode

Hvad er et retvisende CO₂-tal?



Hvad har betydning for en bils brændstofforbrug (og dermed CO₂-aftryk)?

Vægtbaseret model



Vægt

Virkeligheden er mere kompleks

Køretøjs-
specifikke
faktorer



Vægt



Gearkasse



Frontareal



Motor



Rullemodstand



Formfaktor

Driftsmæssige
faktorer



Last



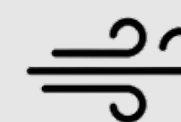
Rute



Chauffør



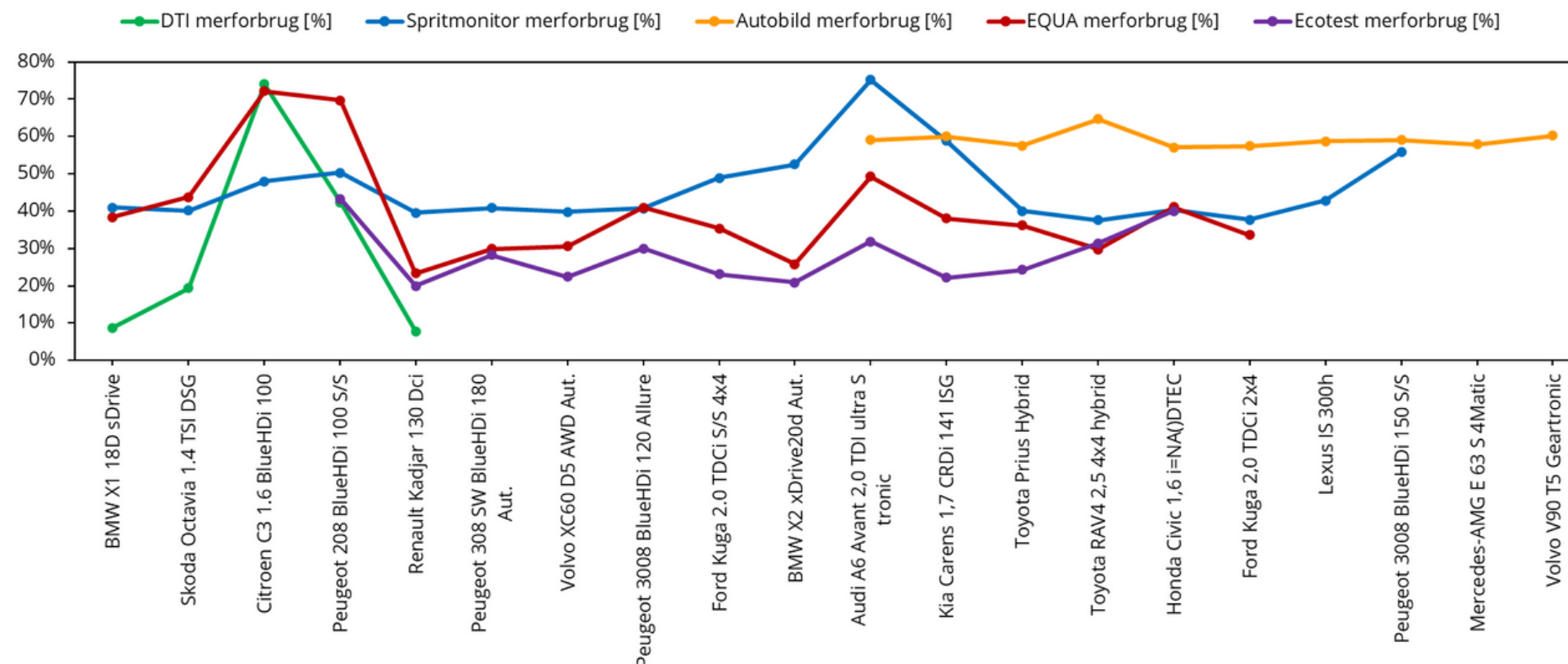
Dieselskvalitet



Vind

Hvad er og er *ikke* “retvisende”?

- Vægtberegning: Simplificeret og upræcist
- World Harmonised Light Duty Test Protocol (WLTP): Standardiseret, anerkendt laborietest
- Real Driving Emission (RDE): Standardiseret, anerkendt vejtest – mere virkelighedstro end laborietest =>
- Real World: Kundens faktiske forbrug (køretøj, last, brændstofkvalitet samt chaufførens adfærd og vaner)



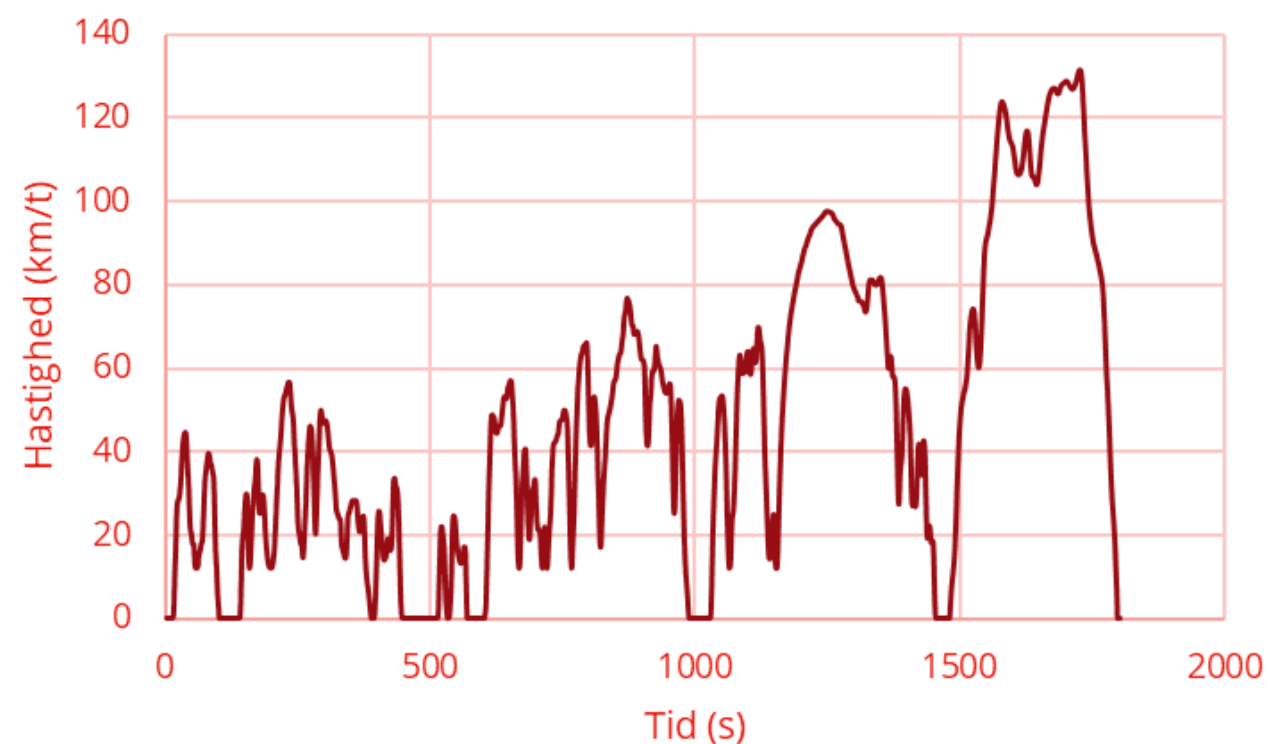


Hvad er WLTP helt konkret?

WLTP er en syntetisk testrute, som køres på et rullefelt.
WLTP kan ikke køres i virkeligheden!

WLTP indeholder IKKE

- vind
- nedbør
- kulde
- sving
- bakker



Sådan kan vi nå frem til et WLTP-tal

2 metoder

Mulighed 1:

Fysiske WLTP-tests (dyrt og tidskrævende)



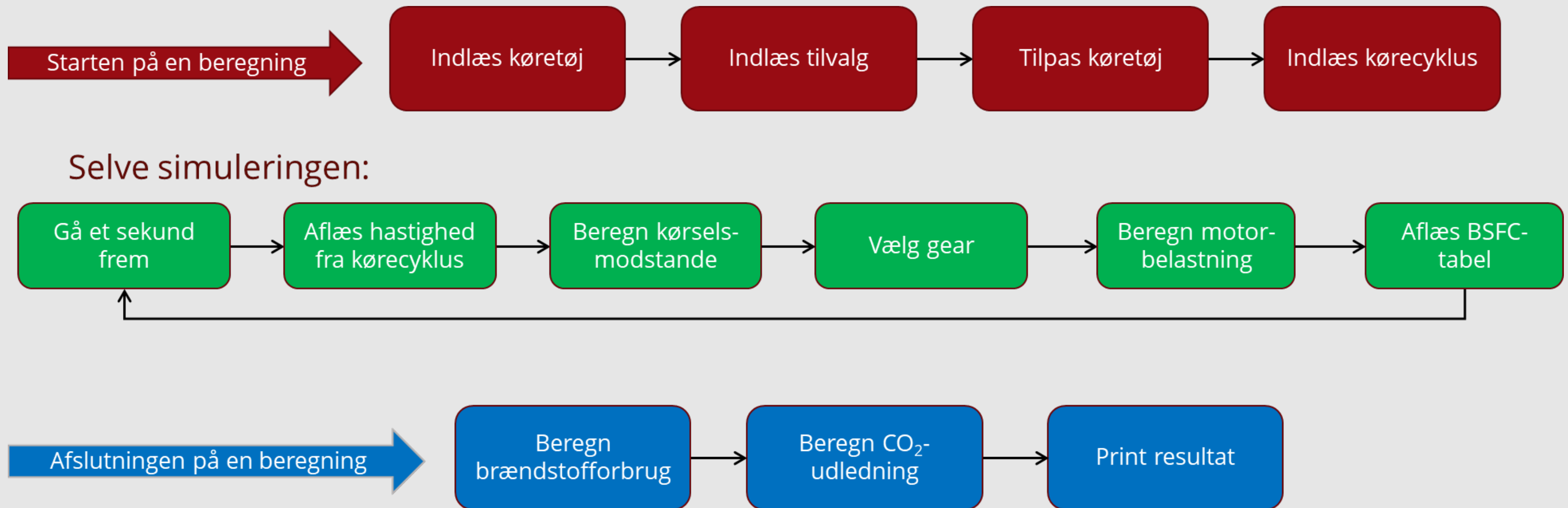
Mulighed 2:

En præcis og valideret WLTP-simulering

1590,0	41,7	11,9	41,7
1633,7	30,0	11,9	30,0
1645,3	38,9	11,9	38,9
1674,4	33,1	11,9	33,1
1691,9	74,5	11,9	74,5
1790,7	57,3	11,9	57,3
1854,7	90,1	11,9	90,1
1600,9	123,3	11,9	99,6
1718,3	124,3	17,2	124,3
1835,7	114,4	17,2	114,4
1496,4	102,1	17,2	78,8
1539,9	83,9	21,3	83,9
1568,8	74,9	21,3	74,9
1590,6	70,5	21,3	70,5
1608,7	51,9	21,3	51,9
1612,3	33,0	21,3	33,0
1601,4	-24,0	21,3	-24,0
1547,1	-86,5	21,3	-86,5
1445,7	-92,9	21,3	-92,9

Hvad sker der i et simuleringsloop?

Princippet i vores simulering: Trinvis numerisk simulering



Hvordan har vi gjort?



Vores mål: At udvikle en præcis og troværdig WLTP-simulering

- For at kunne det har vi skullet tage højde for alle de faktorer, der påvirker en bils brændstofforbrug (og dermed CO₂-udledning)
- Da mange af disse ikke er kendte, har vi skullet ud og måle dem eller estimere dem



Vægt



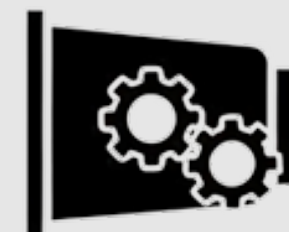
Rullemodstand



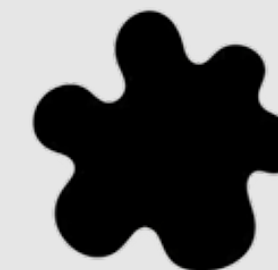
Motor



Frontareal



Gearkasse



Formfaktor

Fysiske tests

Vejning af biler



Vægt

Opmåling af
frontareal



Frontareal

Rullefelts-
målinger



Motor og
transmission

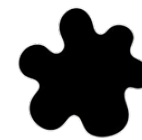


Fysiske tests

Nedrulnings-
tests



Rullemodstand



Formfaktor

Kørsel i
automatgear
og manuelt gear



Motor



Gearkasse



Fysiske tests

RDE test: Kørsel i by, på landevej og på motorvej



Vægt



Rullemodstand



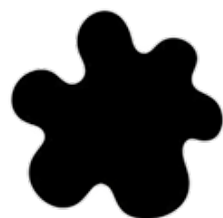
Motor



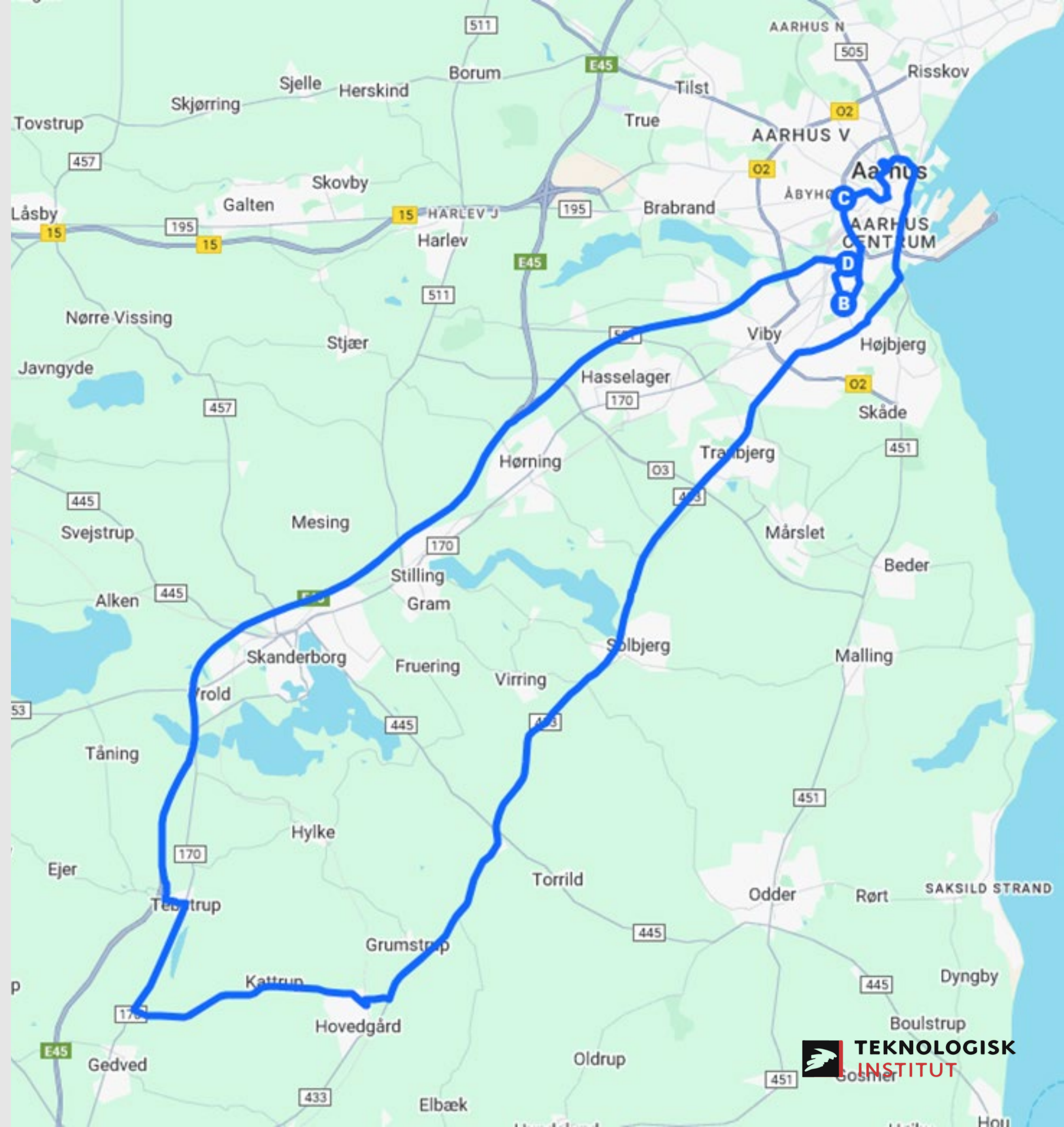
Frontareal



Gearkasse



Formfaktor



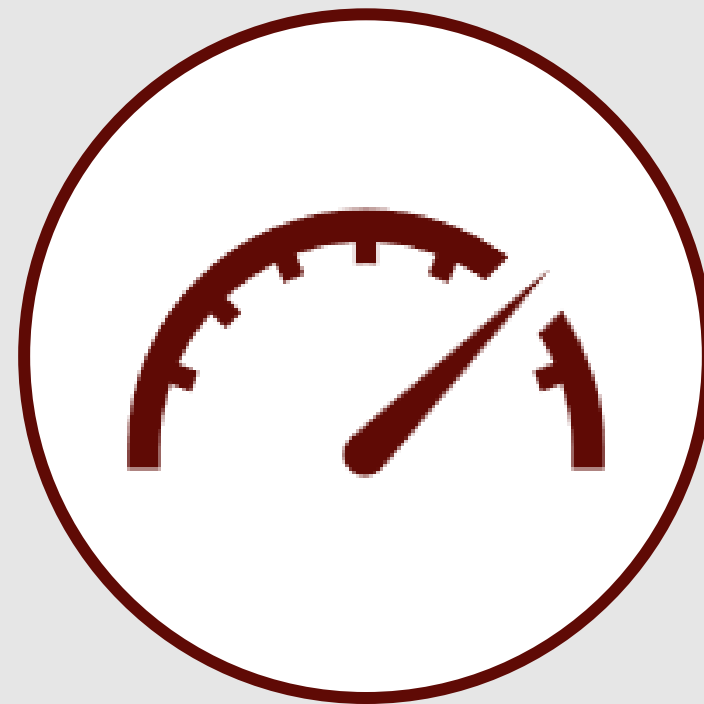
Fysiske tests - datalogging



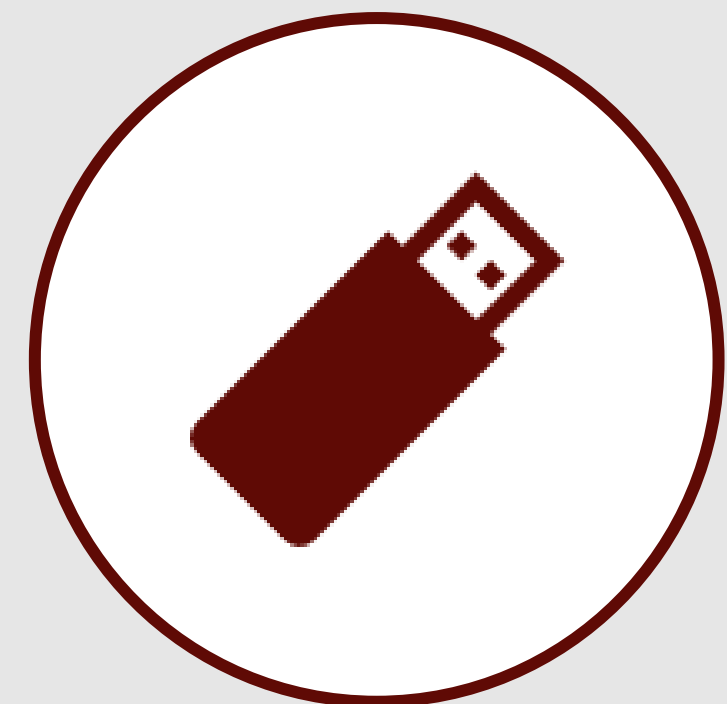
Sådan sikrer vi sporbarhed og verifikation



Afregningsmåler på tankstation



Board Computer

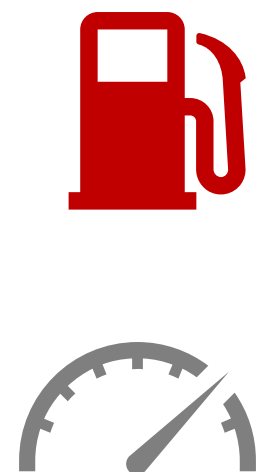
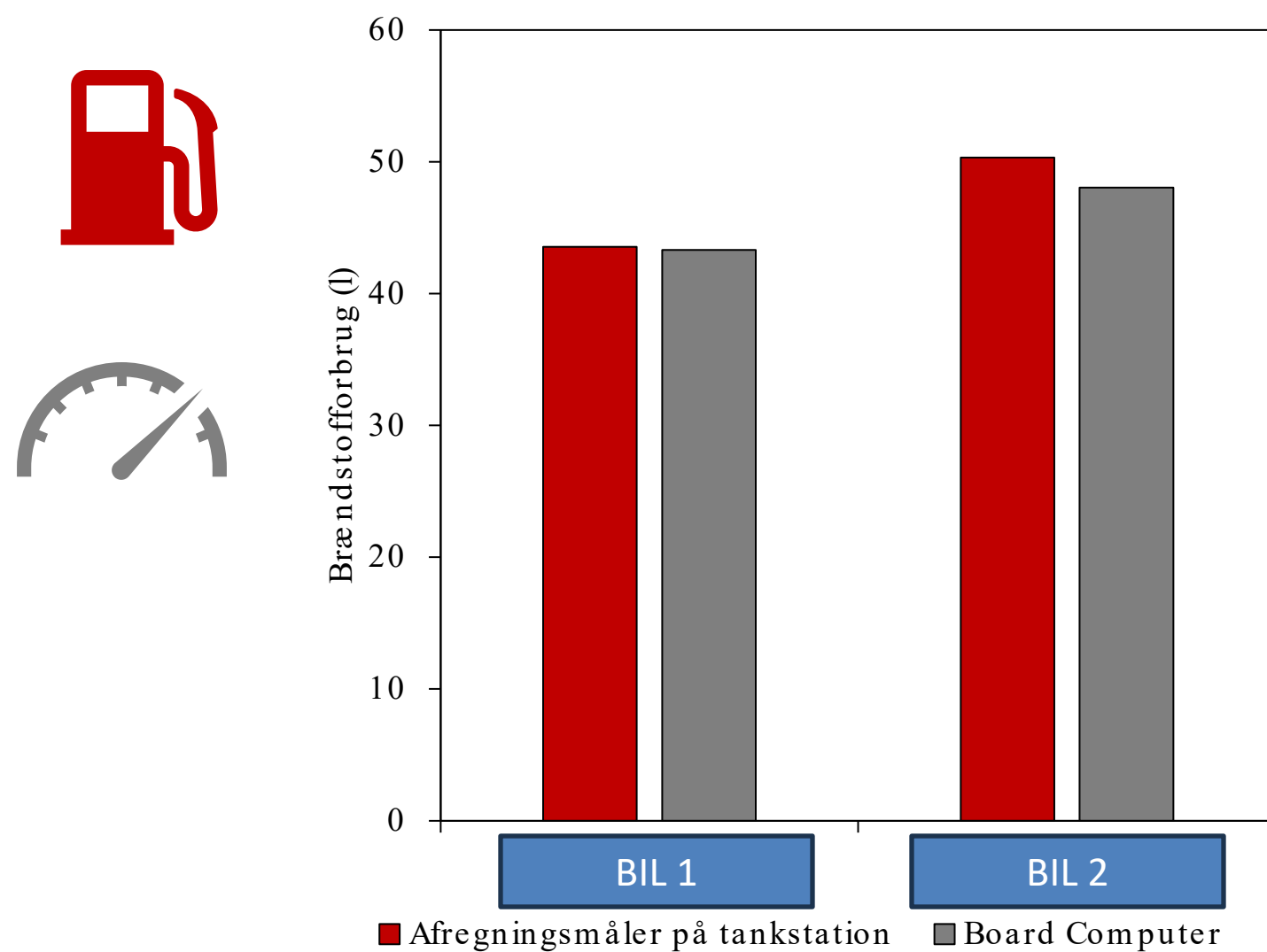


Data logging

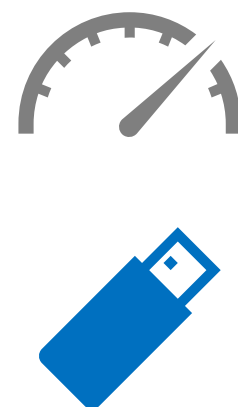
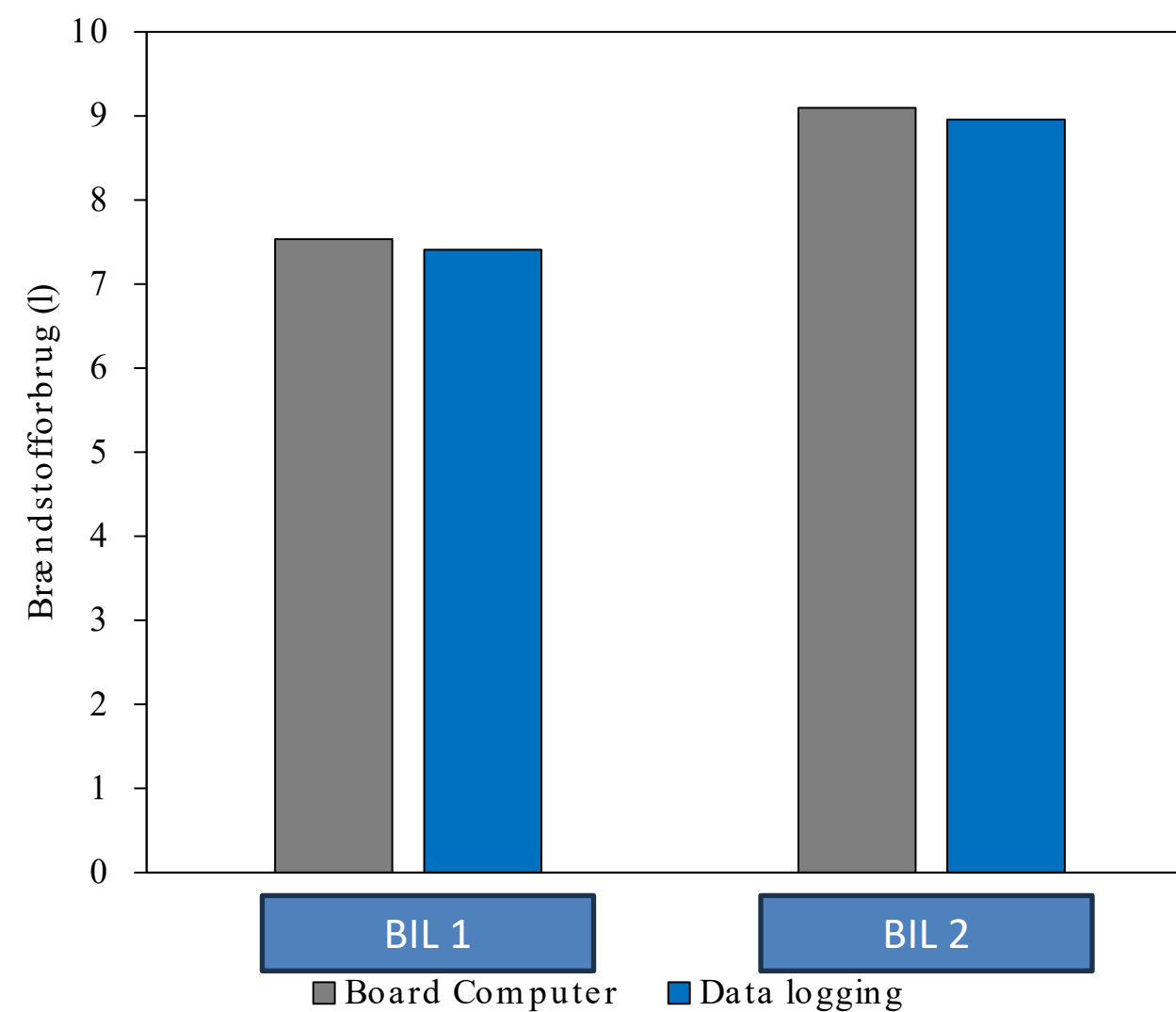
Sådan sikrer vi sporbarhed og verifikation

Eksempel

Totalt brændstofforbrug (385 km)



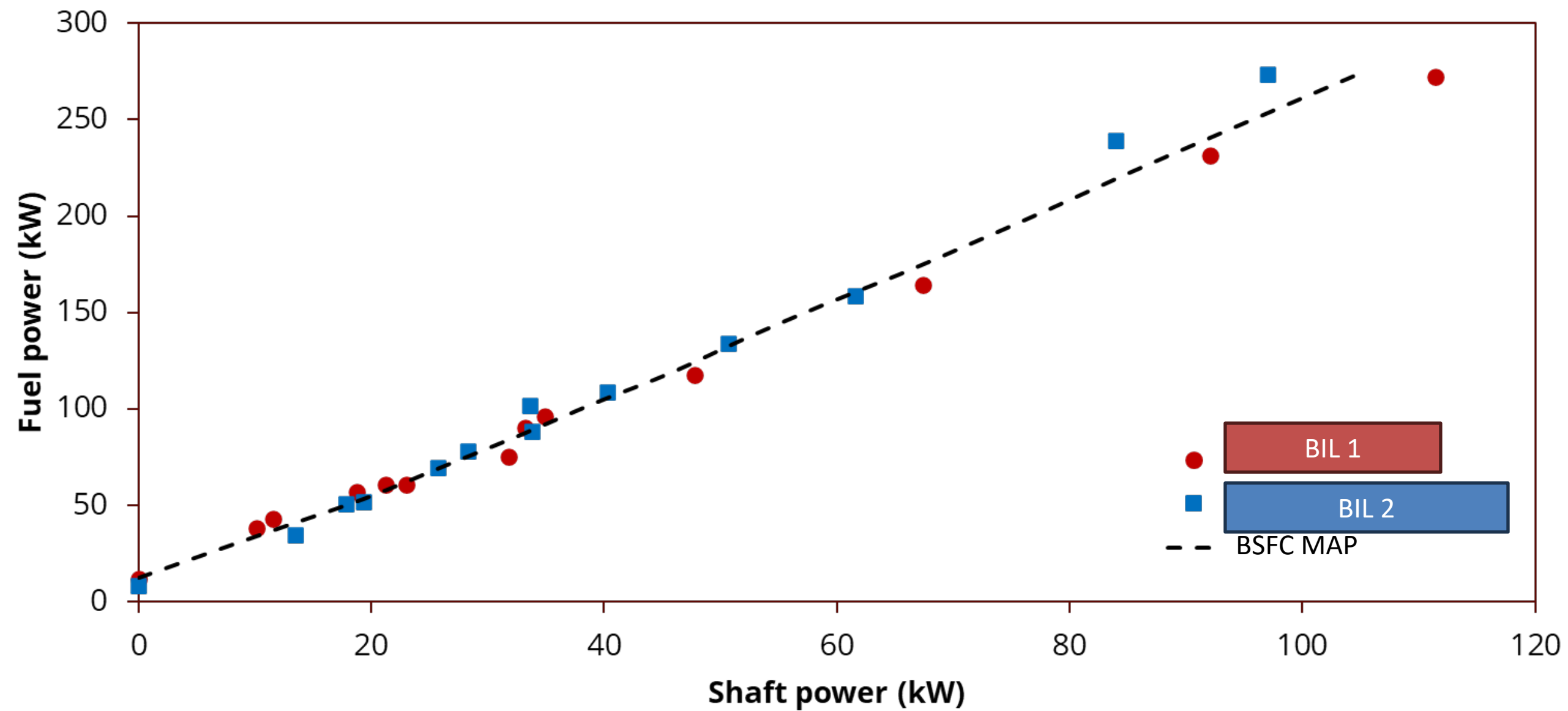
Brændstofforbrug på 80 km rute



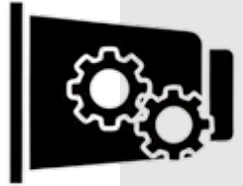
Motoren



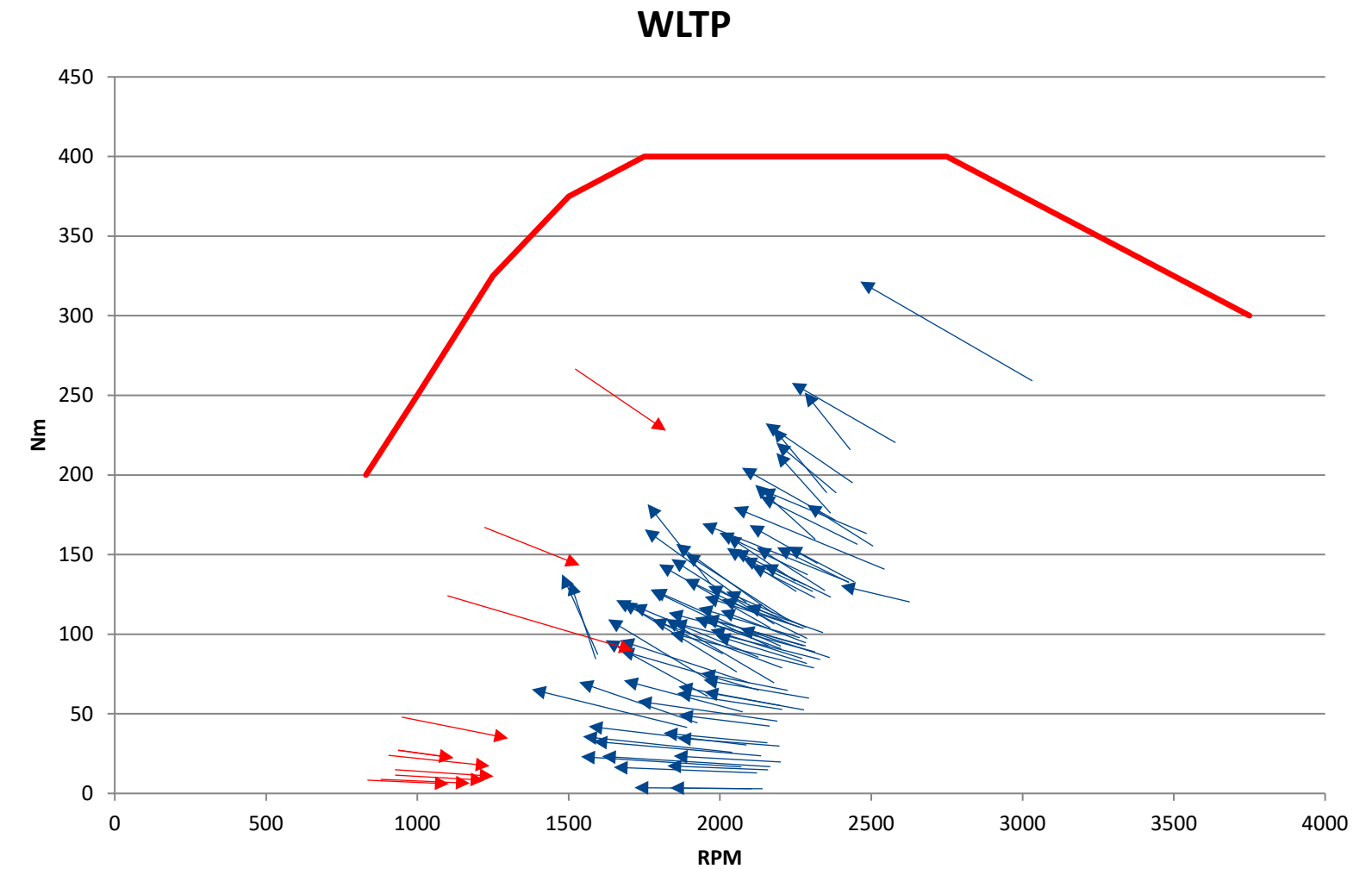
Grafen viser god overensstemmelse mellem fabrikantdata (BSFC-Map) og målte værdier på rullefelt.



Gearskift



Skiftemønstret er stærkt afhængigt af den valgte kørecyklus.



Skifter NED

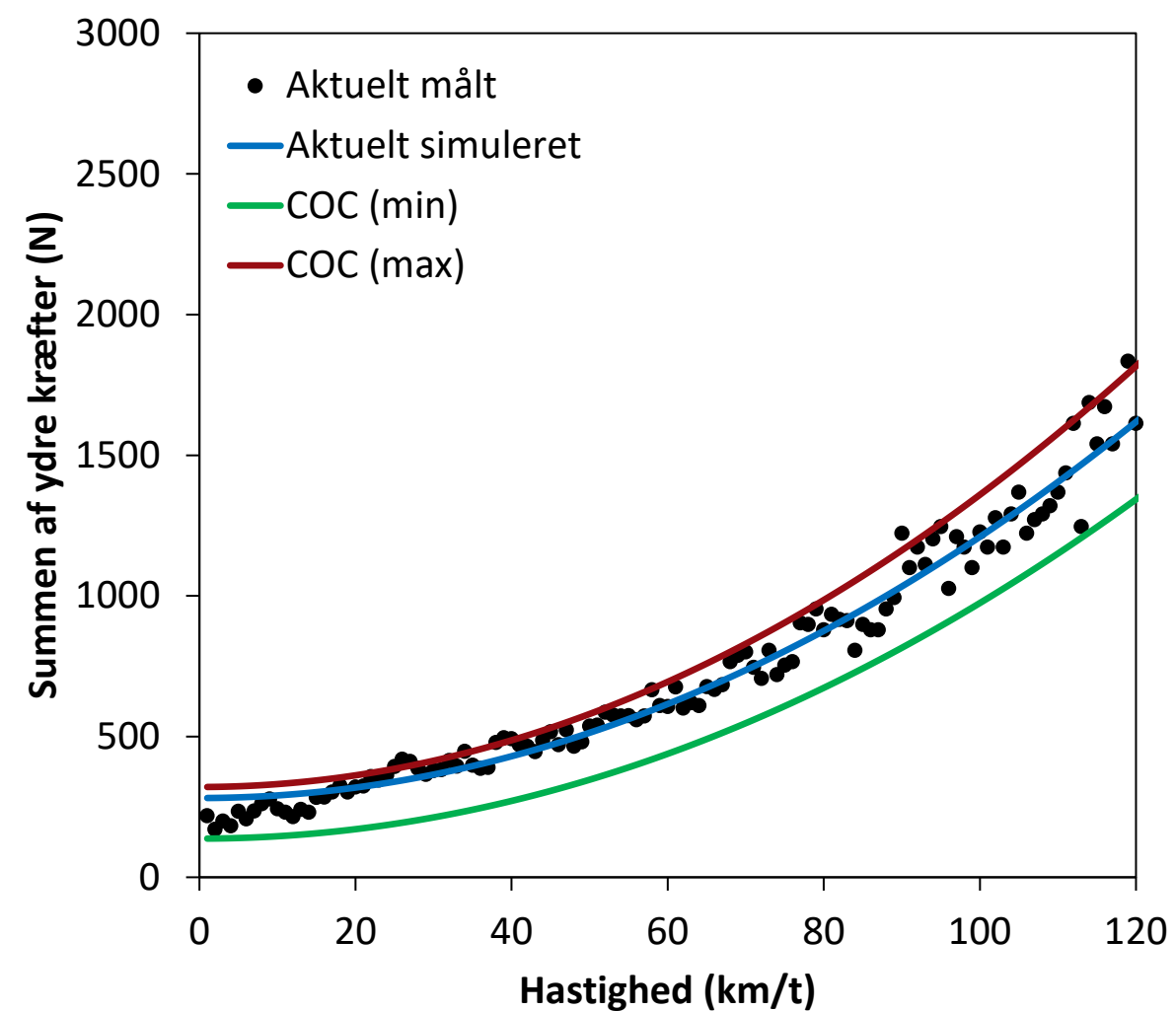
Skifter OP

Modstandsfaktorer

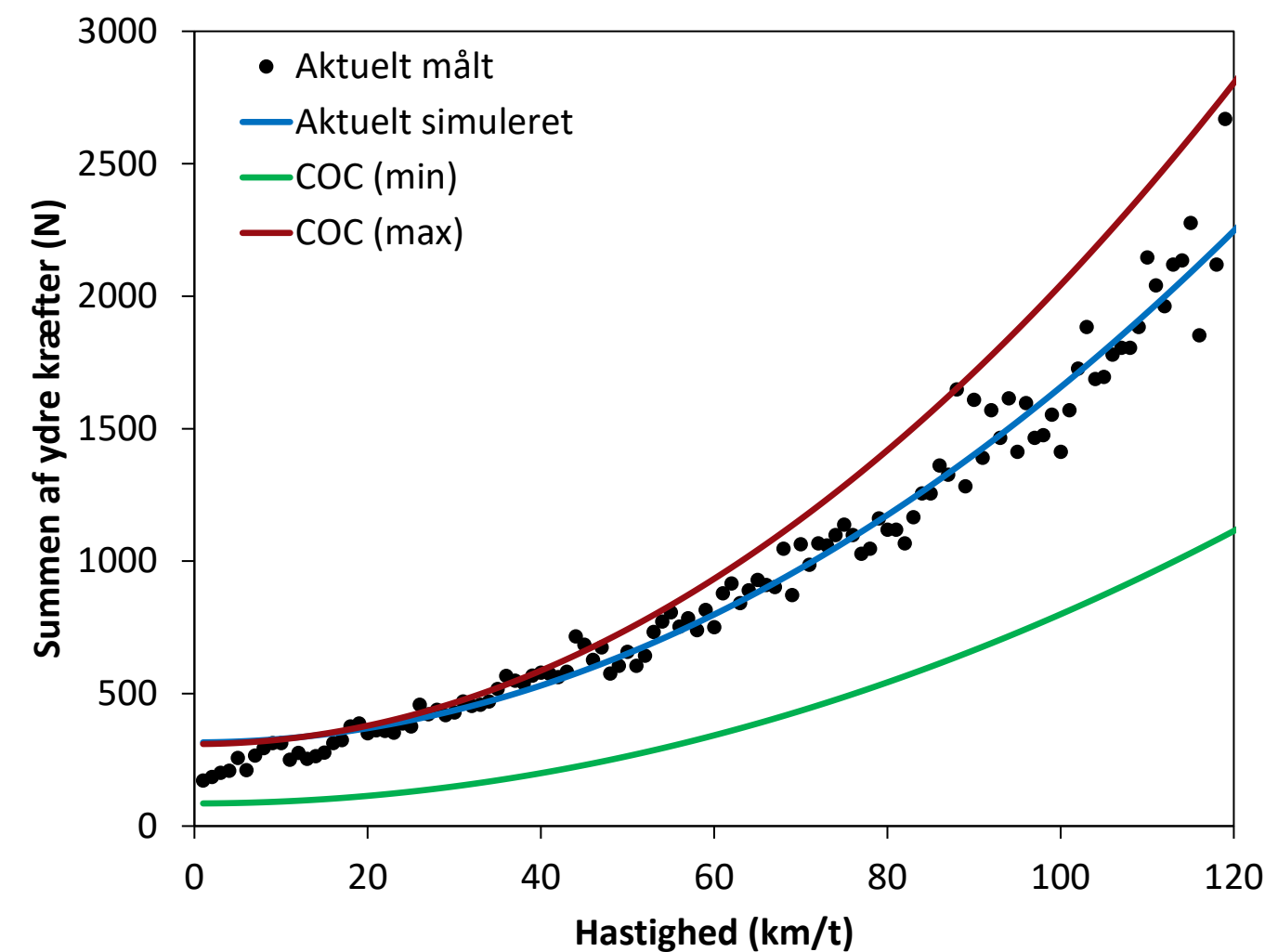


Målinger stemmer godt overens med fabrikkens interval angivet i COC.

BIL 1



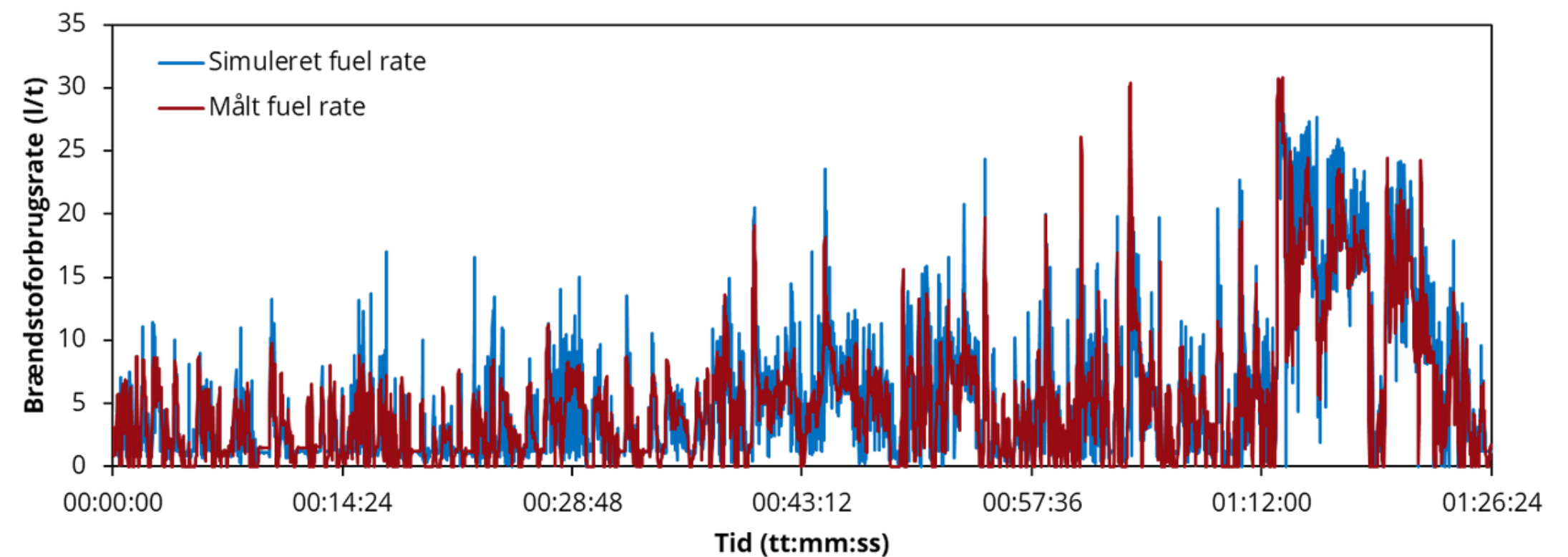
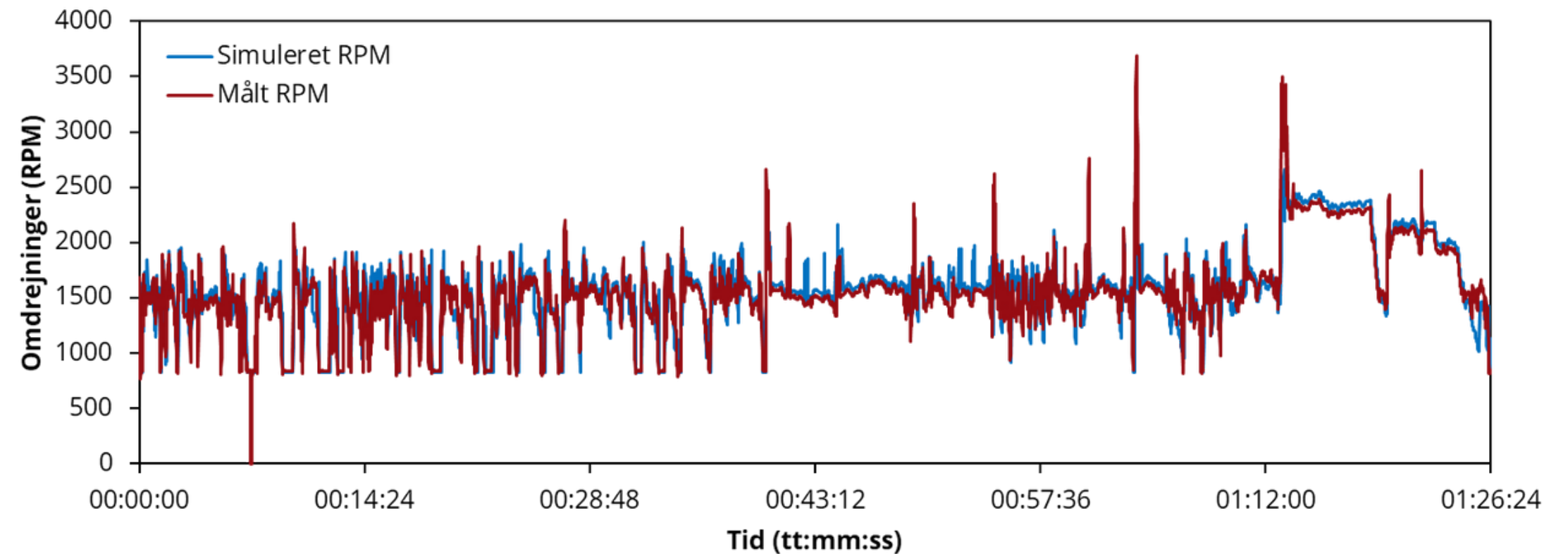
BIL 2



RDE validering: Simulering vs. målinger



Stor overens-
stemmelse mellem
simulering og
målinger – både for
motor-
omdrejninger og
brændstofforbrug

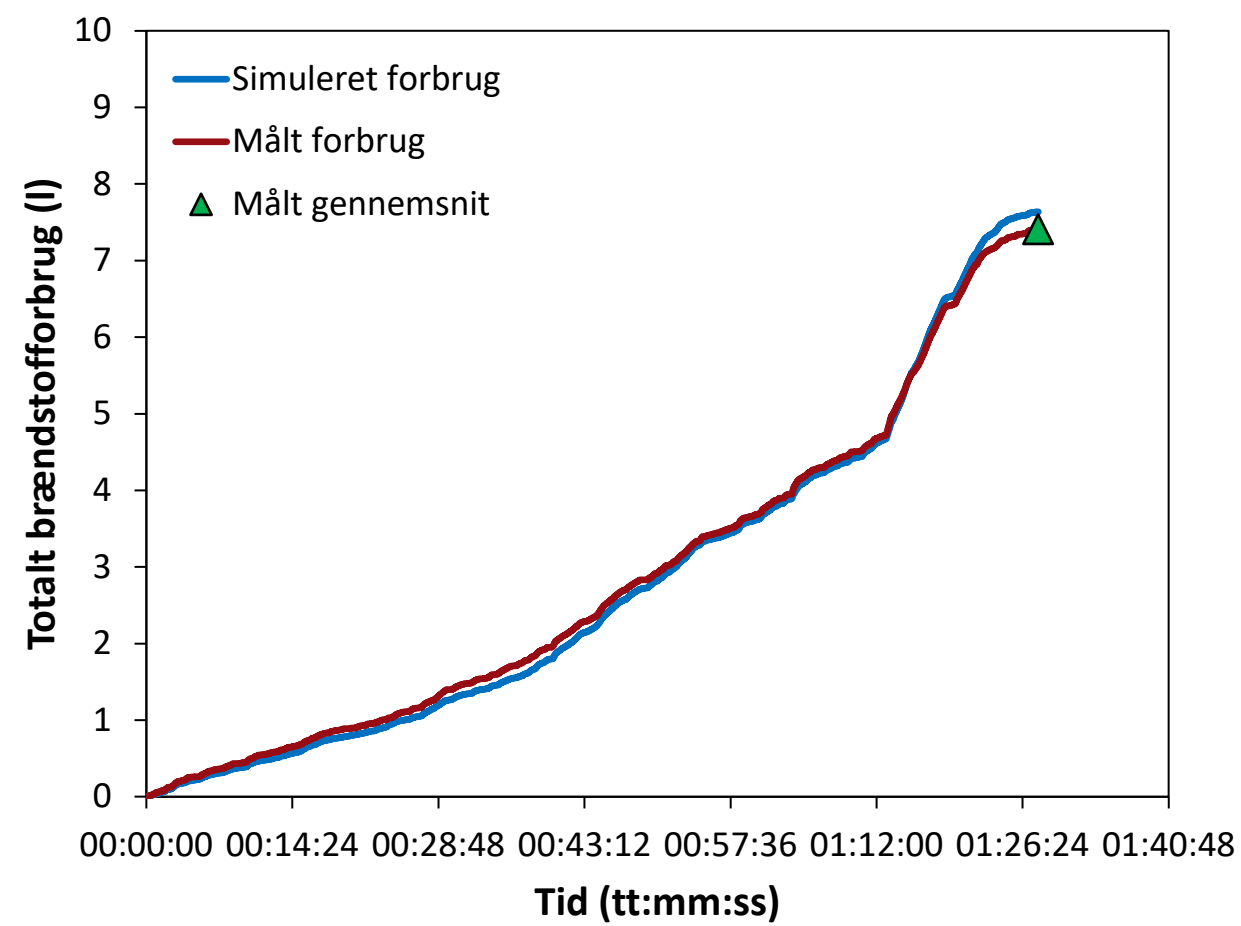


Totalt brændstofforbrug ved RDE-kørsel (80 km)

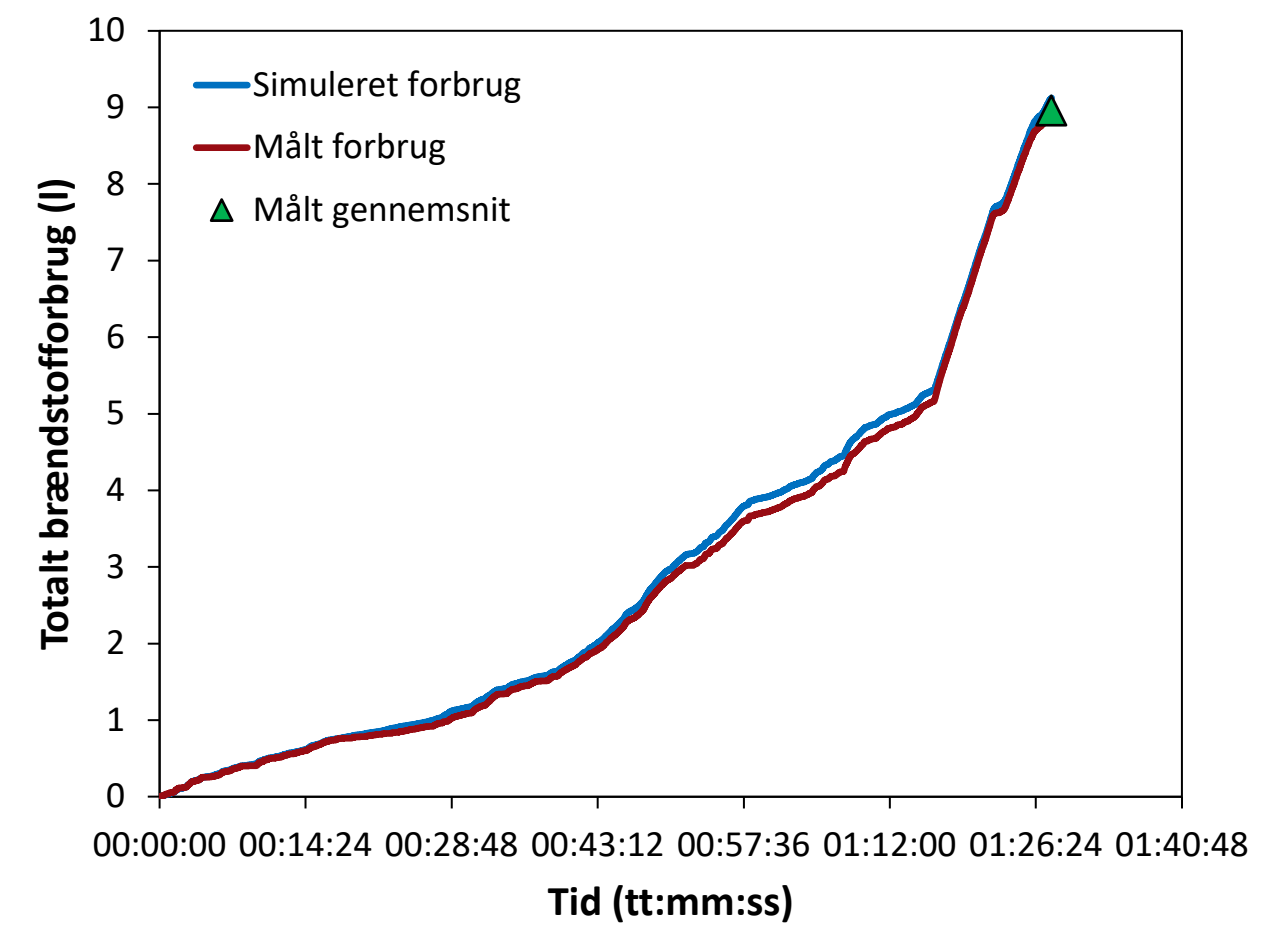


Akkumulerede brændstofdata fra rigtig kørsel passer tæt med simulationen – små afvigelser forklares af fx vind, men overensstemmelsen er stadig meget høj.

BIL 1



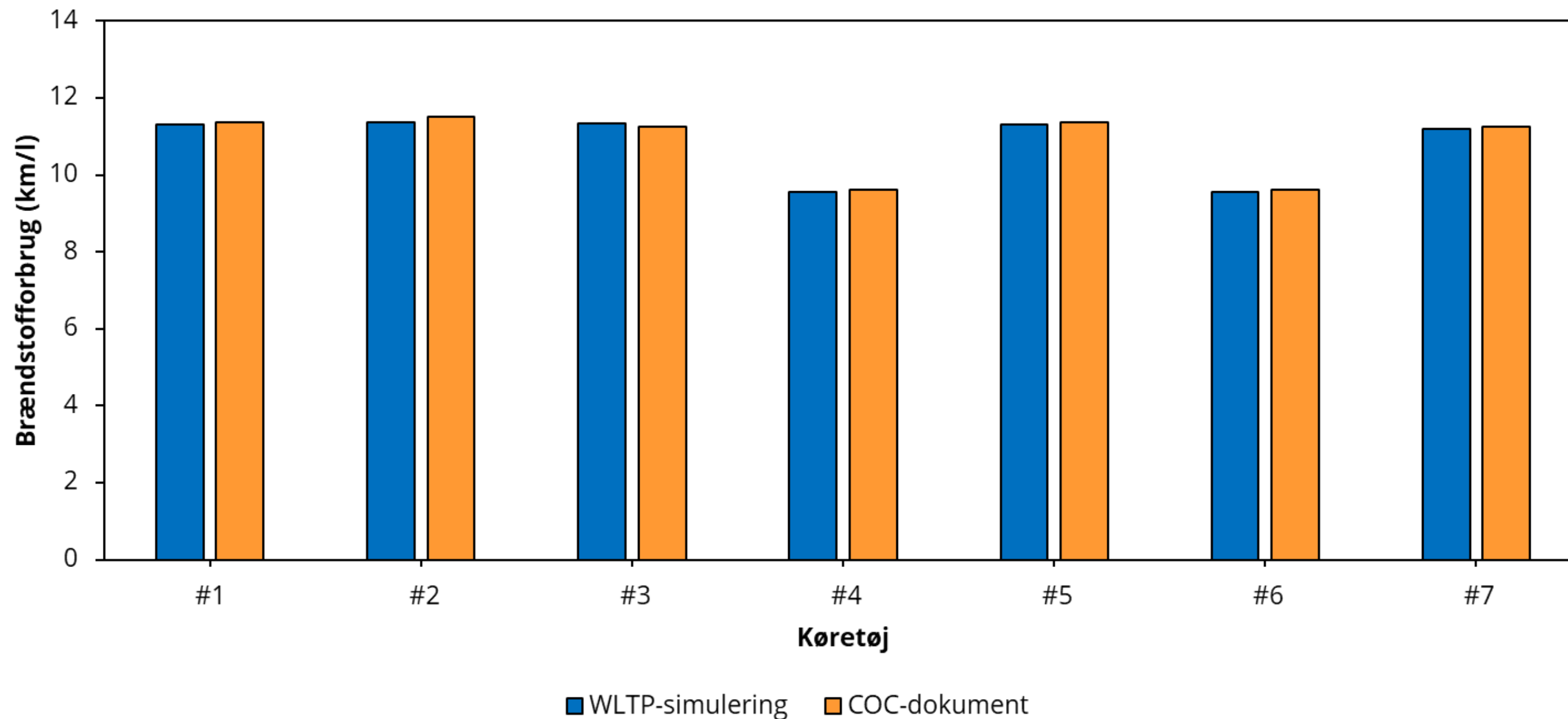
BIL 2



Simulerede data vs. fabriksdata



For biler med officielle WLTP-tal stemmer vores simulation præcist overens – hvilket bekræfter, at modellen er meget nøjagtig.



WLTP-simulering vs. brændstofforbrugsloven



Vores metode følger de målte CO₂-værdier langt bedre end lovgivningens formler – fordi vi regner på hele bilen, ikke kun vægten.

CO₂-udledning

