

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift

Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet

(Proceedings from the Annual Transport Conference
at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

www.trafikdage.dk/artikelarkiv



TEMA (Transporters EMISSIONER under Alternative forudsætninger) 2015

Emil Hausgaard, emh@trm.dk

Transport- og Bygningsministeriet

Abstrakt

Denne artikel beskriver modellen TEMA2015 og opdateringen af TEMA-modellen til denne version. Herunder er der hovedsageligt fokus på modellens opbygning, anvendelse og resultater. Herudover er der lagt fokus på hvilke konkrete opdateringer der er foretaget i forbindelse med opdateringen af TEMA2010 til TEMA2015.

Formålet med denne artikel, samt oplægget på Trafikdage 2015, er at kunne præsentere den nye TEMA udgave, og fremlægge de forbedringer der er foretaget i opdateringen til 2015 udgaven. Herudover også generelt at orientere om, hvad TEMA kan benyttes til i praksis.

TEMA er en beregningsmodel, der kan beregne energiforbrug og emissioner for både person- og godstransport for følgende transportmidler: Personbiler, busser, tog, fly, færger, varebiler, lastbiler, godstog, godsfærger og fragtskibe.

Siden TEMA2010 blev offentliggjort er der sket betydelige teknologiske fremskridt, hvorfor det var nødvendigt med en opdatering, som siden hen er resulteret i TEMA2015. Her er alle væsentlige fremskridt og ændringer siden TEMA2010 forsøgt medtaget og indarbejdet, såfremt disse er fundet relevante for selve modellen og dens beregninger. Disse opdateringer beskrives i nærmere detaljer i artiklen, og vil blive præsenteret på Trafikdage 2015.

TEMA (Transporters Emissioner under Alternative forudsætninger) 2015

Denne artikel beskriver TEMA (Transporters Emissioner under Alternative forudsætninger) modellen, dens anvendelsesmuligheder, samt de ændringer der er foretaget i forbindelse med opdateringen til 2015 udgaven.

Formålet med denne artikel, samt oplægget på Trafikdage 2015, er at kunne præsentere den nye TEMA udgave, og fremlægge de forbedringer der er foretaget i opdateringen til 2015 udgaven. Herudover også generelt at orientere om hvad TEMA er i stand til, og hvad modellen kan benyttes til i praksis.

Det første afsnit i denne artikel omhandler generelt TEMA modellen, dens opbygning, hvad der kan beregnes, samt modellens anvendelsesmuligheder. Kort fortalt, da er TEMA et beregningsprogram, som kan udregne energiforbrug og emissioner ud fra oplysninger om transportmiddel, rute og afstand. Modellen ejes af Transport- og Bygningsministeriet.

Andet afsnit i denne artikel vil beskrive opdateringen af TEMA2010, den foregående udgave af modellen, til TEMA2015. Hertil vil de væsentligste opdateringer og forbedringer blive beskrevet.

TEMA2015 blev offentliggjort i april 2015, og ligger offentligt tilgængeligt på Transport- og Bygningsministeriets hjemmeside.

Opbygning, anvendelse og resultater

TEMA-modellen (TEMA = Transporters Emissioner under Alternative forudsætninger) er en PC-model, hvor i man kan foretage emissionsberegninger og udregne energiforbrug for både person- og godstransport i Danmark. Modellen ligger offentligt tilgængeligt på Transport- og Bygningsministeriets hjemmeside, og er en model rettet mod organisationer og virksomheder. Siden modellen kom til verden, har den opnået en bred brugerflade og anvendes af ministerier, styrelser, uddannelses- og forskningsinstitutioner, kommuner og virksomheder til grønne regnskaber. Modellen er udviklet af COWI for Transport- og Bygningsministeriet. Den første udgave af TEMA udkom i 2000 (TEMA2000), og blev siden hen opdateret i 2010 (TEMA2010), og senest i foråret 2015, til TEMA2015.

I modellen, skal brugeren som minimum angive, hvilket transportmiddel der ønskes anvendt, og hvor mange personer/tons gods der ønskes transporteret, i så fald regnes der på en typisk situation. Derudover giver TEMA2015 brugeren mulighed for at specificere en lang række parametre som f.eks. afstand, belægning, brændstof, hastighed, køremønster osv. På denne måde kan modellen også bruges til at regne på konkrete transporter, der afviger fra det typiske.

Opbygning og anvendelse

Modellen er opdelt i to dele for henholdsvis persontransport og godstransport. Der er tale om to separate modeller, der trods den fælles overordnede struktur er helt uafhængige. Det er således ikke muligt at foretage sammenligninger af energiforbrug og emissioner på tværs mellem person- og godstransport inden for modellens rammer.

For en given tur kan brugeren enten specificere, hvor turen starter og ender, eller selv specificere turlængden. Der er i TEMA indlagt information om afstande mellem udvalgte destinationer i Danmark. Således kan brugeren vælge mellem 687 destinationer, der udgør byer med flere end 1.000 indbyggere, DSB's stationer på hoved-, regional- og lokalbaner, S-togsnettet, metrostationer, lufthavne og større havne. TEMA kender vej- og baneafstanden mellem destinationerne, og kan beregne, hvor stor en del af emissionerne, der finder sted i byområder for en given transport.

Persontransporter foregår typisk fra dør til dør og sammensættes ofte af forskellige transportmidler til en kæde. F.eks. køres der i taxi eller tog til lufthavnen, fly fra lufthavnen til anden lufthavn og taxi igen til den

endelige destination. Alternativt kan der køres i bus eller S-tog til en hovedstation, Intercity til en ny station og så bus til den endelige destination. Tilsvarende for godstransport, som også i mange tilfælde udføres som sammensat transport, f.eks. med lastbil eller varebil fra afsenderen til en godsterminal og videre til en anden godsterminal med lastbil, tog eller skib og derfra videre igen med en distributionsbil til modtageren. Derfor har brugeren også mulighed for at sammensætte turkæder, således at man kan udregne emissioner og energiforbrug for flere forskellige transportmidler på én gang.

Som nævnt ovenfor, er hovedformålet med TEMA at udregne energiforbrug og luftemissioner for såvel person- som godstransporter. Dette kan gøres for en lang række transportmidler som er lagt ind i modellen, og som kan vælges af brugeren. Den overordnede opdeling af transportformer der er lagt ind i TEMA er følgende:

- Personbiler
- Busser
- Persontog
- Færger til gods- eller passagertransport
- Fly
- Vare- og lastbiler
- Godstog
- Fragtskibe

Alle disse transportformer har en finere opdeling af transportmidler under sig. Eksempelvis ved persontog, da kan man vælge imellem S-tog, metro, regionaltog, mv. Dette samme gør sig eksempelvis gældende for personbiler som er opdelt efter drivmiddel, vægt og motorstørrelse. Brugeren har således mulighed for at vælge det transportmiddel der passer til det der ønskes at beregnes med.

De transportmidler, som modellen vælger "default", er det typiske transportmiddel for den pågældende transportform på den valgte rute.

Foruden ovenstående har brugeren mulighed for at ændre på en række avancerede indstillinger, såfremt man ligger inde med konkret viden, som kan hjælpe med at gøre modellens resultater mere præcise, end hvis man blot benytter standard værdierne for disse avancerede indstillinger, som ikke altid kan stemme overens med virkeligheden. Disse er følgende:

- Belægningsgrad
- Koldstart
- Køremønster, herunder andelen af en tur der foregår på motorvej og øvrige veje, andelen af turen der foretages i by og på land, samt gennemsnitlige hastigheder
- Slitage
- Upstream emissioner
- Elforbrug og – emissioner
- Øvrige tillæg til emissioner
- Kilometer der køres pr. liter samt evt. antal kilometer der køres på el, hvis man benytter hybridbil
- Brændstoftype og øvrige teknologiske parametre

Som udgangspunkt anbefales det dog, at man benytter modellens standardværdier, med mindre man ligger inde med konkret viden, som giver anledning til ændringer.

Når brugeren har konstrueret en turkæde i modellen, kan man få udregnet luftemissionerne og energiforbruget for den valgte turkæde, og brugeren har også mulighed for at gemme denne turkæde, således at man på et senere tidspunkt kan regne på den samme turkæde igen.

Resultater

Outputtet fra TEMA2015's modelberegninger er energiforbrug målt i MJ, samt emissioner, målt i gram, af følgende:

- CO₂
- CO
- NO_x
- HC
- SO₂
- Partikler

Resultaterne (energiforbrug og emissioner) opgøres totalt pr. transportmiddel, pr. transportmiddelkilometer og pr. personkilometer eller tonkilometer, og præsenteres i tabelform samt ved grafiske illustrationer. Derudover er der mulighed for at eksportere resultaterne til andre applikationer, således at resultaterne kan viderebearbejdes efter brugerens ønsker.

Der er generelt stor usikkerhed ved beregning af emissionsfaktorer, hvilket betyder, at emissionsresultaterne fra TEMA må tages med et vist forbehold. I de tabeller, brugeren præsenteres for, er det alligevel valgt at vise resultaterne med to decimaler. Antallet af decimaler skal ikke tages som et udtryk for stor præcision i beregningerne, men er alene medtaget for at give en ensartet præsentation samt for at undgå for store fejl på grund af afrunding.

Eksempel på beregning i TEMA2015

For at få et bedre indblik i præcis hvad TEMA2015 kan, præsenteres her et konkret eksempel på en beregning foretaget i TEMA2015. Turen der her regnes på er to personer der skal fra Københavns Hovedbane til Aalborg. Disse to personer ønsker at tage tog. På denne strækning kører der Intercity tog, hvorfor denne tog type vælges. Udover dette benyttes blot default indstillinger for belægningsgrad, teknologi, brændstof, mv. Resultaterne for denne beregning ses i nedenstående tabel.

Table 1 – Beregning i TEMA 2015 for turen København H – Aalborg med Intercity tog for to personer

For angivne personer	Partikler (g)	NO _x (g)	SO ₂ (g)	CO (g)	HC (g)	CO ₂ (g)	Energi (MJ)
København H - Aalborg (Intercity tog)	1,08	135,33	5,37	15,55	7,87	23.899	322,96

Kilde: TEMA2015

Ovenstående emissioner og energiforbrug er angivet for begge de to personer og for hele turen. Det interessante kunne nu være at sammenligne med hvor meget de havde udledt og brugt af energi hvis disse to personer i stedet havde taget bilen på denne tur. Nedenfor ses en tabel hvor emissionerne og energiforbruget for turen Københavns Hovedbane – Aalborg med hhv. tog og bil sammenlignes.

Table 2 – Beregning i TEMA 2015 for turen København H – Aalborg med Intercity tog og bil for to personer

For angivne personer	Partikler (g)	NO _x (g)	SO ₂ (g)	CO (g)	HC (g)	CO ₂ (g)	Energi (MJ)
København H - Aalborg (Intercity tog)	1,08	135,33	5,37	15,55	7,87	23.899	322,96
København H - Aalborg (bil)	0,49	2,73	2,45	397,35	7,79	74.465	1022,87

Kilde: TEMA2015

For turen med bil er en nyere, mellemstørrelse benzinbil¹ benyttet. Herudover er default indstillingerne i TEMA2015 benyttet.

¹ 1,4-2,0 liters benzinbil af EURO-norm 5.

Det kan ses ud fra tabel 2, at man ved at benytte bilen vil udlede væsentligt mindre NO_x, SO₂ og færre partikler. Derimod vil man bruge betydeligt mere energi, og udlede væsentligt mere CO₂ og CO ved at benytte bilen fremfor toget. Den klimabevidste forbruger ville derfor vælge toget i dette scenarie. Foruden ovenstående sammenligning, kunne man på samme tur også have sammenlignet med fly, andre biltyper, mv., alt efter hvilke alternativer brugeren ønsker at betragte.

Opdatering fra TEMA2010 til TEMA2015

De seneste par år er der sket en markant udvikling i energieffektiviteten og ikke mindst har nye transportmuligheder og – teknologier meldt sig på banen. Derfor har Transport- og Bygningsministeriet prioriteret en opdatering af modellen, hvilket er baggrunden for den seneste udgave, TEMA2015. Projektet er udført af COWI for Transportministeriet, og arbejdet blev igangsat i 2014, og færdiggjort i april 2015.

Opdateringen af modellen har været organisatorisk forankret i Transport- og Bygningsministeriet i fællesskab med en følgegruppe bestående af repræsentanter fra Trafik- og Byggestyrelsen, DTU Transport og Metroselskabet.

Følgegruppen har haft til formål, at sikre opdateret input og skabe fælles forståelse for udregningerne. Med TEMA2015 er der taget højde for udviklingen, og de nye trends er indarbejdet. Forbedringerne er tilvejebragt i tæt samspil med følgegruppen, som har fulgt arbejdet med et stort og aktivt engagement.

Blandt de væsentligste opdateringer af TEMA til TEMA2015 er bl.a.:

- Opdateringer af biobrændstoffer og el
- Opdatering af emissionsfaktorer
- Opdatering af EURO-normerne
- Indarbejdelse af plug-in hybridbiler
- Opdatering af færger
- En række forbedringer i funktionaliteten af modellen
- Opdatering af dokumentationsrapport, som bygger på dokumentationsrapporten for TEMA2010

For biobrændstofferne er der i 2015 nu indarbejdet, at benzin og diesel også skal indeholde en hvis pct. del biobrændstof, hvilket bl.a. har betydning for upstream emissionerne. Herudover er CO₂ emissionerne og upstream emissionerne opdateret på baggrund af AD-modellen. NO_x, partikler, VOC, mv. er opdateret på baggrund af COPERT 4 modellen. Her er der især for lastbiler og busser sket ændringer ift. TEMA2010. Emissionsfaktorerne fra el produktion er opdateret med nyeste tal fra Energistyrelsen.

I TEMA2015 er de nye EURO-norm VI busser og lastbiler nu indarbejdet. Herudover er der indarbejdet en CNG bybus fra COPERT 4, og samt en biogas bybus, som er beregnet af COWI. For personbiler af EURO-norm V, er der foretaget en korrektion for brændstofforbruget, end hvad det beregnes til i COPERT 4. Dette skyldes at denne type bil bruger mindre brændstof end hvad der beregnes i COPERT 4. I stedet benyttes den tyske database *Spritmonitor* til brug for korrektion af EURO V personbiler, så disses brændstofforbrug stemmer overens med det virkelige brændstofforbrug.

I TEMA2010 var plug-in hybridbiler medtaget, men var blot indarbejdet på den måde, at disse biler udledte en hvis pct. del mindre end konventionelle personbiler. Disse er nu i stedet indarbejdet på den måde at de første 30km køres på el, hvorefter der køres på benzin. Brugeren har mulighed for at ændre de 30km så det stemmer overens med den plug-in hybridbil man ønsker at beregne på.

For færgerne er der ligeledes foretaget betydelige opdateringer, da der er sket væsentlige ændringer i færgedriften, samt kompositionen af flåden, siden TEMA2010. TEMA2015 er derfor opdateret ift. hvilke færgeruter der er blevet lukket, samt hvilke færger der nu rent faktisk opererer på de nuværende ruter. Bl.a. er mere end halvdelen af de små færger blevet udskiftet til nyere færger siden TEMA2010.

For tog er den væsentligste opdatering ved metroen, hvor er sket en betydelig stigning i belægningsgraden, hvilket har medført at energiforbruget og emissionerne per passager er betydeligt lavere i TEMA2015 end i den foregående udgave.

En anden væsentlig ændring i TEMA2015 er at database grundlaget er ændret, og den nu i stedet er en Microsoft Access Database. Dette gør også at grunddata nu er betydeligt lettere til tilgængelig, og den enkelte bruger kan gå ind og ændre data, eks. hvis der kommer ny data som man ønsker at medtage.

Der forventes, at TEMA skal opdateres igen. Hvornår denne opdatering finder sted, er endnu ikke endeligt fastlagt, da dette afhænger af hvornår der er behov for det. Skulle der eksempelvis opstå store teknologiske fremskridt indenfor en kort periode, kan behovet for en opdatering opstå før forventet.