



SINTEF

Prosjektnotat

SINTEF Community
Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005100
info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Tilstandsindikatorer for vegnettet – metode for beregning av tilstandsindikatorer publisert mars 2023

VERSJON
Version 1.1

DATO
2024-10-21

FORFATTERE
Kai Rune Lysbakken
Hampus Karlsson
Marit Fladvad
Torun Rise
Anders Kroksæter

OPPDRAGSGIVER
Statens vegvesen, ToS

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE
Atle Dale Moen

PROSJEKTNUMMER
102027576

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
31+ 0 Bilag/vedlegg

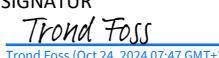
Metode for tilstandsindikatorer

Notatet oppsummerer arbeidet med utvikling av metode for beregning av tilstandsindikatorer på vegbredde, bæreevne og Tunnelsikkerhetsforskriften med publiseringsdato i NVDB 31. mars 2023.

UTARBEIDET AV
Kai Rune Lysbakken

SIGNATUR


GODKJENT AV
Trond Foss

SIGNATUR

Trond Foss (Oct 24, 2024 07:47 GMT+2)

PROSJEKTNOTAT NR
1

GRADERING
Åpen

COMPANY WITH
MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001



SINTEF

Historikk

| VERSJON | DATO | Versjonsbeskrivelse |
|---------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.9 | 28.04.2023 | Beskriver metode for tilstandsindikator på vegbredde, bæreevne og Tunnelsikkerhetsforskriften publisert 31. mars 2023. Versjon som oversendes Triona for gjennomgang av metodebeskrivelsen i kapittel 7. |
| 1.0 | 10.05.2023 | Beskriver metode for tilstandsindikator på vegbredde, bæreevne og Tunnelsikkerhetsforskriften publisert 31. mars 2023. |
| 1.1 | 21.10.2024 | Endret tittel og fått inn signaturer på tittelside. Tittel endret fra «Tilstandsindikatorer for vegnettet – metode for beregning av tilstandsindikatorer» til «Tilstandsindikatorer for vegnettet – metode for beregning av tilstandsindikatorer publisert mars 2023». Tittelen endres for å skille mellom de ulike metodenotatene som har blitt utarbeidet i prosjektet. |



Innholdsfortegnelse

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Innledning..... | 5 |
| 2 | Analysestreknings..... | 6 |
| 2.1 | Hovedprinsipp og alternativer for analysestrekning | 6 |
| 2.1.1 | Hovedprinsipp..... | 6 |
| 2.1.2 | Alternative metoder for inndeling i analysestreknings | 7 |
| 2.2 | Analysestreknings i første versjon av tilstandsindikatorer | 9 |
| 2.3 | Diskusjon og konklusjon..... | 10 |
| 3 | Klassifisering | 12 |
| 4 | Indikator for vegbredde..... | 14 |
| 4.1 | Introduksjon | 14 |
| 4.2 | Krav til vegbredde | 14 |
| 4.3 | Klassifisering..... | 15 |
| 4.4 | Analysevegnett..... | 15 |
| 4.5 | Data | 16 |
| 4.6 | Beregning og kvalitetssikring vegbredde | 16 |
| 4.7 | Diskusjon vegbredde..... | 17 |
| 5 | Indikator for bæreevne..... | 18 |
| 5.1 | Introduksjon | 18 |
| 5.2 | Krav til bæreevne | 18 |
| 5.3 | Klassifisering..... | 19 |
| 5.4 | Analysevegnett..... | 20 |
| 5.5 | Beregning av bæreevne | 20 |
| 5.6 | Diskusjonspunkter bæreevne | 20 |
| 5.6.1 | Bru | 20 |
| 5.6.2 | Tunnel..... | 22 |
| 5.6.3 | Beregning av strekningsbæreevne | 22 |
| 5.6.4 | Trafikkmengde..... | 22 |
| 6 | Indikator for Tunnelsikkerhetsforskriften..... | 24 |
| 6.1 | Introduksjon | 24 |
| 6.2 | Krav til tunnel..... | 24 |
| 6.3 | Klassifisering..... | 25 |
| 6.4 | Analysevegnett..... | 26 |



SINTEF

| | | |
|----------|------------------------------------------------|-----------|
| 6.5 | Eksempler på utfordringer og avklaringer | 26 |
| 7 | Oppsummering metodebeskrivelse..... | 28 |
| 7.1 | Vegbredde..... | 28 |
| 7.2 | Bæreevne | 30 |
| 7.3 | Tunnelsikkerhetsforskriften | 31 |
| 8 | Videre arbeid | 32 |
| 9 | Referanser | 33 |



SINTEF

1 Innledning

Prosjektet med utvikling av tilstandsindikatorer inngår i Statens vegvesen sin teknologisatsing som en del av Nasjonal transportplan. Målet med prosjektet er å utvikle tilstandsindikatorer for å beskrive tilstand på både **vegstandard** (bygd tilstand) og for **vedlikeholdstilstand** (vedlikeholdsetterslep). Indikatorene skal beskrive tekniske og fysiske forhold på vegnettet og skal i første omgang utvikles for riksvegnettet, men metoden som utvikles skal ta høyde for å kunne benyttes også på fylkesveg. Indikatorene skal kunne si noe om utvikling i tilstand og kunne brukes som grunnlag for prioriteringen innenfor vedlikehold. For å sikre tilgang til stabilt datagrunnlag på tvers av vegeiere, vil nasjonal vegdatabank (NVDB) bli brukt som kilde fordi data da er sikret gjennom vegdataforskriften. Prosjektet skal ikke se på datakvalitet, men forutsette at kvaliteten er slik som beskrevet i eksempelvis NVDB datakatalog.

SINTEF er engasjert av Statens vegvesen for å utvikle metoder for beregning av indikatorene, mens Triona bistår med utvikling av system for datauttak, analyse og presentasjon.

Dette notatet beskriver arbeidet med utvikling av metode for tilstandsindikator på **vegbredde, bæreevne og Tunnelsikkerhetsforskriften** med publiseringsdato 31. mars 2023. Hensikten med notatet er å dokumentere arbeidet, hvilke valg, avgrensinger og avveininger som er gjort ved utvikling av metoden, samt dokumentere selve beregningsmetodene.

Indikatorene publisert 31. mars 2023 skal evalueres i samarbeid mellom SVV, SINTEF og Triona. Evalueringen vil danne grunnlag for evt. videreutvikling av disse tre indikatorene, men også utvikling av kommende indikatorer.



2 Analysestreknings

En viktig del av både metode og teknologi for tilstandsindikatorer, er inndeling i analysestreknings. En analysestreknings er en segmentert del av vegnettet, der beregnet tilstandsindikator for strekningen lagres i NVDB og kan vises i for eksempel Vegkart. Det er flere krav og behov knyttet til inndeling i analysestreknings. Analystrekningsene skal:

- Tilrettelegge for effektiv anvendelse av datasettet (analyse, visning mm.)
- Sikre mest mulig likt sammenligningsgrunnlag fra år til år
- Gi tilstrekkelig detaljert informasjon om tilstand
 - Vise utvikling over tid
 - Identifisere reelle utfordringer (geografiske forskjeller)
- Tilrettelegge for evt. aggregering av delindikatorer til en eller flere overordnede indikatorer

2.1 Hovedprinsipp og alternativer for analysestreknings

2.1.1 Hovedprinsipp

Et viktig hovedprinsipp for inndeling i analysestreknings er hvorvidt det skal være like analystreknings for alle indikatorer eller ikke. En optimal inndeling i analystreknings vil være forskjellig for de ulike temaene fordi det vil være stor forskjell på hvordan både krav og tilstand varierer langs vegnettet. For noen tema, eksempelvis bæreevne, vil det være det samme krav for hele vegnettet. For vegbredde, der kravet er knyttet til dimensjoneringsklasse, som styres av ÅDT og fartsgrense, vil kravet variere. Når det gjelder krav i Tunnelsikkerhetsforskriften så gjelder dette hele tunnelens lengde (gitt at tunnelen er lengre enn 500 meter). En fornuftig inndeling i analysestreknings vil her være hele tunnelens lengde.

På samme måte vil det være forskjeller i hvordan faktisk tilstand varierer langs vegnettet. For noen indikatorer vil det være stor spredning, som tilsier kortere streknings for å få fram forskjeller. Mens andre vil ha mindre spredning, der lengre streknings kunne vært fordelaktig. Argumentet mot å ha ulik strekningsinndeling for ulike indikatorer er at det vil bli komplisert både metodisk og med hensyn til utvikling av system. Datastrukturen i NVDB vil bli mer komplisert, og ved en eventuell aggregering vil man få en veldig finmasket inndeling da analystrekningsene for aggregerte indikatorer vil være "summen" av alle inndelingene.

I diskusjonen om analystreknings for indikatorer med planlagt publisering 6. februar 2023 ble det derfor tatt en avgjørelse på at analysestrekningsene skal være like for samtlige indikatorer/temaer.



2.1.2 Alternative metoder for inndeling i analysestrekninger

De ulike alternativene for inndeling i analysestrekninger er listet opp nedenfor. Disse var med som diskusjonsgrunnlag for beslutningen i forkant av publisering 31. mars 2023:

- 1a. Manuell inndeling av vegnettet
- 1b. Manuell inndeling av vegnettet, men detaljerte data under hvert enkelt vegobjekt
2. Inndeling i fast lengde, eksempelvis 1000 meter
3. Dynamisk og automatisert inndeling basert på ulike parametere
 - a. Eget tilpasset parameteroppsett per indikator
 - b. Kryss til kryss
 - c. Bruke trafikklenker
 - d. Strekningsinndeling i NVDB
 - e. Eventuelt andre

I det følgende beskrives de ulike alternativene nærmere og det presenteres kort hvilke fordeler og ulemper som knyttes til de enkelte.

1a. Manuell inndeling av vegnettet

Vegnettet deles inn i strekninger ut fra en faglig vurdering om enhetlige strekninger, eller strekninger det er naturlig å se i sammenheng, eksempelvis i NTP-utredninger. En slik inndeling i strekninger må utføres av fagpersoner med god kjennskap til vegnettet. Dette tilsvarer den metoden som ble benyttet i piloten som Statens vegvesen og Triona gjennomførte våren 2022. En slik tilnærming tilsier noe lengre strekninger, anslagsvis i størrelsesorden 20 til 200 kilometer, avhengig av hvilke prinsipper som legges til grunn. Fordeler og ulemper for dette alternativet er:

- Fordeler
 - + Gir en relativt oversiktlig visning i Vegkart (pga. lengre strekninger)
 - + Inndelingen kan være enklere å relatere til/forstå for "utenforstående"
 - + Vil forholde seg lik fra år til år, da inndelingen knyttes opp mot for eksempel tettsteder eller byer med statisk lokalisering.
- Ulemper
 - Vil miste nyanser ved lengre strekninger
 - Subjektiv inndeling
 - Krever god lokalkunnskap for å dele opp
 - Kan gi store variasjoner i lengde på strekninger (f.eks. Finnmark vs. Viken)
 - Krever manuelt vedlikehold ved endringer i vegnettet
 - Vil passe dårlig på noen enkelttema og for enkelte fagmiljø/brukere eksempelvis bæreevne, spor og jevnhet

1b. Manuell inndeling av vegnettet - detaljerte data under hvert enkelt vegobjekt

For å kompensere for ulempene med lengre strekninger og at man dermed kan miste nyanser, kan det tenkes en løsning der detaljerte data i tillegg lagres i NVDB under vegobjektet for temaet i NVDB. Et eksempel er at detaljerte data for tilstandsindikator på vegbredde lagres som attributt under objektet Vegbredde. Et mulig problem er at det ikke alltid finnes et vegobjekt der detaljerte data naturlig hører hjemme, eksempelvis fordi data hentes fra flere objekter. Denne løsningen har de samme fordeler og



ulemper som 1a og i tillegg disse:

- Fordeler
 - + Ivaretar detaljerte data
- Ulemper
 - Krever mer ressurser til utvikling og vedlikehold
 - Detaljerte data krever egne etter-analyser for å bli relevante
 - Vanskeligere å finne fram til data (tilstandsindikator ligger på flere steder)

2. Inndeling i fast lengde, eksempelvis 1000 meter

Et alternativ kan være inndeling i faste lengder, eksempelvis på 1000 meter. En slik løsning har følgende fordeler og ulemper:

- Fordeler
 - + Kan bevare nyanser på en bedre måte (gitt relativt korte strekninger)
 - + Lite arbeidskrevende å gå videre med fordi den ikke krever utvikling av metode
- Ulemper
 - Tar ikke hensyn til parametere som påvirker endring i krav (eksempelvis ÅDT og krav til vegbredde)
 - Kan gi ulogiske oppdelinger, for eksempel med deling i en tunnel eller på ei bru.

3. Dynamisk og automatisert inndeling basert på ulike parametere

Analysestrekingene kan deles inn automatisert, basert på ulike egenskaper knyttet til vegnettet og data på dette i NVDB. Enten ved at det defineres et parametersett for de ulike indikatorene eller at man benytter metode/inndeling som allerede finnes i NVDB. Eksempel på mulige inndelinger er:

- a) Kryss til kryss
- b) Trafikklenker (ÅDT)
- c) Strekningsinndeling i NVDB
- d) Homogene strekninger som skifter når nøkkel-egenskaper ved vegen endres (eksempelvis slike som fartsgrense, trafikkmengde, antall felt mm.)
- e) Eventuelt andre

Inndeling b) og c) eksisterer allerede i NVDB og kan benyttes direkte.



En tilnærming med en automatisert og databasert inndeling i analysestrekninger har følgende fordeler og ulemper:

- Fordeler
 - + Strekningsinndeling er basert på en logisk argumentasjon
 - + Kan ta hensyn til parametere som påvirker endring i krav (eksempelvis ÅDT og krav til vegbredde)
 - + Relativt enkelt å anvende metoden ved utvidelse til fylkesveger og evt. kommunal veg.
 - + Reglene kan endres for å få ny inndeling over hele Norge ved behov
 - + Ny strekningsinndeling håndteres automatisk ved endringer i vegnettet
- Ulemper
 - Kan gi lange strekninger på noen steder hvor man da mister nyanser (alternativt kombinere med alternativ 2, maks lengde)
 - Kan variere over tid
 - Passer ulikt for ulike brukergrupper

2.2 Analysestrekninger i første versjon av tilstandsindikatorer

For å kunne publisere datasettet med første versjon av tilstandsindikatorer på vegbredde, bæreevne og Tunnelsikkerhetsforskriften ble det besluttet å benytte en foreløpig løsning for analysestrekninger, i påvente av en mer endelig konklusjon. Løsningen som ble valgt var å benytte en kombinasjon av alternativ 2 og 3, med utgangspunkt i trafikklenker (3b), som er en eksisterende inndeling i NVDB. Trafikklenker benyttes ved etablering av datasett for trafikkmengde (ÅDT) og er vegobjekttype 967 i NVDB.

Trafikklenkene deles videre inn slik at de blir maksimalt 1000 meter. For å unngå mange korte analysestrekninger tillates de å bli opptil 1200 meter i overgangen mot neste trafikklenke-strekning. I tillegg defineres det egne analysestrekninger for tunnel og bru, slik at disse ikke splittes opp.

Denne løsningen har følgende fordeler og ulemper:

- Fordeler
 - + Anvender en eksisterende segmentering
 - + Strekningsinndeling er basert på en logisk argumentasjon
 - + Lite arbeidskrevende ved utvidelse til fylkesveger og evt. kommunal veg
 - + Automatisert løsning som håndterer endringer i vegnettet
 - + Sikrer nyanser
- Ulemper
 - Inndeling kan variere over tid
 - Løsningen vil passe ulikt for ulike brukergrupper. Eksempelvis vil fagpersoner som driver overordnet planlegging måtte gjøre egne sammenstillinger for lengre strekninger, mens løsningen gir nyanser som kan være nyttige for fagpersoner innen vedlikehold.



2.3 Diskusjon og konklusjon

I valg av løsning for analysestrekninger må det foretas avveininger mellom ulike hensyn. Det vil som tidligere nevnt være slik at optimal inndeling av analysestrekninger vil være ulikt for de ulike temaene ut fra hvordan krav og tilstand varierer langs vegnettet. I tillegg vil hva som oppleves som optimalt variere mellom ulike brukergrupper. Enkelte brukergrupper vil være interessert i detaljer eller å lage egne analyser og vil dermed ønske relativt korte strekninger. Andre vil kanskje bruke dataene i mer overordnede sammenhenger og dermed ønske faste og lengre strekninger.

Det er i hovedsak to avgjørelser som må tas når det gjelder inndeling i analysestrekninger

- lengden på strekningene
- automatisert eller manuell inndeling

Lengre strekninger, gjerne også navngitt og ut fra en manuell vurdering, vil kunne gi en mer oversiktlig kartvisning og være tilpasset bruk av dataene til NTP-analyser eller overordnet planlegging. Ved lengre strekninger vil man derimot ikke få fram variasjoner langs vegnettet. Da vil man også kunne få utfordringer med å vise historisk utvikling, nettopp fordi tiltak ikke blir synlige på strekningsnivå. Å vise historisk utvikling er en del av bakgrunnen for å utvikle tilstandsindikatorer.

En manuell inndeling vil kunne gi strekninger som er tilpasset enkelte formål og enkelte brukergrupper. Det vil kunne gi strekninger som er naturlige å se i sammenheng og som naturlig kan navngis ut fra stedsnavn, eksempelvis for NTP-analyser. En ulempe er at det vil være en subjektiv inndeling, selv om man kan sette opp noen prinsipper for inndeling. Det vil også være nødvendig å sette sammen fagpersoner fra ulike fagområder som representerer ulike tema/indikatorer, samt personer med lokalkunnskap, for å foreta en slik inndeling. Dette vil innebære et betydelig og relativt tidkrevende arbeid. Alternativet vil også kunne kreve manuelle oppdateringer ved endringer i vegnettet.

Et vesentlig argument mot en løsning med manuell inndeling er at det vil bli svært krevende dersom tilstandsindikatorer på sikt også skal beregnes for fylkesvegene. Det vil i tillegg til å være veldig arbeidskrevende, også kreve involvering av mange organisasjoner og fagpersoner og det vil være utfordrende å oppnå en gjennomgående lik inndeling som er basert på samme vurderinger/prinsipper. En løsning med manuell inndeling av strekninger betyr også lengre strekninger med tilhørende negative konsekvenser av lange strekninger.

Ved en vurdering av løsning for analysestrekninger vil det være nyttig å se på formålet med prosjektet og bestillingen fra Samferdselsdepartementet (SD). Selv om bestillingen fra SD ikke er veldig konkret, er det noen momenter som kan være viktige i denne sammenheng. I tildelingsbrevet for 2022 skrives det at: *"Indikatorene skal si noe om tilstanden på riksveinettet samt måle utviklingen av tilstand over tid. Måling av tilstand over tid skal utformes slik at den kan brukes som grunnlag for å si noe om vedlikeholdsetterslep ut over kommende år...."* I tildelingsbrevet for 2023 skrives det: *"Statens vegvesen skal fortsette arbeidet med utvikling av tilstandsindikator(er) for riksveinettet samt nødvendige datasystemer for håndtering av dette. Indikatorene skal si noe om tilstanden på riksveinettet samt måle utviklingen av tilstand over tid. Måling av tilstand skal kunne brukes som grunnlag for prioriteringer innenfor vedlikehold."* Tilstandsindikatorer skal altså si noe om vedlikeholdstilstand, kunne måle utvikling av tilstand over tid og kunne benyttes som grunnlag for prioriteringer innenfor vedlikehold. Løsningen med analysestrekninger bør derfor i størst mulig grad være tilpasset vedlikeholdstema og den må sikre at detaljer og nyanser bevares.



SINTEF

Ut ifra alternativene som er beskrevet for analysestrekninger, med fordeler og ulemper og vurderingene over, anbefales det en løsning med automatisert inndeling av analysestrekninger, og at strekningene holdes relativt korte. Med korte strekninger får man et datasett som inneholder detaljer og nyanser, som sikrer at man kan følge utviklingen over tid. Dette er også en løsning som vil kunne være nyttig for flere brukergrupper, til dels gjennom egne tilleggsanalyser. Det vil riktignok gi et datasett som ikke gir en veldig god oversikt i eksempelvis Vegkart, men det vil gi et datagrunnlag som kan aggregeres opp til ønsket nivå i mer spesialiserte kart-analyser, samtidig som man oppfyller prosjektets mål og behovet for å følge tilstandsutvikling over tid.

Løsningen som benyttes i datasettet publisert 31. mars 2023 er beskrevet i kapittel 2.2, og ble valgt fordi den var det aktuelle løsningsalternativet som best tilfredsstilte framkomne krav og ønsker i første del av prosjektet.



3 Klassifisering

Ved utvikling av tilstandsindikatorer er det behov for en mest mulig ensartet klassifisering. Dette innebærer at det bør være likt antall klasser og mest mulig ensartet inndeling i ulike klasser ut fra differansen mellom faktisk tilstand og krav. Mest mulig ensartet klassifisering er ønskelig både ut fra en eventuell aggregering til en overordnet tilstandsindikator, men også hensynet til at man skal kunne se på enkeltindikatorer og sammenligne disse.

Hva som er riktig antall klasser vil kunne variere. Diskusjoner i arbeidsgruppa har pekt på at behovet for en detaljert inndeling er begrenset i fagmiljøene i Statens vegvesen, da de har tilgang til grunnlagsdata. Et argument for å begrense antallet klasser er at datakvaliteten varierer mellom ulike indikatorer, og et stort antall klasser kan få det til å framstå som at grunnlagsdataen er mer detaljert enn den er i virkeligheten. Samtidig trengs det er visst spekter av klasser for å fange opp endringer slik at det er mulig å kartlegge historisk utvikling i vegnettet, som er en del av formålet med utviklingen av tilstandsindikatorer. En inndeling i antall klasser vil dermed være en avveining av behov for ulike brukergrupper, datagrunnlag i tilstandsdata og detaljer i kravsetting.

For utarbeidelse av en felles klassifisering er det tatt utgangspunkt i en skala utarbeidet i piloten som ble gjennomført våren 2022, se Tabell 1. Her var det foreslått en inndeling i en indeks fra 0 til 10 som vises i 5 klasser i en "trafikklysmodell".

Tabell 1: Inndeling av skala i pilot

| <i>Indeks</i> | <i>Generelt</i> |
|---------------|----------------------------------------------------|
| 0-2 | Svært god. For en stor del minst like god som norm |
| 2-4 | God. Oppfyller langt på veg norm |
| 4-6 | Middels. En del mangler i forhold til norm |
| 6-8 | Dårlig. Ligger langt under norm |
| 8-10 | Svært dårlig. Mangler svært mye på norm |

I etterkant av de innledende arbeidene har prosjektet blitt gjort oppmerksom på at farger blir valgt tilfeldig i Vegkart, og at det ikke er mulig å styre hvilken farge de ulike klassene/temaene får. Med bakgrunn i dette ble det valgt å ikke fokusere på en diskusjon rundt fargebruk og "trafikklysmodellen".

Ut fra diskusjoner rundt de tre temaene det er arbeidet med hittil, virker en inndeling i en indeksskala på 0 til 10 for detaljert. Det handler blant annet om at nøyaktighet på data for vegbredde i NVDB ikke støtter en slik inndeling. På samme måte vil det ikke være mulig å tenke seg en inndeling i så mange klasser når man ser på Tunnelsikkerhetsforskriften. Ser man på bæreevne så har fagmiljøet i SVV utarbeidet fem klasser for krav til bæreevne. Når man skal se videre på indikatorer for andre vedlikeholdstema, er det også lite trolig at man vil ha krav eller data som støtter en mer detaljert inndeling. En inndeling i en detaljert skala vil også være krevende med hensyn til visning og oversikt for brukere, selv om det for detaljerte analyseformål kunne vært nyttig.

Det ble derfor foreslått at man skulle gå videre med en inndeling i fem klasser som gis en indikatorverdi 1-5, samt klassene 98 (mangler data) og 99 (utenfor utvalg). Forslag til klassifisering er vist i Tabell 2 nedenfor. Dersom det er aktuelt, kan dette videreutvikles til en inndeling på flere klasser på et senere tidspunkt. Det gjøres oppmerksom på at det for enkelte tema trolig ikke vil være relevant å benytte alle 5 klasser. Samme inndeling legges likevel til grunn, men man velger da å benytte kun enkelte av klassene.



Det vises til nærmere beskrivelse av klassifisering for de ulike indikatorene i kapittel 4 (vegbredde), 5 (bæreevne) og 6 (Tunnelsikkerhetsforskriften).

Tabell 2: Forslag til klassifisering.

| Klasse (indikatorverdi) | "Tilstand" | Beskrivelse/klassifisering |
|-------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Svært god | Tilfredsstillende krav |
| 2 | God | Tilfredsstillende krav, men ligger i nedre del / i grenseland mot klasse 3 |
| 3 | Middels | Tilfredsstillende ikke krav, ligger inntil 15% under krav |
| 4 | Dårlig | Tilfredsstillende ikke krav, ligger inntil 30% under krav |
| 5 | Svært dårlig | Tilfredsstillende ikke krav, ligger over 30% under krav |
| 98 | - | Mangler data |
| 99 | - | Utenfor utvalg |

Det arbeides med utvikling og implementering av Forvaltning, drift og vedlikeholds (FDV)-systemer både i SVV og Nye Veier AS, men også i en rekke fylkeskommuner. Sentralt her er utvikling av prosesser og beskrivelser av vedlikeholds-inspeksjoner, tilstandsbeskrivelser og klassifisering av tilstand i tilstandsgrad ol. Det er kontakt mellom de ulike vegeierne med mål om å enes om en ensartet beskrivelse og klassifisering av tilstand. Dette er helt sentralt for arbeidet med utvikling av tilstandsindikatorer, herunder hvordan tilstand beskrives og klassifiseres i FDV-systemer. Det vil være svært fordelaktig å ha en klassifisering av tilstand som støttes av data i FDV-systemer. Det vil derfor være behov for å følge det omtalte arbeidet og gjøre vurderinger av hensiktsmessig klassifisering senere i prosjektet.



4 Indikator for vegbredde

4.1 Introduksjon

I forbindelse med tilstandsindikator for vegbredde er det utarbeidet en beskrivelse av bakgrunn, framgangsmåte, datakilder og krav til vegbredde. Dette bygger videre på kunnskapen fra piloten som Statens vegvesen og Triona gjennomførte tidlig i 2022. Med vegbredde menes i denne sammenhengen den delen av vegen som skal ha fast dekke i henhold til krav i håndbok N100 Veg- og gateutforming. Dette omfatter kjørebane og skulder samt eventuelle areal til midtdeler (med unntak av høyhastighets motorveg). Sideareal til veger, i form av grøfter, er ikke inkludert i indikatoren for vegbredde.

4.2 Krav til vegbredde

Håndbok N100 Veg- og gateutforming legger føringer for utformingen av tverrprofilen når det bygges nye veger og gater. Til sammen er det syv dimensjoneringsklasser for veg og tre ulike klasser for gate beskrevet. Årsdøgntrafikk (ÅDT) og fartsgrense er de to parameterne som avgjør hvilke krav det stilles til tverrprofilen i respektive dimensjoneringsklasse. Kravene for veg er vist i Tabell 3.

Tabell 3: Krav hentet fra N100 [1].

| Tabell 3.3—3 N100 | H1 | H2 | H3 | Hø1 | Hø2 | L1 | L2 |
|----------------------------------|-----------|---------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| ÅDT | < 6' | 6'-12' | > 12' | < 4' | < 12' | < 1,5' | < 300 |
| Fartsgrense | 80 | 90 | 110 | 80 | 60 | 80 / 60 | 50 |
| Tverrprofil [m] | 9 | 12-12,5 | 23 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 3,5-4,5 |
| Ytre skulder 1 [m]* | 1 | 1,5 | 2,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,5 |
| Kjørefelt 1 [m] | 3,25 | 3,5 | 3,5 + 3,5 | 3 | 3 | 3 | 3,5 |
| Indre skulder 1 [m] | | 0,75 | 0,75 | | | | |
| Skille kjøreretninger [m] | 0,5 FM | 0,5-1,0 MR | 2 MR | | | | |
| Indre skulder 2 [m] | | 0,75 | 0,75 | | | | |
| Kjørefelt 2 [m] | 3,25 | 3,5 | 3,5 + 3,5 | 3 | 3 | 3 | |
| Ytre skulder 2 [m] | 1 | 1,5 | 2,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,5 |

*Skulder skal være asfaltert

FM = Forsterket midtoppmerking, H1-3 = Hovedveger, Hø = Hovedveg øvrig, L = Lokalveger

MR = Midtdeler med midtrekkverk

Verdien for tverrprofil i respektive dimensjoneringsklasser viser kravet til bredden på det faste dekket, det vil si asfaltert vegbredde. Unntaket er H3 som er høyhastighets motorveg, her er kravet til skille mellom kjøreretningene så stort at det ikke er hensiktsmessig å asfaltere også dette arealet.

I tillegg finnes det krav til den delen av transportnettets som defineres som gater og har fartsgrense ≤ 60 km/t. Følgende krav for kjørefeltbredde er definert i N100:

"Hovednett for personbiltrafikk skal ha kjørefeltbredde 3,00 m ved fartsgrense ≤ 40 km/t og 3,25 m ved 50 km/t og 60 km/t." (Statens vegvesen, 2022)



4.3 Klassifisering

Som beskrevet i kapittel 3 er det definert 5 ulike klasser for indikatorene. For vegbredde vil det være ulike krav avhengig av ÅDT og fartsgrense. Det har derfor vært nødvendig å definere gjensidig utelukkende krav for hver klasse. De definerte kravene for vegbredde er vist i Tabell 4 **Feil! Fant ikke referanseilden..**

Tabell 4: Definerte krav i henhold til N100 [1] for inkludert vegnett.

| | H1 | H2 | H3 | Hø1 | Veg/gate | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------|---------|----------|-----------|----------|----------|-------|
| Fartsgrense (km/t) | ≥ 80 | ≥ 80 | ≥ 80 | ≥ 80 | 60 | 50 | 40 |
| ÅDT | < 6' | 6'-12' | > 12' | < 4' | < 12 000 | | |
| Krav dekkebredde (m) | 9,00 | 12-12,5 | 21,00 | 7,50 | 7,5-6,5 | 7,5-6,5 | 6,00 |
| Klassifisering | | | | | | | |
| 1 (5% eller mer over krav) | ≥ 9,45 | ≥12,5 | >22,05 | >7,875 | >7,5* | >7,5* | >6,3 |
| 2 (på krav) | 9-9,45 | 12,00 | 21-22,05 | 7,5-7,875 | >6,5* | >6,5* | 6-6,3 |
| 3 (<15% under krav) | >7,65 | >10,2 | >17,85 | >6,375 | >5,525** | >5,525** | >5,1 |
| 4 (<=30% under krav) | >=6,3 | >=8,4 | >=14,7 | >=5,25 | >=4,55** | >=4,55** | >4,2 |
| 5 (>30% under krav) | <6,3 | <8,4 | <14,7 | <5,25 | <4,55** | <4,55** | <4,2 |
| 98 Mangler data | | | | | | | |
| 99 Utenfor foreløpig vegutvalg | | | | | | | |
| * Krav er satt med utgangspunkt i øvre og nedre grense istedenfor 5% avvik. | | | | | | | |
| ** Prosentuelt avvik er beregnet fra nedre kravgrense for klasse 2 | | | | | | | |

For H1-veger er det noe overlapp i ÅDT-grense med Hø1, derfor kravstilles veg med ÅDT under 4000 i henhold til Hø1. Der hvor det er varierende krav til dekke knyttet til utforming av midtdeler er det her valgt å bruke dette spennet for å definere klasse 1 og klasse 2 istedenfor 5%-avvik.

4.4 Analysevegnett

Som beskrevet innledningsvis tar prosjektet utgangspunkt i Europa- og Riksveger i denne fasen. Europa- og Riksvegnettet inkluderer både veger og gater. Håndbok N100 [1] definerer kun krav til veger med følgende fartsgrenser: 40, 50, 60, 80, 90 og 110 km/t. I tillegg brukes fartsgrensene 30 km/t i noen tettbygde strøk, og 70 km/t på ulykkesutsatte veger som i teorien skal være skiltet med 80 km/t. Det finnes også noen veger med skiltet fartsgrense 100 km/t rundt de større byene, disse har standard som motorveg (H3) som regel. Veger med 30 km/t er her definert som 99: utenfor foreløpig utvalg, dette er i realiteten ikke et problem siden Europa- og Riksveger svært sjeldent har skiltet fartsgrense 30 km/t. For veger med 70 km/t skal kravene basert på beskrivelser i N100 være lik kravene for veger skiltet med 80 km/t, derfor er de inkludert og kravstilt på lik linje med dem her. Veger skiltet med 100 km/t har i samtlige tilfeller ÅDT over 12 000 og blir derfor kravstilt i henhold til H3-veg.

I tillegg finnes det mange ramper og rundkjøringer i Europa- og Riksvegnettet. Disse er ekskludert i denne fasen på grunn av at de typisk er enveiskjørt og har egne regler for geometrisk utforming som er vanskelige å ivareta på en god måte med metodene og datagrunnlaget som er brukt i dette prosjektet. Ramper og



rundkjøringer vil imidlertid bli vurdert å inkludere senere i prosjektet, både med tanke på vegbredde og andre egenskaper knyttet til slike objekter.

4.5 Data

For å se på vegbredde på vegnettet finnes det to ulike vegobjekttyper som inneholder slike data i NVDB, "Vegbredde, beregnet 838" og "Vegbredde 583". Begge kildene inneholder data om både vegbredde og dekkebredde. På grunn av at de generelle utformingskravene sier at elementene beskrevet i Tabell 3 skal være asfaltert er det her tatt utgangspunkt i data for dekkebredde for å ikke inkludere bredden av for eksempel grøfter i beregningen. "Vegbredde, beregnet 838" er det primære valget, verdier her baserer seg på grunnlaget i Felles kartdatabase (FKB) hvor det blir beregnet veg-/dekkebredder basert på kartdata. "Vegbredde 583" holder på å fases ut, men brukes på de strekningene hvor det ikke finnes data i "Vegbredde, beregnet 838" ennå.

Nøyaktigheten på datagrunnlaget i "Vegbredde, beregnet 838" varierer avhengig av sentraliteten til vegen på grunn av at FKB stiller ulike krav til hvor presist datagrunnlaget skal være i ulike områder. Dette vil ikke bli nærmere gjort rede for i dette notatet, detaljer om dette finnes imidlertid her¹. Fra Statens vegvesen sin side er det oppgitt at dataene knyttet til vegbredde i NVDB oftest er bedre enn det som er kravet i FKB. Krav og metode for å registrere romlige data om veg ut fra FKB-data er nærmere beskrevet her².

Prosjektet skal ta utgangspunkt i data som er lagret i NVDB, derfor vil det ikke bli gjort nøyaktige analyser av datakvaliteten i dette prosjektet, da dette har blitt gjennomført før dataene ble lastet opp til NVDB.

4.6 Beregning og kvalitetssikring vegbredde

For å klassifisere vegnettet i henhold til Tabell 4 er følgende beregninger og forutsetninger lagt til grunn:

- 1) Sjekk alle enkeltverdier opp mot krav. Hvis noen enkeltverdier er lik eller lavere enn verdien for klasse 5 blir hele strekningen klassifisert til klasse 5 uavhengig av andre verdier.
- 2) For alle andre strekninger som inngår i utvalget, beregnes det faktisk vegbredde i et punkt hver 20 meter. Disse punktverdiene benyttes siden til å beregne en gjennomsnittsverdi for respektive strekning. Gjennomsnittsverdien sammenlignes med krav i Tabell 4 for å klassifisere strekningen.
- 3) For strekninger som bare delvis har data beregnes gjennomsnittet på tilgjengelige data. På grunn av at det oftest er små variasjoner i utformingen av vegen langs en enkelt strekning er det vurdert at ulempen dette introduserer, med en kilde til mulige unøyaktigheter, er mindre en fordelene med å få inkludert en større del av vegnettet.

Triona har vært ansvarlig for dataauthenting og beregninger for å kunne klassifisere strekningene. Arbeidet har blitt kvalitetssikret fortløpende i utviklingen gjennom å kontrollere at både inndata og resultat er i henhold til det som finnes i NVDB. Dette arbeidet er gjort manuelt ved hjelp av QGIS og Vegkart hvor kritiske punkt har blitt valgt ut og kontrollert opp mot beregninger fra Triona.

¹ https://sosi.geonorge.no/standarder/FKB_generell_del/

² https://register.geonorge.no/data/documents/Produktspesifikasjoner_FKB%20%20Vegnett_v2_fkb-vegnett-4_03-2016-07-01_.pdf



4.7 Diskusjon vegbredde

Resultatene er basert på data hentet fra NVDB som er kvalitetssikret før opplasting. Kontroller av vegnettet viser imidlertid at dataene ikke alltid er helt nøyaktig, men det er ikke gjort noen korrigeringer for å avbøte på avdekkede unøyaktigheter. Unøyaktighetene er imidlertid ikke kritiske når man ser på lengre strekninger.

Brukeren av tilstandsindikatoren for vegbredde bør også være oppmerksom på følgende begrensninger med dagens metode.

- Kravene til tverrprofil spesifiserer hvor brede de ulike elementene i tverrprofilen skal være. Det finnes imidlertid ikke data på et så detaljert nivå at det er mulig å se om hver enkelt del av tverrprofilen er godkjent, kun om det i teorien er plass til et godkjent tverrprofil.
- På noen veger kan det være krav om breddeutvidelse i svinger, slike krav er ikke dokumentert i NVDB og vil ikke bli ivaretatt her. En eventuell breddeutvidelse vil imidlertid være fanget opp som økt bredde på dekket.
- Der hvor overgangen mellom veg og fortau, skulder eller lignende ikke er veldig tydelig i grunnlagsdataene, kan dette medføre feil som gjør at den delen av vegen som tolkes som tilrettelagt for kjørende beregnes til å være bredere enn det virkeligheten tilsier.
- Kravene i N100 [1] som er gjengitt her er fra den siste versjonen (2022). Oppdaterte krav har imidlertid ikke tilbakevirkende kraft, slik at en veg som er bygget langt tilbake i tid, kan bli plassert i klasse 3, 4 eller 5 til tross for at den var i henhold til krav da den ble bygget.
- Fra tid til annen blir det gitt dispensasjon fra gjeldende krav i N100, dette betyr at vegen i utgangspunktet er godkjent til tross for avvik. Dette vil imidlertid ikke bli fanget opp av denne metodikken, på grunn av at slike dispensasjoner ikke lagres i NVDB.
- "Smal firefeltsveg" er en godkjent utforming for veger som tidligere har hatt krav tilsvarende H3. Da datagrunnlaget ikke sier noe om at det er gitt tillatelse for en slik utforming, vil ikke dette fanges opp. Dermed plasseres strekningene i klasse 3 i stedet for klasse 1 eller 2.
- Når det skal bygges ny veg prosjekteres denne basert på ÅDT i prognoseåret, som ligger 20 år fram tid fra det at vegen ferdigstilles. Dette betyr at med metoden brukt her, vil noen veger kravstilles og klassifiseres ut fra andre ÅDT-tall og krav til bredder enn det som ble brukt i prosjekteringen. Veger kan med andre ord være godkjent og i henhold til krav når den ble bygd, men ikke møte dagens krav i N100 som ligger til grunn for klassifiseringen i denne metoden.



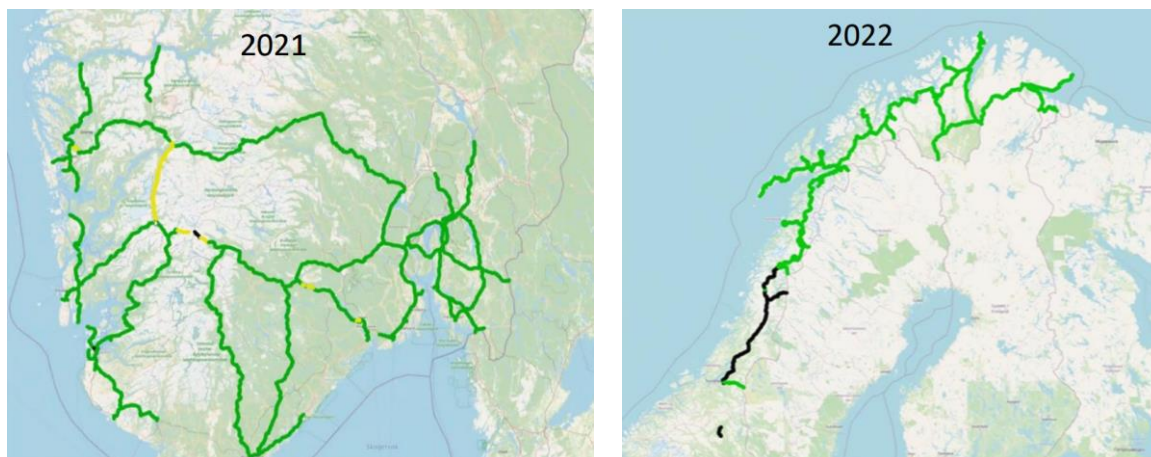
5 Indikator for bæreevne

5.1 Introduksjon

Bæreevne er et mål på den strukturelle tilstanden til en veg, og beskriver vegoverbygningens evne til å tåle trafikkbelastninger. Bæreevne beregnes basert på nedbøyningsmålinger hvor man belaster vegens overflate og måler nedbøyningen som dette medfører under og rundt lasten. Bæreevne måles i Norge i tonn, tilsvarende aksellast.

I perioden 2021-2023 måles bæreevne på hele riksvegnettet i regi av Statens vegvesen. Rambøll RST er leid inn for å gjøre målingene med sitt Rapid Weight Deflectometer (RWD), også kalt Raptor. Disse målingene gjøres i normal trafikkhastighet, og alle vegene måles i to kjørefelt, et i hver kjøreretning. Raptormålingene er kontinuerlige, og måledata rapporteres og registreres i NVDB som medianverdier for hver 10. meter.

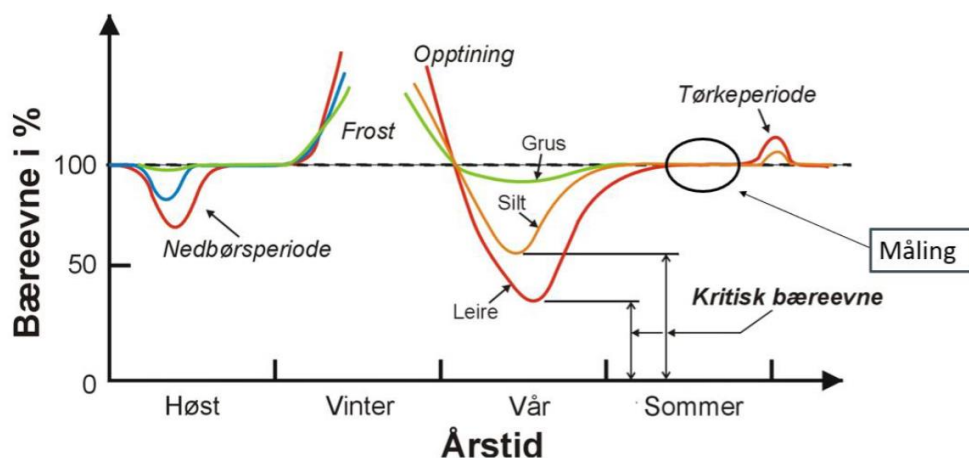
Vegnettet som er målt hittil er illustrert i Figur 1. Til sammen 6000 felt-km ble målt i 2021 og 7000 felt-km ble målt i 2022. Resterende riksvegnett er planlagt målt i løpet av sommersesongen 2023. Pr. januar 2023 er bare data fra 2021-målingene tilgjengelig i NVDB.



Figur 1: Målt vegnett 2021 og 2022 [2].

5.2 Krav til bæreevne

Norske veger bygges for en helårsbæreevne på minimum 10 tonn. Som illustrert i Figur 2 er ikke bæreevnen konstant gjennom året. For å sikre jevne måleforhold er alle Raptormålingene gjennomført på sommeren. Sommerbæreevnen er høyere enn kritisk bæreevne som opptrer på våren, så for å sikre bæreevnen i kritisk periode må kravet til sommerbæreevne legges høyere. Praxis i Statens vegvesen har vært å regne 14 tonn sommerbæreevne som grenseverdi for å sikre 10 tonn helårsbæreevne. Dette kravet er videreført i arbeidet med tilstandsindikator for bæreevne.



Figur 2: Bæreevns variasjon gjennom året [3].

5.3 Klassifisering

Statens vegvesen har brukt en femdelt inndeling av strekningsbæreevne i tonn, der man har to klasser over kravet på 14 tonn, en klasse nær kravet, og to klasser tydelig under kravet, som vist i Tabell 5.

Tabell 5: Klassifisering av temperaturkorrigert bæreevne fra Statens vegvesen [2].

| Klassifisering | "Tilstand" | Bæreevne [tonn] |
|----------------|--------------------|-----------------|
| 1 | God | > 16 |
| 2 | Akseptabel | 14 - 16 |
| 3 | Mulig problematisk | 12 - 14 |
| 4 | Dårlig | 10 - 12 |
| 5 | Meget dårlig | < 10 |

Tilstandsindikator for bæreevne viderefører klassifiseringen i Tabell 5 ved bruk av temperaturkorrigert bæreevne omregnet til strekningsbæreevne over en bestemt analysestrekning. Lengden på analysestrekningene er felles for alle tilstandsindikatorene. Tabell 6 viser inndelingen for tilstandsindikator bæreevne på samme form som de andre tilstandsindikatorene i prosjektet.

Tabell 6: Klassifisering av tilstandsindikator for bæreevne.

| Klassifisering | Bæreevne [tonn] | Indikatorverdi |
|----------------|----------------------|----------------|
| Svært god | $B > 16,0$ | 1 |
| God | $14,0 < B \leq 16,0$ | 2 |
| Middels | $12,0 < B \leq 14,0$ | 3 |
| Dårlig | $10,0 < B \leq 12,0$ | 4 |
| Svært dårlig | $B \leq 10,0$ | 5 |
| Mangler data | - | 98 |
| Utenfor utvalg | - | 99 |



5.4 Analysevegnett

Analysevegnettet omfatter, som beskrevet innledningsvis, det norske Europa- og riksvegnettet. Som analysestrekning for tilstandsindikator er det benyttet trafikklenker som er delt inn slik at de blir maksimalt 1000 meter. For å unngå mange korte analysestrekninger er det bestemt at det tillates trafikklenker på opptil 1200 meter i overgangen mot neste trafikklenke-strekning.

Beregning av bæreevne ut fra målinger med Raptor er ikke tilpasset brukonstruksjoner, og dette er derfor ikke en del av analysevegnettet i forbindelse med publisering 31. mars 2023.

5.5 Beregning av bæreevne

Måledata for Raptor som registreres i NVDB er tilpasset eksisterende beregningsmetode for bæreevne, målt med den tradisjonelle falloddsmetoden. Inndata i beregningen av bæreevne er last, nedbøyning og trafikkmengde. Bæreevne er allerede beregnet for nedbøyningsmåledata som ligger inne i NVDB. For oversiktens del er beregningsmetoden likevel forklart her.

Beregningen av bæreevne (B) fra nedbøyningsmålinger gjøres ved hjelp av formel (1) og (2).

$$B = 11 \left(\frac{E_{dim}}{200} \right)^{0.6} \left(\frac{50}{\text{ÅDT}_T} \right)^{0.072} \quad (1)$$

hvor

$$E_{dim} = \frac{110p}{\sqrt{d_0(d_0 - d_{20})}} \quad (2)$$

| | | |
|------------------|---|----------------------------------------|
| B | = | bæreevne [tonn] |
| ÅDT _T | = | antall tunge kjøretøy |
| p | = | overflatetrykket under platen [MPa] |
| d ₀ | = | nedbøyning i lastsenteret [mm] |
| d ₂₀ | = | nedbøyning 20 cm fra lastsenteret [mm] |

For falloddsmålinger med last 50 kN og platediameter 300 mm blir p = 0.707 MPa.

Beregnet bæreevne må justeres for temperaturen på måletidspunktet (T). Ved lavere temperaturer er asfaltstivheten høyere, og beregnet bæreevne blir for høy sammenlignet med målinger gjort ved høyere temperatur. Referansetemperaturen T_{ref} som ligger til grunn for korreksjonen er 20 °C. Temperaturkorrigert bæreevne beregnes ved hjelp av formel (3).

$$B_{temp\ korr} = \frac{B}{1.3 - 0.015T} \quad (3)$$

Beregningsmetoden for bæreevne basert på Raptor-målinger inkludert temperaturkorrigering er detaljert beskrevet i V230 Forsterkning av veg kapittel A 3.3.4 [4].

5.6 Diskusjonspunkter bæreevne

5.6.1 Bru

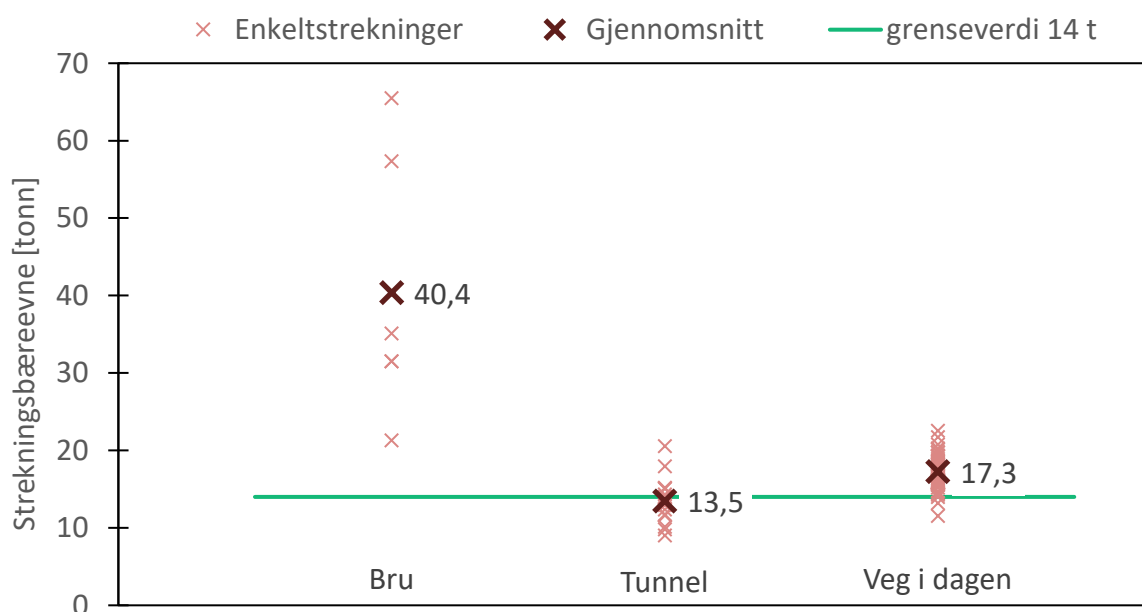
Beregningsmetoden for bæreevne fra nedbøyningsmålinger er tilpasset veg i dagen, ikke konstruksjoner. Bæreevne på bru angis normalt ved brukklasser knyttet til både aksellast og totalvekt, mens bæreevne



beregnet fra nedbøyningsmålinger knyttes til aksellast. Ved bæreevneklassifisering av bruer regnes også flere typer laster enn trafikklast inn [5]. Nedbøyningsmålinger fra en trafikklast er dermed ikke et relevant mål på bæreevne for bruer og konstruksjoner.

Et eksempel på at måledata fra bru tydelig skiller seg fra tunnel og veg i dagen er vist i Figur 3. Grunnlaget for figuren er beregnet strekningsbæreevne på 56 km av E39 nord for Bergen, en strekning som inkluderer 5 bruer med lengde over 100 meter (totalt 2,9 km) og 12 tunneler med lengde over 200 meter (totalt 10,5 km). Resterende del av strekningen (42,6 km) regnes som veg i dagen. Hele strekningen er delt inn i delstrekninger med lengde maksimalt 1000 meter, til sammen 6 delstrekninger med bru, 17 delstrekninger med tunnel og 53 delstrekninger med veg i dagen. Strekningsbæreevne for hver delstrekning er vist med små lyse kryss i figuren, mens gjennomsnittet av alle delstrekningene for hver vegtype er vist med store mørke kryss. Som referanse er grenseverdien for sommerbæreevne på 14 tonn vist med vannrett linje.

Dette datasettet viser at beregnet bæreevne på bru er langt høyere enn for tunnel og veg i dagen, og det er derfor viktig å skille ut bruer fra analysestrekningene for å unngå skjevheter i vurdering av bæreevne for veg i dagen.



Figur 3: Strekningsbæreevne registrert på bru, tunnel og veg i dagen for et eksempeldatasett på 56 km inndelt i maks 1000 meter lange strekninger.



5.6.2 Tunnel

Datasettet i Figur 3 viser også at det er en tendens til at beregnet bæreevne i tunnel er lavere enn på veg i dagen. Denne forskjellen er observert på flere ulike geografiske strekninger. Dette er ikke umiddelbart logisk, fordi man kunne forvente at tunnelstrekninger har bedre og mer enhetlige grunnforhold enn veg i dagen. Statens vegvesen jobber med å undersøke om forskjellen skyldes svakheter i beregningsmetoden for Raptor-data.

På grunn av usikkerhetene knyttet til beregningsmetoden er det ønskelig at analysestrekningene for tilstandsindikatorene også skiller mellom tunnel og veg i dagen.

5.6.3 Beregning av strekningsbæreevne

Bæreevne målt med fallodd har tradisjonelt vært brukt som et hjelpemiddel ved kartlegging av forsterkningsbehov og forsterkningsplanlegging. Beregningsmetodene er derfor fokusert på å identifisere svake partier og er mest brukt på strekninger med forholdsvis lav trafikkmengde.

Man kan derfor forvente at når beregningsmetodene tas i bruk på vegnettsnivå vil mange veger få registrert forholdsvis høy bæreevne sammenlignet med grenseverdien på 14 tonn. Statens vegvesen påpeker at veger bygget etter dagens vegnormalstandard som regel vil ha en målt bæreevne på over 20 tonn [4].

Beregningen av strekningsbæreevne ved hjelp av 10. persentil vil derfor gi et konservativt bilde av bæreevnen på vegnettet, men er valgt for å gi en meningsfull indikasjon på strekninger som reelt har lav bæreevne. Et mulig alternativ for rapportering på vegnettsnivå ville være å angi medianverdien for målt bæreevne på analysestrekningene.

Dataområdet for bæreevne i NVDB er begrenset til tallverdier mellom 0 og 99,9, og målinger som gir beregnet bæreevne på 100 tonn eller høyere er rapportert som 99,9 tonn. Siden strekningsbæreevnen som rapporteres er en persentilverdi fra nedre del av datasettet vil ikke denne nedjusteringen ha innvirkning på resultatet.

5.6.4 Trafikkmengde

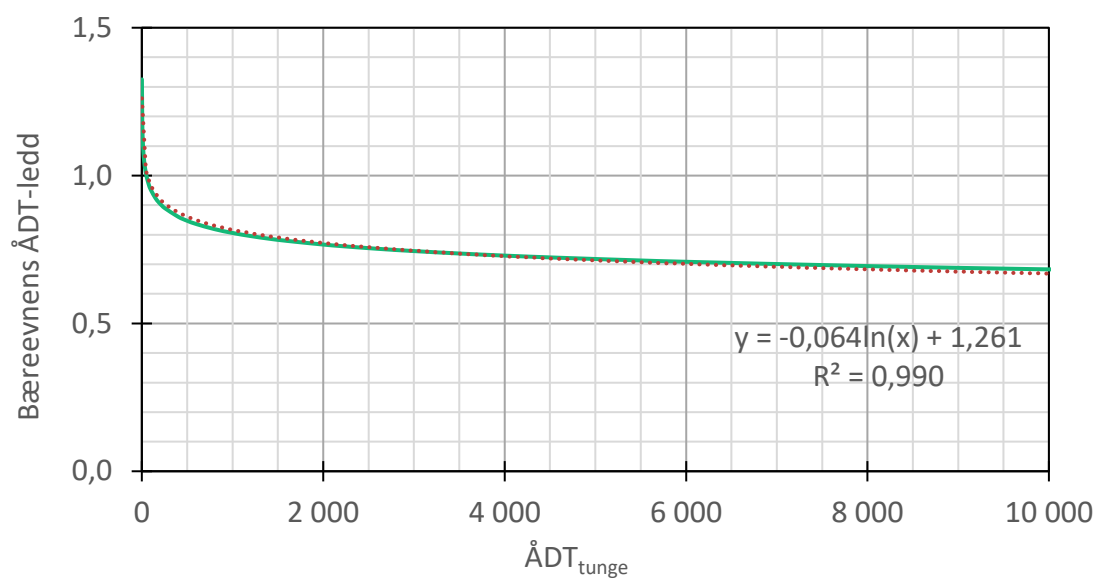
Trafikkmengde inngår i beregningen av bæreevne i form av antall tunge kjøretøy ($\text{ÅDT}_{\text{tunge}}$) som i NVDB-sammenheng i praksis betyr antallet lange kjøretøy ($\text{ÅDT}_{\text{lange}}$).

På enkelte strekninger hvor veger deles i to separate løp blir trafikkmengden registrert for hvert løp hver for seg, og man vil på slike punkter få en brå overgang hvor trafikkmengden i praksis halveres. Siden ÅDT inngår i beregningen av bæreevne er det undersøkt hvorvidt slike overganger vil gi utslag på beregnet bæreevne.

ÅDT -leddet i formel (1) synker med økende $\text{ÅDT}_{\text{tunge}}$, som vist i Figur 4. Ved $\text{ÅDT}_{\text{tunge}} = 50$ er ÅDT -leddet lik 1. Utviklingen er nærmest logaritmisk, noe som gjør at uavhengig av tungtrafikkandel vil en halvering av ÅDT føre til 5 % økning av beregnet bæreevne. Denne endringen er så liten at det ikke vil gi utslag på beregnet strekningsbæreevne selv om man har veksling mellom separate og felles trafikkløp på strekningen.



SINTEF



Figur 4: Bæreevns ÅDT-avhengighet.



6 Indikator for Tunnelsikkerhetsforskriften

6.1 Introduksjon

For tunnel ble det i prosjektgruppen besluttet at Tunnelsikkerhetsforskriften er det første tema som ses på.

Tunnelsikkerhetsforskriften [6] gjelder for tunneler med lengde over 500 meter på det norske riksvegnettet, noe som da også vil bli gjeldende i dette arbeidet.

Ved å se på Tunnelsikkerhetsforskriften vil det i utgangspunktet være enkelt å lage en tilstandsindikator for tunnel; enten tilfredsstilles forskriften, eller så gjør den det ikke. Dette innebærer også at det som i dette notatet omtales som tilstandsindikator tunnel, er en tilstandsindikator som kun sier noe om en tunnel tilfredsstiller Tunnelsikkerhetsforskriften. Den sier ikke noe om andre forhold, for eksempel bergmasseforhold eller forhold knyttet til behov for vedlikehold.

6.2 Krav til tunnel

Tunnelsikkerhetsforskriften (Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler) har som formål å "sikre laveste tillatte sikkerhetsnivå for trafikanter i tunneler ved krav til å forebygge kritiske hendelser som kan sette menneskeliv, miljøet og tunnelanlegg i fare og til å sørge for vern i tilfelle av ulykker" [6]. Forskriften omfatter tunneler med lengde over 500 meter på det transeuropeiske riksvegnettet (TERN) og på andre riksveger, og gjelder for tunneler som er i bruk, under bygging eller på prosjekteringsstadiet.

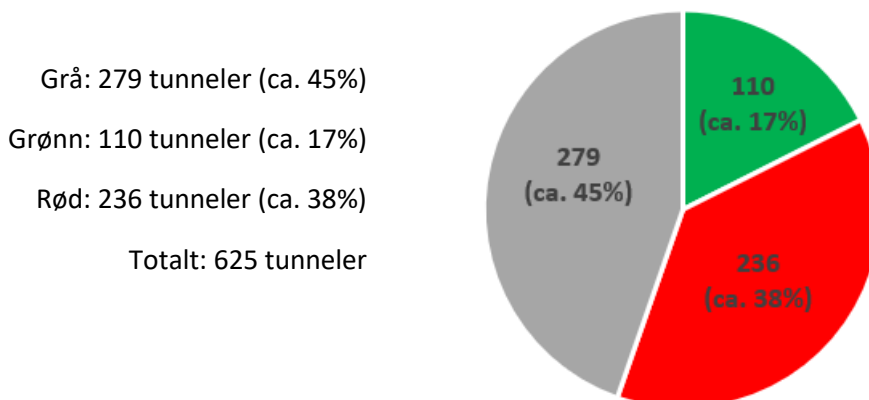
I Tunnelsikkerhetsforskriften er tunnellengde definert som "*lengden til det lengste kjørefeltet, målt i den helt innelukkede delen av tunnelen*" (§3 Definisjoner, pkt. 3). De gjeldende sikkerhetskravene er i hovedsak beskrevet i forskriftens vedlegg 1, og omfatter blant annet ulike sikkerhetsparametere (pkt. 1), tiltak angående infrastrukturen (pkt. 2) og driftsmessige tiltak (pkt. 3). Det er i hovedsak i pkt. 2 de ulike kravene til tunneler er beskrevet, eksempelvis krav til nødutganger, havarilommer, avløp, belysning, ventilasjon, vannforsyning, overvåknings- og kommunikasjonssystemer, samt strømforsyning.

Det er dermed flere krav som skal oppfylles for at en tunnel tilfredsstiller Tunnelsikkerhetsforskriften. I hovedsak er det slik at en tunnel gis brukstillatelse dersom den tilfredsstiller kravene i forskriften. For å få en oversikt over status på tunnelene i Norge er det basert på NVDB gjennomført en enkel foranalyse for å se fordelingen av tunneler som tilfredsstiller og ikke tilfredsstiller kravene i Tunnelsikkerhetsforskriften. Med bakgrunn i dette ble det gjort en enkel kategorisering av tunneler på riksvegnettet, hvor en trafikklysmoell er lagt til grunn. Kategoriseringen ble basert på følgende kriterier:

- Grå: tunneler med lengde under 500 meter som ikke omfattes av Tunnelsikkerhetsforskriften (behandles ikke videre).
- Grønn: tunneler med lengde over 500 meter som har brukstillatelse (dvs. oppfyller kravene i Tunnelsikkerhetsforskriften).
- Rød: tunneler med lengde over 500 meter som ikke har brukstillatelse (dvs. ikke oppfyller kravene i Tunnelsikkerhetsforskriften).

Med bakgrunn i data i NVDB har Triona utarbeidet en oversikt over tunneler på riksvegnettet i Norge. Dette omfatter totalt 625 tunneler, som fordeler seg som vist i Figur 5, basert på den forenklede kategoriseringen beskrevet ovenfor. Som det framgår av figuren, har nesten halvparten (ca. 45%) av

tunnelene lengde under 500 meter og omfattes derfor ikke av Tunnelsikkerhetsforskriften. Det er i tillegg viktig å presisere at denne inndelingen er basert på forenklete antagelser (tunnelen tilfredsstillert/tilfredsstillert ikke kravene i Tunnelsikkerhetsforskriften).



Figur 5: Innledende sortering av tunneler på det norske riksvegnettet.

6.3 Klassifisering

Som beskrevet i kapittel 3 er det utarbeidet en ensartet klassifisering som vil være førende for alle tilstandsindikatorne. For tunnel og Tunnelsikkerhetsforskriften er det i forbindelse med publiseringen 31. mars 2023 utarbeidet et system med 3 klasser, som vist i Tabell 7. Dette bygger på trafikklysmodellen som ble benyttet i innledende arbeider, men hvor man nå heller opererer med indikatorverdi framfor farge.

Utarbeidelse av tilstandsindikator for tunnel skal baseres på tilgjengelige data i NVDB. Dersom en tunnel tilfredsstillertTunnelsikkerhetsforskriften, skal det være gitt brukstillatelse. Dette er derfor lagt til grunn som kriterium. For å nyansere tunnelene som i de forberedende arbeidene ble klassifisert som "røde" (dvs. ikke har brukstillatelse og ikke tilfredsstillert Tunnelsikkerhetsforskriften), er det valgt å se på tunneler som har vært rehabilitert.

Tilstandsindikator for Tunnelsikkerhetsforskriften vil deretter bli videreutviklet våren 2023 slik at den inneholder alle 5 klasser.

Tabell 7: Klassifisering av tilstandsindikator for Tunnelsikkerhetsforskriften.

| Klassifisering | Tunnelsikkerhetsforskriften | Indikatorverdi |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Svært god | Har brukstillatelse, dvs. tunnelen tilfredsstillert kravene i Tunnelsikkerhetsforskriften. | 1 |
| God | (utarbeides våren 2023) | 2 |
| Middels | Tunnelen er oppgradert, men mangler brukstillatelse. | 3 |
| Dårlig | (utarbeides våren 2023) | 4 |
| Svært dårlig | Mangler brukstillatelse og er ikke oppgradert. | 5 |
| - | Mangler data. | 98 |



| | | |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| - | Utenfor utvalg (Tunneler med lengde under 500 meter, dvs. omfattes ikke av Tunnelsikkerhetsforskriften). | 99 |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

6.4 Analysevegnett

Tunnelsikkerhetsforskriften gjelder for vegtunneler med lengde over 500 meter. Som illustrert i Figur 5 innebærer dette at ca. 45% av tunnelene på det norske riksvegnettet ikke omfattes av analysen.

For indikator Tunnelsikkerhetsforskriften er følgende lagt til grunn for analysevegnettet:

- Tunnellengde er definert som i Tunnelsikkerhetsforskriftens §3 Definisjoner, pkt. c, dvs. "Tunnellengde = lengden til det lengste kjørefeltet, målt i den helt innelukkede delen av tunnelen".
- Gang- og sykkelvegtunneler inngår ikke i videre arbeid (Tunnelsikkerhetsforskriften omfatter kun tunneler for biltrafikk).
- Tunneler angitt som rasoverbygg og vegoverbygg inngår i videre arbeid da disse defineres som tunnel så lenge de omslutter vegen i et innelukket profil.
- Tunneler under bygging inngår ikke i videre arbeid (men tas selvfølgelig inn den dagen de er ferdig bygget og åpnet).

Tunneler er definert som egne analysestrekninger, dvs. at hver tunnel er en analysestrekning uavhengig av lengde.

6.5 Eksempler på utfordringer og avklaringer

I forbindelse med de innledende arbeidene og utarbeidelse av en forenklet inndeling av tunneler, har man sett at det er flere utfordringer knyttet til tilgjengelige data i NVDB. Dette omfatter blant annet at det er enkelte tunneler som ligger inne i NVDB som mangler info om lengde (dvs. indikatorverdi 98: mangler data). I tillegg inneholder oversikten over tunneler gjort i forbindelse med de innledende arbeidene også en del gang- og sykkelvegtunneler, tunneler som er angitt som rasoverbygg og vegoverbygg samt en del tunneler som er under bygging. Det er heller ikke helt konsekvent hvordan tunneler, og da spesielt to-løpstunneler er registrert i NVDB. Noen er angitt som én tunnel, andre er registrert som to separate tunneler. Et eksempel på dette er vist i Figur 6.

| | | | | | | | |
|-----|------|-------------------------------|-------|------|------------|------|-------------------|
| 612 | 465 | Hordatunnelen | 465 | 1988 | Ullensvang | 4618 | Vestland |
| 613 | | Hofstادتunnelen | 115 | 2022 | Melhus | 5028 | Trøndelag |
| 614 | | Falkflågtunnelen | | 2025 | Grane | 1825 | Nordland |
| 615 | 2000 | Bergåstunnelen | | 2025 | Grane | 1825 | Nordland |
| 616 | | Høghåmmårtunnelen | 2557 | | Stjørdal | 5035 | Trøndelag |
| 617 | | Ramshåmmårtunnelen | 3589 | | Levanger | 5037 | Trøndelag |
| 618 | | Forbordsfjelltunnelen | 12103 | | Stjørdal | 5035 | Trøndelag |
| 619 | | Åsentunnelen | 4259 | | Levanger | 5037 | Trøndelag |
| 620 | | Grubbåstunnelen | 600 | | Levanger | 5037 | Trøndelag |
| 621 | 3500 | Skarvbergtunnelen | 3550 | 2023 | Porsanger | 5436 | Troms og Finnmark |
| 622 | 98 | E6 Hofstادتunnelen sørgående | 196 | 2022 | Melhus | 5028 | Trøndelag |
| 623 | 97 | E6 Hofstادتunnelen nordgående | 194 | 2022 | Melhus | 5028 | Trøndelag |

Figur 6: Eksempel på registrerte tunneler i NVDB.



SINTEF

Som vist i Figur 6 finnes det i NVDB hele tre registreringer for Hofstadtunnelen. Dette er et godt eksempel på ulikheter knyttet til hvordan ting registreres i NVDB, samt hvordan NVDB blir revidert/holdt oppdatert. Hofstadtunnelen var i utgangspunktet en tunnel på E6 rett sør for Trondheim, men som i 2022 ble erstattet av to parallelle løp. Opprinnelig tunnel ble bygget og driftet av SVV, mens de to nye løpene inngår i en av Nye Veiers strekninger. I den innledende sorteringen av tunneler på riksvegnettet beskrevet og illustrert i Figur 5 Figur 5: Innledende sortering av tunneler på det norske riksvegnettet.

vil derfor Hofstadtunnelen inngå som tre tunneler. Det må forventes at det finnes flere tilsvarende eksempler, noe som gjør at det totale antallet tunneler som er lagt til grunn trolig er noe for høyt.

Rehabiliterede tunneler skal i utgangspunktet få brukstillatelse, men man ser at det er mangelfull registrering av dette i NVDB. Generelt må det antas at det er flere tunneler med mangelfull eller feil rapportering i NVDB, og det anbefales derfor at det gjennomføres omfattende vedlikehold og oppdatering av data.



7 Oppsummering metodebeskrivelse

I dette kapitlet gis det en oppsummering av metodebeskrivelsen for de ulike indikatorene. Når det gjelder definering av analysevegnettet er det en del felles for de tre indikatorene;

- Europaveger og riksveger inngår
- Fylkesveger og kommunale veger inngår ikke
- Fergestrekninger inngår ikke
- Som analysestrekninger benyttes trafikklenker som videre deles inn slik at de blir maksimalt 1000 meter, unntatt i overgangen mot neste trafikklenke-strekning. Der tillates de å være opptil 1200 meter for å unngå mange korte analysestrekninger
- Tunnel og bru defineres som egne analysestrekninger, uavhengig av lengde

Mer spesifikke detaljer knyttet til de ulike tilstandsindikatorene er beskrevet i det videre.

7.1 Vegbredde

Tilstandsindikator for vegbredde baseres på krav gitt i Håndbok N100 og data om trafikkmengde, fartsgrense og vegbredde fra NVDB. Med vegbredde menes i denne sammenhengen den delen av vegen som etter kravene skal ha fast dekke. Dette er registrert som dekkebrede i to ulike vegobjekt-typer i NVDB. Følgende framgangsmåte er benyttet for å klassifisere vegnettet med tanke på vegbredde.

| Nr. | Beskrivelse | Vegobjekttype / Egenskapstype/Annen referanse |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Definere analysevegnett <ul style="list-style-type: none"> - Europa og Riksveger for hele landet skal inkluderes. - Fylkesveger og kommunale veger skal ikke inkluderes. | Vegsystem (915). |
| 2 | Definere elementer som ikke inngår <ul style="list-style-type: none"> - Av- og påkjøringsramper - Rundkjøringer - Sideanlegg - Tunnel - Strekninger med fartsgrense <40 km/t. | Strekning (916), Kryssdel (918) og Sideanleggsdel (920) samt Fartsgrense (105) og Tunnelløp (67). |
| 3 | Dele opp strekninger i analysestrekninger <ul style="list-style-type: none"> - Trafikklenker (967) med maksimal lengde 1000 meter, men lengde opptil 1200 meter tillates i overgangen mot neste trafikklenke-strekning for å unngå mange korte analysestrekninger. | Trafikklenker (967) |
| 4 | Definere krav <ul style="list-style-type: none"> - Etablere gjensidig utelukkende klasser for vegbredde basert på krav i N100 til ulike fartsgrenser og trafikkmengder. | Håndbok N100 Veg- og gateutforming |
| 5 | Beregne tilstand på strekninger <ul style="list-style-type: none"> - Gi hver strekning ÅDT-verdi - Gi hver strekning vegbreddeverdier (beregnes som beskrevet i kapittel 4.6) | Trafikkmengde (540) Fartsgrense (105) Vegbredde, beregnet (838) Vegbredde (583) |
| 6 | Klassifisere analysestrekninger og tilgjengeliggjøring | Tilstandsindikator (test) (972) |



SINTEF

| | | |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| | <ul style="list-style-type: none">- ÅDT-, fartsgrense- og vegbredde-verdier sammenlignes med krav gitt i Tabell 4 for å bestemme tilstandsgrad.- Klassifiserte strekninger lastes opp i NVDB.- Grunnlagsdata fordelt på strekninger lagres som geodatabase for detaljerte analyser. | |
| 7 | <p>Kvalitetssikring & feilretting</p> <ul style="list-style-type: none">- Manuell kontroll av beregningsmåter og klassifisering- Fortløpende tilbakemeldinger om feil til programmeringsmiljø. | Testdata |



7.2 Bæreevne

Tilstandsindikator bæreevne beregnes ut fra strekningsbæreevne, som angis som den 10. persentilen, det vil si nivået som 90 % av måleverdiene på strekningen overstiger. Alle tilstandsindikatorene beregnes for forhåndsdefinerte analysestrekninger. Strekningsbæreevnen er dermed et mål på det nedre nivået av bæreevnen på analysestrekningen. Tilstandsindikatoren skiller ikke mellom kjørefelt/kjøreretninger.

| Nr. | Beskrivelse | Vegobjekttype / Egenskapstype//Annen referanse |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Definere analysevegnett <ul style="list-style-type: none">- Europa og Riksveger for hele landet skal inkluderes.- Fylkesveger og kommunale veger skal ikke inkluderes. | Vegsystem (915). |
| 2 | Definere elementer som ikke inngår <ul style="list-style-type: none">- Bru | Medium=luft registrert på veglenkesekvensene, pga. bedre datakvalitet enn objekttypen Bru (60). |
| 3 | Dele opp strekninger i analysestrekninger; <ul style="list-style-type: none">- Trafikklenker (967) med maksimal lengde 1000 meter, men lengde opptil 1200 meter tillates i overgangen mot neste trafikklenke-strekning for å unngå mange korte analysestrekninger.- Det skilles ikke mellom kjøreretninger eller kjørefelt. For hver analysestrekning beregnes en strekningsbæreevne som 10. persentil av målepunktene på strekningen. | Trafikklenker (967) |
| 4 | Definere krav <ul style="list-style-type: none">- 14 tonn sommerbæreevne som grenseverdi for å sikre 10 tonn helårsbæreevne. | |
| 5 | Beregne bæreevne / beregne tilstand på strekninger <ul style="list-style-type: none">- Tilstandsindikator bæreevne beregnes fra egenskapen <i>Bæreevne, temperaturkorrigert</i> som finnes under nedbøyningsmålinger (vegobjekttype 592) i NVDB.- Det brukes kun målinger hvor <i>Utstyrstype=Raptor</i>.- Punkter stedfestet på steder hvor det er registrert bru med Bru med <i>Brutype=Vegbru</i> ekskluderes fra beregningen.- Gi hver strekning bæreevne-verdi (beregnes som beskrevet i kapittel 5.5). | Nedbøyningsmåling (592) / Bæreevne, temperaturkorrigert (12546) Det brukes kun data under Nedbøyningsmåling hvor <i>Utstyrstype=Raptor</i> . |
| 6 | Klassifisere analysestrekninger og tilgjengeliggjøring <ul style="list-style-type: none">- ÅDT og bæreevneverdi sammenstilles med krav gitt i Tabell 6 for å bestemme tilstandsgrad.- Klassifiserte strekninger lastes opp i NVDB.- Grunnlagsdata fordelt på strekninger lagres som geodatabase for detaljerte analyser. | Tilstandsindikator (test) (972) |
| 6 | Kvalitetssikring og feilretting <ul style="list-style-type: none">- Manuell kontroll av beregningsmåter og klassifisering | Testdata |



| | | |
|--|-----------------------------------------------------------------|--|
| | - Fortløpende tilbakemeldinger om feil til programmeringsmiljø. | |
|--|-----------------------------------------------------------------|--|

7.3 Tunnelsikkerhetsforskriften

| Nr. | Beskrivelse | Vegobjekttype / Egenskapstype/Annen referanse |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 | Definere analysevegnett <ul style="list-style-type: none">- Europa og Riksveger for hele landet skal inkluderes.- Tunneler med lengde over 500 meter skal inkluderes. | Vegsystem (915) |
| 2 | Definere elementer som ikke inngår <ul style="list-style-type: none">- Fylkesveger og kommunale veger skal ikke inkluderes.- Tunneler med lengde under 500 meter skal ikke inkluderes. -> omfattes ikke av Tunnelsikkerhetsforskriften -> behandles ikke videre. Disse tunnelene kategoriseres med indikatorverdi 99. | |
| 3 | Dele opp strekninger i analysestrekninger <ul style="list-style-type: none">- Tunnel defineres som egne analysestrekninger, uavhengig av lengde | Tunnel (581) / Lengde offisiell (8945) |
| 4 | Definere krav <ul style="list-style-type: none">- Ref. Tunnelsikkerhetsforskriften [6] | |
| 5 | Beregne tilstand/ definere tunneler med brukstillatelse (dvs. tilfredsstillende Tunnelsikkerhetsforskriften) <ul style="list-style-type: none">- Gi hver strekning/tunnel verdi (beregnes som beskrevet i kapittel 6.3).- Hvis tunnelen har brukstillatelse -> tunnelen kategoriseres med indikatorverdi 1.- Hvis tunnelen ikke har brukstillatelse -> behandles videre. | Tunnel (581)/ Dato for brukstillatelse (11448) |
| 5 | Definere tunneler uten brukstillatelse <ul style="list-style-type: none">- Tunneler med oppgraderingsår -> kategoriseres med indikatorverdi 3.- Tunneler uten oppgraderingsår -> kategoriseres med indikatorverdi 5. | Tunnelløp (67) / Oppgraderingsår (10693) |
| 6 | Klassifisere analysestrekninger og tilgjengeliggjøring <ul style="list-style-type: none">- Klassifiserte strekninger/tunneler lastes opp i NVDB.- Grunnlagsdata lagres som geodatabase for detaljerte analyser. | Tilstandsindikator (test) (972) |
| 7 | Kvalitetssikring og feilretting <ul style="list-style-type: none">- Manuell kontroll av klassifisering- Fortløpende tilbakemeldinger om feil til programmeringsmiljø. | Testdata |



8 Videre arbeid

Som beskrevet innledningsvis er målet med prosjektet å utvikle tilstandsindikatorer for å beskrive teknisk tilstand på både vegstandard (bygd tilstand) og for vedlikeholdstilstand (vedlikeholdsetterslep). Dette innebærer at indikatorene skal beskrive både tekniske og fysiske forhold på vegnettet.

Her beskrives videre arbeid som er nødvendig både knyttet til de publiserte indikatorene, oppgaver av mer overordnet art og arbeid med nye indikatorer:

- Publiserte tilstandsindikatorer på vegbredde, bæreevne og Tunnelsikkerhetsforskriften skal evalueres og kvalitetssikres. Dette skal skje gjennom møter og gjennomgang sammen med fagpersoner i SVV, samt internt i SINTEF.
- Det må foretas en vurdering og konklusjon på metode for analysestrekning. Diskusjon i dette notatet (kapittel 2), samt presentasjoner er beslutningsgrunnlag for prosjektgruppa.
- Detaljer rundt analysevegnett må avklares, eksempelvis hvordan håndtere ramper, rundkjøringer osv.
- Det skal gjøres en vurdering om eventuell aggregering til en samlet tilstandsindikator der det utarbeides et beslutningsgrunnlag for en avgjørelse i prosjektgruppa eller hos prosjekteier.
- Videreutvikle indikator Tunnelsikkerhetsforskriften.
 - Definere klasse 2 og 4 basert på Tunnelsikkerhetsforskriften.
 - Vurdere utvidelser og evt. egne indikatorer på andre tema innenfor tunnel, eksempelvis knyttet til geometriske krav (tverrsnitt, kurvatur, mv), bergmasseforhold, vedlikeholdstilstand på tunnelutstyr mv.
- Det skal utvikles flere indikatorer. De tre neste temaene det skal ses på er:
 - Horisontalkurvatur
 - Spor og jevnhet
 - Andre temaer knyttet til tunnel utover Tunnelsikkerhetsforskriften



SINTEF

9 Referanser

- [1] Statens vegvesen, «N100 Veg- og gateutforming,» <https://store.vegnorm.vegvesen.no/n100>, 2022.
- [2] P. O. Aursand, «Kontinuerlig bæreevne måling med Raptor (Rapid Pavement tester),» Presentasjon fra NADim-seminar 1.12.22, <https://www.norskasfaltforening.no/resources/POAursand-Bareevnemalinger-med-Raptor-NADim-des2022.pdf>, 2022.
- [3] Aurstad, J. (red), «Lærebok: Vegteknologi. Statens vegvesens rapporter nr. 626,» <https://hdl.handle.net/11250/2673186>, 2016.
- [4] Statens vegvesen, «V230 Forsterkning av vegeer,» <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/v230.pdf>, 2022.
- [5] Statens vegvesen, «V412 Bæreevneklassifisering av bruker, laster,» <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v412-bareevneklassifisering.pdf>, 2021.
- [6] Samferdselsdepartementet, «Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften),» <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-05-15-517>, 2007.