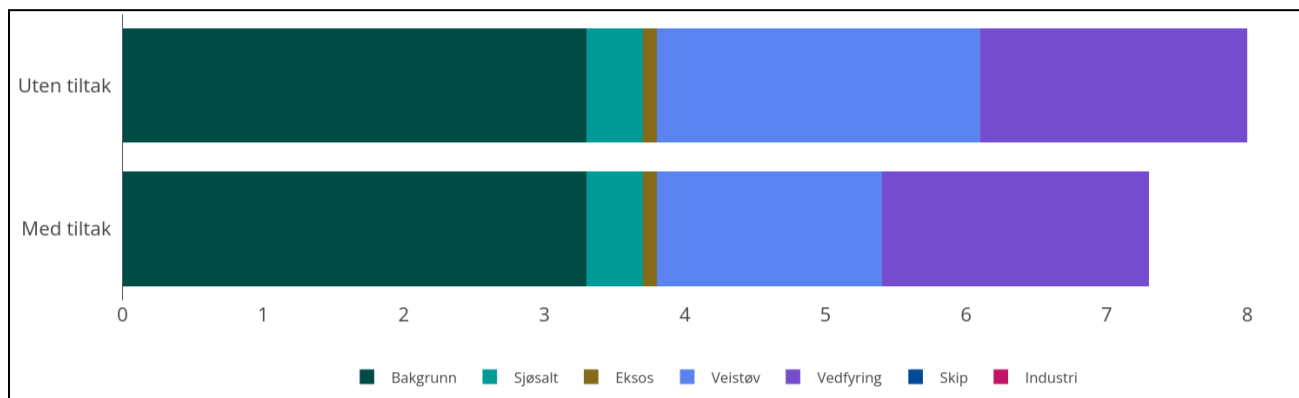


Dokumentasjon av tiltakskalkulator for lokal luftkvalitet

Eivind Grøtting Wærsted, Bruce Rolstad Denby og Heiko Klein

Meteorologisk institutt
februar 2025



Dokumentasjon av tiltakskalkulator for lokal luftkvalitet	1
0. Sammendrag av endringer fra første versjon	2
1. Introduksjon	2
1.1 Hva er tiltakskalkulatoren?	2
1.2 Hvilke data bruker tiltakskalkulatoren?	2
2. Utslippene i spredningsmodellen	3
2.1 Veitrafikk	3
2.1.1 Trafikkmengde av korte og lange kjøretøyer	3
2.1.2 Eksosutslipp	4
2.1.3 Veistøv	5
2.2 Vedfyring	6
2.3 Skip og industri	8
2.4 Bakgrunn	8
2.5 Usikkerhet i utslippsberegningene	8
3. Beregning av utslippsendringer fra tiltak	9
3.1 Trafikkvolum og kjøretøyfordeling	9
3.2 Piggdekk	9
3.3 Vedfyring	10
3.4 Annet	10
4. Beregning av nye konsentrasjoner	10
5. Resultater	12
6. Eksempel	13

0. Sammendrag av endringer fra første versjon

Tiltakskalkulatoren ble først lansert i 2020. Da brukte den modellkjøringen for år 2018. I tillegg til å oppdatere fra år 2018 til 2023, er det følgende vesentlige endringer i metodologi:

- Kommunespesifikk bilpark (tidligere ble nasjonal bilpark brukt for alle kommuner)
- Kildebidragene som skaleres tilsvarer nå bidraget fra innenfor kommunegrensen, i stedet for et 10x10 km² område rundt hvert beregningspunkt
- Utslippsfaktorer for kjøretøyer og vedfyring er oppdatert. For vedfyring gir endrede utslippsfaktorer for PM en betydelig større forskjell på gamle og nye ovner enn tidligere.
- Egen piggdekkandel for elektriske korte kjøretøyer, og økt vei- og dekk-slitasje fra elbiler pga. større vekt, men mindre bremseslitasje.

1. Introduksjon

1.1 Hva er tiltakskalkulatoren?

Tiltakskalkulatoren for lokal luftkvalitet er en automatisk nettbasert tjeneste for å undersøke hva slags lokale tiltak som kan redusere luftforurensning fra PM₁₀, PM_{2,5} og NO₂ i en kommune. Tiltakene som kan legges inn er generelle og fordelt likt over hele kommunen. Derfor er denne tjenesten best egnet tidlig i en utredning. Andre verktøy kan være bedre egnet når mer detaljerte tiltak, med en bestemt romlig fordeling av utslippsreduksjoner, skal utredes.

Effekten av den kombinasjonen av tiltak som velges av brukeren, beregnes i to steg. Første steg går raskt (noen sekunder) og beregner kun prosentvise endringene i utslipp fra hver sektor. Andre steg, som tar lengre tid (1-10 minutter), beregner hvordan dette påvirker de romlig fordelte konsentrasjonene og eksponeringen på bostedsadresser i kommunen.

For å forstå mulighetene og begrensningene som ligger i tiltakskalkulatoren, besvarer dette dokumentet følgende spørsmål:

1. Hvilke data bruker tiltakskalkulatoren? (seksjon 1.2)
2. Hvordan er de opprinnelige utslippene og deres romlige fordeling beregnet? (seksjon 2)
3. Hvordan oversettes et tiltak til en endring i utslipp? (seksjon 3)
4. Hvordan beregnes endringer i konsentrasjoner fra endringer i utslipp? (seksjon 4)

1.2 Hvilke data bruker tiltakskalkulatoren?

Utgangspunktet for tiltakskalkulatoren er dataene som ligger på [Fagbrukertjeneste for luftkvalitet](#). Disse dataene er basert på spredningsmodellering i to steg. Første steg simulerer spredning av både lokale og langtransporterte luftforurensninger, inkludert globalt og europeisk bidrag, og beregner konsentrasjoner av PM₁₀, PM_{2,5} og NO₂ for hele Norge med 2,5 km oppløsning. Til dette brukes kjemi-transport-modellen [EMEP](#), drevet av meteorologiske data fra værvarslingsmodellen [AROME-MetCoOp](#). Andre steg er en lokal beregning, utført med den gaussiske spredningsmodellen [uEMEP](#). Denne modellen beregner bidrag fra fem utslippssektorer: veitrafikk (eksos, veistøv), vedfyring, skip og industri og gir konsentrasjoner på 100 m oppløsning. Denne høyoppløste beregningen inkluderer kun

utslipp innenfor et 10 x 10 km² område rundt hvert beregningspunkt. Beregningene for lokale og langtransporterte bidrag til luftforurensningen er kombinert på en spesiell måte for å unngå dobbelttelling av de lokale utslippene.

Konsentrasjonene beregnes for hver time, og disse dataene danner grunnlaget for de detaljerte kartene med konsentrasjoner av PM₁₀, PM_{2,5} og NO₂ som vises i Fagbrukertjenesten. Modellene sporer også hvor utslippene som bidrar til konsentrasjonene kommer fra, for sektorene veitrafikk, vedfyring, skip og industri. Denne sporingen skjer både i uEMEP-modellen og på en grovere oppløsning i EMEP-modellen. Denne informasjonen blir brukt til å beregne hvor mye av forurensningen i hvert beregningspunkt som kan tilskrives utslipp innenfor kommunegrensen fra hver sektor. Konseptet for tiltakskalkulatoren er å skalere disse lokale bidragene basert på hvor stor utslippsreduksjon i en sektor et tiltak ventes å ha. Dermed trenger ikke en ny full spredningsberegning å utføres. Dette gjør det mulig å få resultater raskt, men ulempen er at man bare kan teste tiltak som endrer utslippene fra en sektor med samme prosent overalt i kommunen. Denne justeringen av kildebidrag forklares nærmere i seksjon 4.

Tiltakskalkulatoren tar utgangspunkt i dataene fra år 2023. Siden været vil påvirke både utslippene og spredningen av luftforurensning, vil konsentrasjonene kunne variere fra et år til et annet, selv uten endringer i menneskelig aktivitet slik som trafikkmengde. Derfor vil både de originale og justerte konsentrasjonene gjelde for været i 2023. Værets innvirkning vil typisk kunne gi variasjoner i årsmidlet konsentrasjon på ±10 %.

2. Utslippene i spredningsmodellen

For utslipp utenfor Norge brukes rapporterte utslipp til konvensjonen om langtransportert luftforurensning for år 2022, med rom- og tidsfordeling som i [EMEP statusrapporten 2024](#). Disse brukes også for utslipp i Norge for alle utslipp bortsett fra PM- og NO_x-utslipp fra veitrafikk, vedfyring, skip og industri. For PM- og NO_x-utslipp fra disse fire sektorene brukes mer detaljerte nasjonale datasett, som beskrevet nedenfor, og det er kun disse utslippene som bidrar til beregnede lokale kildebidrag til konsentrasjonene og som kan endres i tiltakskalkulatoren. NO_x-utslipp er en blanding av gassene NO og NO₂. Det er antatt at 15 % av NO_x-utslippet er NO₂ fra veitrafikk, og 10 % for vedfyring, skip og industri. NO₂/NO_x-andelen kan øke i de beregnede konsentrasjonene fordi NO kan reagere med bakkenær ozon og bli til NO₂ i atmosfæren.

2.1 Veitrafikk

2.1.1 Trafikkmengde av korte og lange kjøretøyer

[Nasjonal vegdatabank \(NVDB\)](#) er en database som produseres av Statens Vegvesen (SVV) og gir info om alle offentlige veier i Norge. Veinettet inndeles i veglenker, og for hver av disse gis blant annet fartsgrense, kvaliteten på veien, et estimat for antall motorkjøretøyer som passerer per dag i gjennomsnitt, og hvor stor andel av kjøretøyene som er korte og lange kjøretøyer (adskilt ved lengde 5.6 m). Data for trafikkmengde er basert på en kombinasjon av trafikkmodellering og stasjoner som teller passerende biler. I NVDB er det stort sett kun riks- og fylkesveier som har data for trafikkmengde, mens de fleste kommunale veier ikke har dette. En [trafikkmodell fra SSB](#) er brukt for å fylle inn trafikk på veglenker som mangler dette.

Denne trafikken fordeles mellom døgnets timer og dagene i uka ved å bruke en nasjonal gjennomsnittlig timefordeling for korte og lange kjøretøyer, basert på trafikktegninger i hele landet. Sesongvariasjoner i trafikken er også tatt høyde for; basert på telldata er det estimert skaleringsfaktorer per måned som er ulike for korte vs. lange kjøretøyer, små vs. store kommuner, og Europa-/riksveier vs. fylkes-/kommuneveier.

I beregningen for 2023 har vi brukt veglenkedata hentet ut fra NVDB våren 2024. Totalt kjørte kilometer for sum av korte og lange kjøretøyer er 47 690 millioner km når alle veilenker summeres. Dette er ca 4 % høyere enn [kjørelengder estimert av SSB](#) på 45 699 millioner km for år 2023.

2.1.2 Eksosutslipp

Biltrafikken fører til utslipp i to sektorer: eksos og slitasjepartikler (veistøv). Eksosen slippes rett ut i lufta og kan dermed håndteres direkte av spredningsmodellen. Hvor mye som slippes ut av NO_x og PM per kjørte kilometer, såkalt utslippsfaktor, avhenger av bilmodellen og påvirkes også av faktorer som utetemperatur, helning på veien og hastighet. I beregningen for 2023 er [NERVE](#)-modellen brukt for å beregne eksosutslipp. Denne modellen er en «bottom-up» modell som bygger på fire detaljerte datasett; 1) Veinettet (NVDB), 2) trafikkmengde fra Regional Transport Model (RTM), 3) kjørelengdestatistikken for norskregistrerte kjøretøy fra SSB, og 4) utslippsfaktorer fra HBEFA (Hand Book of Emission Factors for Road Transport).

NERVE beregner totalt antall kjørte kilometer og gjennomsnittlige utslippsfaktorer for hver kjøretøykategori i hver kommune i Norge. Disse kjøretøykategoriene er overordnede og kategoriserer bilene etter kjøretøytype (HDV, LCV, PC, buss) og drivstofftype (se Tabell 1), og hver kategori består av mange ulike bilmodeller. Dermed kan utslippsfaktorene for samme kategori variere fra en kommune til en annen. Nasjonalt gjennomsnitt for år 2023 er gitt i Tabell 1, og tall for hver kommune i vedlegg A. Utslippsfaktorene for NO_x blir i tillegg økt ved lave utetemperaturer ved å gange med en temperaturfaktor. Faktoren er 1 (ingen endring) for temperaturer over 14°C og øker lineært opp til 3.3 ved -13 °C. Denne temperaturkorreksjonen er basert på resultatene i [Wærsted et al. \(2022\)](#).

Kjørelengdene fra NERVE blir skalert slik at det blir konsistent med kjørelengdene for korte og lange kjøretøyer man får ved å summere trafikken på veglenkene (se seksjon 2.1.1) i kommunen. I denne skaleringen antar vi at alle busser og HDV er lange, alle PC er korte og 25 % av LCV er lange. Etter skalering kan andelen av LCV som er lange avvike noe fra 25 % pga. ulik skalering av korte og lange kjøretøyer. Hvis en kjøretøykategori utgjør mindre enn 1 % av kjørte kilometer av en kjøretøytype i en kommune (f.eks. Buss-gass utgjør mindre enn 1 % av total kjørelengde for busser), blir de kommunespesifikke utslippsfaktorene for denne kjøretøykategorien i denne kommunen erstattet med nasjonalt gjennomsnitt i tiltakskalkulatoren.

Selv om tiltakskalkulatoren baserer seg på tall fra NERVE for år 2023, har selve modellberegningen for 2023 brukt tall fra NERVE for år 2021, fordi dette var det siste året som var tilgjengelig fra NERVE da kjøringen for 2023 ble gjort. Derimot har en nasjonal trend i eksosutslipp, basert på SSB tabell [08941](#) og [08942](#), blitt lagt på for å ta hensyn til utviklingen i eksosutslipp fra 2021 til 2023. Dette gir en reduksjon på 15 % for både PM og

NO_x. For Oslo spesifikt er reduksjonen satt til 20 % for PM og 25 % for NO_x, basert på trend i måledata.

2.1.3 Veistøv

Slitasjepartiklene som genereres av trafikken vil til dels bli liggende på veien og kan virvles opp på et senere tidspunkt. Derfor blir en egen veistøvmodell, [NORTRIP](#), brukt til å modellere både dannelsen av slitasjepartikler og hva som skjer med dette veistøvet etter at det genereres. Det vil avhenge av blant annet fuktigheten på veien. Veistøvet som genereres av bilene kommer fra en kombinasjon av slitasje på veibane, dekk og bremses. For disse tre bidragene til veistøv, er det estimert hvor stor andel som er partikler mindre enn 10 µm (PM₁₀) og mindre enn 2,5 µm (PM_{2,5}). Mengden veistøv som genereres av en bil per kilometer gjennom de tre bidragene, blir modellert som en funksjon av bilens størrelse (kort vs. lang), dekktype (pigg vs. piggfri), fart og kvaliteten på veien. Veslitasjen gir det største bidraget, og her er det antatt at piggdekk genererer 30 ganger mer støv enn piggfrie dekk, og et langt kjøretøy genererer 5 ganger mer støv enn et kort kjøretøy, og at slitasjen øker proporsjonalt med farten. Farten, veikvaliteten og trafikkmengden av korte og lange kjøretøyer hentes fra NVDB for hver veglenke. For hver kommune er det laget et estimat for hvor stor andel av de korte og lange kjøretøyene som bruker piggdekk og i hvilken periode de bruker piggdekk. Piggdekkandelene er basert på SVVs [piggdekkteellinger](#) i 13 byer i år 2019-2020 og romlig interpolasjon av disse. Hvis piggdekkandelen er over 25 %, antas det også at en liten andel av bilene bruker piggdekk hele året, ca. 4 % av piggdekkandelen på vinteren.

Korte elektriske kjøretøyer er i gjennomsnitt tyngre enn andre korte kjøretøyer, og dette gir økt slitasje på vei og dekk. Derimot bruker elbiler også regenerativ bremsing, som gir mindre bremseslitasje. Basert på arbeid i [Nordust2-prosjektet](#), er det estimert at korte elektriske kjøretøyer har 30 % høyere vei- og dekkslitasje og 50 % mindre bremseslitasje enn andre korte kjøretøyer. På den annen side viser også piggdekkteellinger fra Trondheim fra år 2021 og 2022 at piggdekkandelen for elektriske korte kjøretøyer er ca. halvparten så stor som for andre korte kjøretøyer (Tore Berg, personlig kommunikasjon). I tiltakskalkulatoren er dette antatt å gjelde i alle kommuner, så piggdekkandelen for elektriske og fossile korte kjøretøyer er justert slik at andelen er halvparten så stor for elbilene som fossilbilene mens andelen for korte kjøretøyer som helhet er uendret. Ulik slitasje for elbiler og andre korte kjøretøyer ble ikke implementert i tide til å komme med i selve modellberegningen for 2023, men det tas høyde for når man endrer fordeling av drivstoff og piggdekkandeler i tiltakskalkulatoren.

I tillegg til de tre kildene til veistøv fra slitasje, bidrar også salting og sanding av veibanen til veistøv. I NORTRIP-modellen blir veisalting inkludert basert på regler knyttet til meteorologiske forhold og kan avvike fra virkelig salting. Sanding er inkludert for en del kommuner, stort sett bare på veier hvor det ikke saltes. I de nåværende modellberegningene bidrar salting og sanding med i gjennomsnitt rundt 7 % av de totale veistøvuutslippene nasjonalt.

Tabell 1: Nasjonalt gjennomsnitt av utslippsfaktorer for eksos og nasjonal kjørelengde for hver kjøretøykategori. HDV er tungransport-kjøretøyer, LCV er mindre varebiler og PC er personbiler. Se vedlegg A for kommunespesifikke tall.

2023		NERVE utslippsfaktor		Kjørelengde (NERVE+NVDB+SSB)
ID	Drivstoff	PM (g/km)	NO _x (g/km)	Millioner kjørte km per år
HDV	diesel	0.0362	1.7951	2764
	elektrisitet	0	0	8
	gass	0.0041	0.3059	30
LCV	diesel	0.0159	0.7501	6897
	bensin	0.0074	0.2716	139
	elektrisitet	0	0	203
	hybrid	0.0051	0.0450	10
PC	diesel	0.0094	0.7599	15913
	bensin	0.0019	0.0894	6777
	elektrisitet	0	0	9431
	hybrid	0.0009	0.0347	4784
Buss	diesel	0.0321	1.4844	694
	elektrisitet	0	0	17
	hybrid	0.0206	0.3952	7
	gass	0.0077	0.8777	15

2.2 Vedfyring

Vedfyring i boliger er den viktigste menneskeskapt kilden til PM_{2,5} i Norge. SSB estimerer totalt vedforbruket for hvert fylke¹ i åpen peis, vedovn med gammel teknologi og ny teknologi (ovner laget etter 1998) ([SSB tabell 09703](#)). For å fordele vedforbruk i rommet, brukes [MetVed](#)-modellen utviklet av NILU, versjon 2.0. Denne bruker mange ulike datakilder, blant annet informasjon om boligtyper, tilgjengelige ildsteder, utetemperatur og energiforbruk i boligene. For å avgjøre når på året veden brennes, brukes døgnmiddeltemperaturen. Vedfyring starter ved 11 °C og øker lineært med synkende temperatur. En døgnsyklus og

¹I 2020 ble antall fylker redusert fra 19 til 11. SSBs tall for vedforbruk gis dermed på lavere romlig oppløsning for sammenslåtte fylker fra og med 2020. MetVed-modellen bruker likevel data om fordeling av vedforbruk mellom de 19 fylkene fra tidligere år til å fordele innad i sammenslåtte fylker.

ukesyklus i vedfyring er også lagt inn for å simulere når folk er hjemme og tenner opp i ildstedene sine. MetVed angir også utslippshøyde, basert på høyden på bygningene, som vil påvirke konsentrasjonene siden høyere utslipp gir mer fortykning før røyken når bakken. Utslippene fra vedfyring er høyere for åpen peis og gamle vedovner (laget før 1998) enn nyere vedovner. Utslippfaktorene brukt i MetVed er angitt i Tabell 2 og er basert på [Seljestad et al. \(2017\)](#). Åpen peis utgjør en liten andel av vedforbruket og har derfor blitt gruppert sammen med gamle ovner i MetVed. MetVed har også egne beregninger for vedforbruk i fritidsboliger, basert på separate tall fra SSB, men disse er ikke tatt med i spredningsberegningene.

Tabell 2: Utslippsfaktorer fra vedfyring i gram per kilogram brent ved, brukt i MetVed-modellen.

Forurensning	Gammel vedovn (-1998)	Ny vedovn (1998-)
PM ₁₀	23.13	8.3
PM _{2,5}	20.86	7.85
NO _x	0.97	0.97

I modellkjøringen for 2023 har vi brukt SSB- og MetVed-tall for året 2021. Dette er fordi 2023-tallene ikke var klare da modellkjøringen ble gjennomført. Tallene per kommune i tiltakskalkulatoren er også fra 2021. SSBs tall på vedforbruk varierer en del fra år til år, og hvis år 2023 var blitt brukt, hadde det gitt forskjeller på opptil 10-15 % i vedforbruk og utslipp. For Bergen er det i MetVed antatt at 100 % av veden er brent i nye ovner, på grunn av forbudet mot gamle vedovner som Bergen hadde innført.

Tabell 3: Skaleringsfaktorer for vedforbruk i enkelte kommuner.

Kommune	Skalering
Bergen	1.5
Drammen	2.0
Harstad	2.0
Kristiansand	1.3
Lillestrøm	0.7
Oslo	0.8
Porsgrunn	0.7
Skien	0.7
Stavanger	1.5
Trondheim	0.8

Etter flere år med modellkjøringer for Norge, ble det registrert at PM_{2,5}-konsentrasjonene var under- eller overestimert systematisk på en del målestasjoner, og tidsprofilen tydet på at vedfyring kunne være årsaken, pga. karakteristisk bias om vinteren og på kveldstid. For å redusere bias har det i kommunene med måledata for PM_{2,5} blitt utført en multilinjær regresjonsanalyse for året 2021 for å identifisere under- eller overestimert bidrag fra vedfyring, bl.a. ved å sammenligne det karakteristiske tidsprofilen for vedfyring med måledata. Ut fra denne analysen har utslippene fra vedfyring fra 2021 blitt skalert opp eller ned som angitt i Tabell 3. F.eks. for Oslo er faktoren 0.8, som betyr at Oslo har fått 20 % lavere utslipp. Denne skaleringen kunne i prinsippet tolkes både som endret vedforbruk og endrede utslippsfaktorer, men i tiltakskalkulatoren er det lagt inn som en skalering av vedforbruket.

2.3 Skip og industri

Veitrafikk og vedfyring er de to viktigste kildene til lokal luftforurensning i Norge. I tillegg til disse har to andre sektorer blitt beregnet på høy oppløsning: skip og industri. Disse gir betydelige bidrag til forurensning ved bakken kun i begrensede områder av noen kommuner.

Utslipp fra skip er basert på en utslippsmodell fra Kystverket, som blant annet bruker AIS-systemet, som identifiserer posisjonen til større skip kontinuerlig. Skipets fart brukes sammen med kjente data om skipet til å regne ut utslipp (<https://havbase.no/>). I modellberegningen for 2023 er utslipp per måned fra år 2021 brukt. Reduksjon i utslipp pga. landstrøm er estimert for noen havner der data på landstrømbruk var tilgjengelig, i Oslo, Bergen, Stavanger, Haugesund, Kristiansand, Risør og Sandefjord. Døgnsyklus for utslippene på 2.5 km oppløsning per måned er basert på data fra 2017. Utslippshøyde for skip er satt til 70 m.

Industriutslippene kommer fra en [database av norske utslipp](#) som er driftet av Miljødirektoratet og SSB. Den inneholder omkring 300 punktutslipp i Norge fra større industriområder. Mange mindre industristeder er foreløpig ikke med i denne databasen, og den gir dessuten ikke informasjon om høyden på utslippene eller hvordan de er fordelt i tid. For et mindretall av utslippspunktene er pipehøyden oppgitt, og der er denne brukt i modellen. For de øvrige er utslippshøyden satt til 100 m.

2.4 Bakgrunn

Som nevnt i starten av seksjon 2, inkluderes alle andre sektorer enn veitrafikk, vedfyring, skip og industri ut fra rapporterte utslipp til CLRTAP for 2022. Disse utslippene har en romlig oppløsning på 0.1° (lengde- og breddegrad), og deres bidrag til konsentrasjonene ligger under fellesbetegnelsen «bakgrunn». Dette omfatter blant annet utslipp fra anleggsmaskiner, småbåter, flytrafikk og landbruk. I tillegg er også naturlige kilder inkludert i bakgrunn, bortsett fra sjøsalt som vises separat. «Bakgrunn» inneholder også bidragene fra utslipp fra veitrafikk, vedfyring, skip og industri utenfor kommunen.

2.5 Usikkerhet i utslippsberegningene

I alle ledd av beregningene er det en viss usikkerhet. Virkelig trafikkmengde kan avvike fra den som er brukt, spesielt for de mindre veiene som ikke har tellinger. Praktiseringen av vedfyring, slik som når man velger å fyre, kan også variere fra kommune til kommune, men de samme antagelsene har blitt brukt på alle steder. Det tas ikke høyde for at andelen ved brent i gamle og nye vedovner kan variere innad i en kommune og heller ikke andre faktorer

som kan gi variasjon i utslippsfaktorene fra vedfyring, slik som fyringsteknikk, skorsteinstype og værforhold. Utslipp fra industri og skip har forenklede tidsprofiler, og dessuten kan noen av utslippene skje i lavere høyde enn antatt, som skulle gi høyere konsentrasjoner lokalt. Vinterdrift på veier (brøyting, salting, sandig, støvbinding) påvirker fuktigheten på veibanen og dermed oppvirvling av veistøv, og virkelig praksis for brøyting, sanding og salting kan avvike fra de forenklede reglene som brukes i NORTRIP-modellen. Støvbinding er heller ikke inkludert i modellen.

I tillegg til usikkerhet i utslipp, vil også usikkerheten i meteorologiske variabler som vindhastighet og -retning ha innvirkning på de modellerte konsentrasjonene.

For å kartlegge usikkerhet blir modellberegningene sammenlignet med måledata. Denne sammenligningen er dokumentert [her](#).

3. Beregning av utslippsendringer fra tiltak

De totale utslippene fra kommunen er beregnet for hver sektor. Utslippene fra en sektor kan igjen deles inn i bidrag fra underkategorier. For eksempel kan eksosutslippene fra veitrafikk deles inn i bidrag fra personbiler, varebiler, busser og lastebiler, og disse igjen i bidrag fra ulike typer drivstoff (i Tabell 1). Alle tiltakene i tiltakskalkulatoren er formulert slik at de kan oversettes til en prosentvis endring i utslippene fra en eller flere av underkategoriene i en sektor. Dermed kan de totale utslippene fra en sektor regnes ut med og uten tiltak, og forholdet mellom de to gir en prosentvis endring i totalt utslipp fra sektoren. Denne prosentvise endringen i utslipp antas å være den samme overalt i kommunen. Dette er en begrensning som følger av at tiltakskalkulatoren ikke kjører spredningsmodellen på nytt, men bare bruker de forhåndsregnede kildebidragene fra hver sektor, som ikke inneholder data om hvilke deler av kommunen utslippene kommer fra.

Når brukeren fyller inn tall i den interaktive tabellen med tiltak, oppdateres tabellen med utslipp fra hver sektor fortløpende og viser hvor mange prosent utslippene øker eller avtar som følge av alle tiltakene som er lagt inn (se eksempel i Figur 2). Mulige tiltak er gitt i Tabell 4.

3.1 Trafikkvolum og kjøretøfordeling

Disse tiltakene lar deg øke eller redusere kjørelengden for hver av de fire hovedkategoriene kjøretøyer (HDV, LCV, PC, buss) og fordelingen på ulike drivstoff. Dette vil ha innvirkning både på eksos- og veistøvutslipp. En redusert kjørelengde vil direkte skalere ned bidraget fra disse kjøretøyene til utslippene. En endring i drivstoffordeling vil endre eksosutslippene pga. ulike utslippsfaktorer (se Tabell 1 og vedlegg A), og kan også endre veistøv-utslipp siden korte el- og hybridbiler antas å gi annerledes slitasje enn andre korte biler (se seksjon 2.1.3).

3.2 Piggdekk

Disse tiltakene påvirker kun veislitasje og vil derfor kun endre utslipp av veistøv. En høyere piggdekkandel gir betydelig økning i veistøvutslipp siden piggdekk sliter mye mer på veien enn piggfrie dekk (se seksjon 2.1.3). Det er også mulig å endre gjennomsnittsfarten for trafikken, som er regnet ut ved å vekte hver vei i kommunen med trafikkmengde. Siden slitasje på vei og dekk øker proporsjonalt med farten, vil også veistøvutslipp øke med gjennomsnittsfarten for trafikken. Selv om endret hastighet i virkeligheten også påvirker

eksosutslipp, har vi ikke mulighet til å ta høyde for dette i tiltakskalkulatoren siden forholdet mellom hastighet og eksosutslipp ikke er lineært.

3.3 Vedfyring

Her kan man øke eller redusere totalt vedforbruk og endre andelen ved brent i gamle og nye ovner. Utslipp i sektor vedfyring vil øke proporsjonalt med totalt vedforbruk, og det vil øke(minke) dersom andel ved brent i gamle(nye) ovner økes, som følge av forskjeller i antatte utslippsfaktorer (se Tabell 2).

3.4 Annet

Utslipp fra skip og industri kan skaleres direkte. Det er også mulig å ta bort bidraget fra sjøsalt, som er relevant fordi man i en del tilfeller kan se bort fra sjøsalt når luftforurensning fra PM vurderes.

Tabell 4: Tiltak som kan velges i tiltakskalkulatoren

Trafikkvolum og kjøretøyfordeling	Piggdekk	Vedfyring	Annet
Trafikkvolum, personbiler	Piggdekkandel, korte elektriske biler	Totalt vedforbruk	Utslipp fra skip
Fordeling av drivstoff, personbiler	Piggdekkandel, korte fossilbiler	Andel av vedforbruk i ulike teknologier	Utslipp fra industri
Trafikkvolum, varebiler	Piggdekkandel, lange kjøretøyer		Fjern sjøsalt fra PM
Fordeling av drivstoff, varebiler	Varighet på piggdekk sesong		
Trafikkvolum, lastebiler	Gjennomsnittsfart for trafikken		
Fordeling av drivstoff, lastebiler			
Trafikkvolum, busser			
Fordeling av drivstoff, busser			

4. Beregning av nye konsentrasjoner

Som nevnt i introduksjonen, har spredningsmodellen regnet ut hvilken andel av konsentrasjonene som kommer fra lokale utslipp fra innenfor kommunen i hver sektor (kildebidrag). Når tiltakskalkulatoren har regnet ut at utslipp fra en sektor går ned med en viss prosent (forklart i seksjon 3), blir effekten av dette simulert ved at kildebidraget fra denne sektoren reduseres med samme prosent i det modifiserte datasettet, hvilket gir en ny

totalkonsentrasjon. Dette gjøres for alle dager og alle steder i kommunen. Deretter regnes statistikkene ut på nytt (årsmiddel, korttidsmiddel, luftsonekart, befolkningseksponering). Denne metoden er korrekt forutsatt at vi kun skalere lokale utslipp og at forurensningene kan antas å ikke avsettes eller reagere kjemisk i særlig grad på tidsskalaer kortere enn et par timer. Dette er oppfylt for utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$, og også for NO_x , for de sektorene vi ser på. For NO_2 må vi gjøre en korleksjon (se siste avsnitt i seksjon 4).

Som et eksempel, la oss si at tiltakene som ble lagt inn reduserer utslipp av PM_{10} fra veistøv med 25 %. Hvis den opprinnelige PM_{10} -konsentrasjonen like ved en stor vei er $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ av dette kommer fra veistøv (fra innenfor kommunen), vil tiltaket redusere PM_{10} -konsentrasjonen med $12 \cdot 25 \% = 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, så ny totalkonsentrasjon blir $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. På et annet sted lenger fra veien er opprinnelig PM_{10} -konsentrasjon $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og kildebidraget fra veistøv er bare $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Her vil tiltaket redusere PM_{10} -konsentrasjonen med $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ned til $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Siden kildebidragene som skaleres tilsvare det som kommer fra innenfor kommunegrensen, vil alle tiltak som simuleres anta at bidragene fra utenfor kommunen er uendret. Et unntak fra denne regelen er sjøsalt. Dette kildebidraget inkluderer all PM fra sjøsalt, uansett hvor langt unna det kommer fra, så det «tiltaket» som fjerner bidraget fra sjøsalt til PM fjerner altså hele sjøsaltbidraget.

For nitrogenoksider (NO_x) er utregningen litt mer komplisert, fordi den kjemiske reaksjonen mellom NO , NO_2 og O_3 er så rask at vi må ta hensyn til den også for de lokale utlippene. Tiltakskalkulatoren regner først ut nye konsentrasjoner for NO_x ved å skalere kildebidrag basert på utslippsendringene for NO_x (som forklart over), og så regner den ut nye årsmidler og vintermidler for NO_x . Deretter brukes en empirisk formel for sammenhengen mellom årsmidlet konsentrasjon av NO_x og NO_2 til å estimere nye årsmidler for NO_2 . Samme formel brukes også for å regne ut vintermidlene av NO_2 fra vintermidlene av NO_x (vintermiddel av NO_2 brukes i luftsonekartet). Denne formelen brukes også for å estimere nye kildebidrag til NO_2 . Siden formelen ikke er lineær, vil de nye kildebidragene til NO_2 kunne endre seg noe også for sektorer der utlippene ikke er endret. Den empiriske sammenhengen mellom NO_x og NO_2 gjelder ikke for korte tidsperioder, og derfor gir ikke tiltakskalkulatoren noen resultater for det korttidsmiddelet av NO_2 som vises i Fagbrukertjenesten.

5. Resultater

Resultatene blir vist automatisk når beregningen er ferdig. Visninger inkluderer både kart og statistikk. Statistikken kan vises som grafikk (stolpediagram) eller tabell. Alle resultatene inkluderer en sammenligning av beregninger med og uten tiltak. Kartvisningen inkluderer en interaktiv slider for dette, i tillegg til forskjellskart som viser absolutt eller relativ endring som følge av tiltakene. Resultater kan bli lastet ned i excel-format eller som bildefil (png). Tabell 5 oppsummerer hvilke resultatvisninger som er tilgjengelige.

Tabell 5: Resultater som vises etter tiltaksberegningen

Resultat	Komponenter	Med og uten tiltak	Absolutt endring	Relativ endring
Kart av beregnet årsmiddelkonsentrasjon	PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO ₂	X	X	X
Kart av beregnet korttidsmiddelkonsentrasjon (31. høyeste døgnmiddel)	PM ₁₀	X	X	X
Grafikk og tabell av beregnet befolkningseksposering til årsmiddel (NB: basert på bostedsadresser i 2017 fra SSB)	PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO ₂	X		
Grafikk og tabell av kildebidrag til eksposering, midlet over befolkningen	PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO ₂	X		
Grafikk og tabell av utslippskilder	PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO _x	X		
Luftsonekart	rød og gul sone	X		

6. Eksempel

I dette eksempelet ønsker brukeren å teste effekten av en lavere piggdekkandel i trafikk.

Første steg etter valg av kommune og år er å sette inn tall for de tiltakene man ønsker å aktivere. Figur 1 viser hvordan man kan legge inn en ny piggdekkandel på 30 % for fossilbiler, 20 % for elbiler og 15 % for lange kjøretøyer. Med en gang man fyller inn disse tallene, vil man kunne lese av effekten på utslipp i tabellen nederst på skjermen. Siden dette går raskt, kan man teste mange forskjellige kombinasjoner av tiltak og variere tallene man legger inn, og se på hvordan dette påvirker de prosentvise utslippsendringene, uten å måtte vente lenge på utregningen.

Fordeling av drivstoff, busser
▼

Piggdekkandel, fossilbiler
▲

Original: 56 %. Ny: 30 %
Ny andel i %:

[Vis beskrivelse](#)

Piggdekkandel, elbiler
▲

Original: 28 %. Ny: 20 %
Ny andel i %:

[Vis beskrivelse](#)

Piggdekkandel, lange kjøretøyer
▲

Original: 20 %. Ny: 15 %
Ny andel i %:

[Vis beskrivelse](#)

Piggdekkelsesong
▼

Sektor	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x
Bakgrunn	0%	0%	0%
Sjøsalt	0%	0%	-
Eksos	0%	0%	0%
Veistøv	-32,73%	-30,18%	-
Vedfyring	0%	0%	0%
Skip	0%	0%	0%
Industri	0%	0%	0%

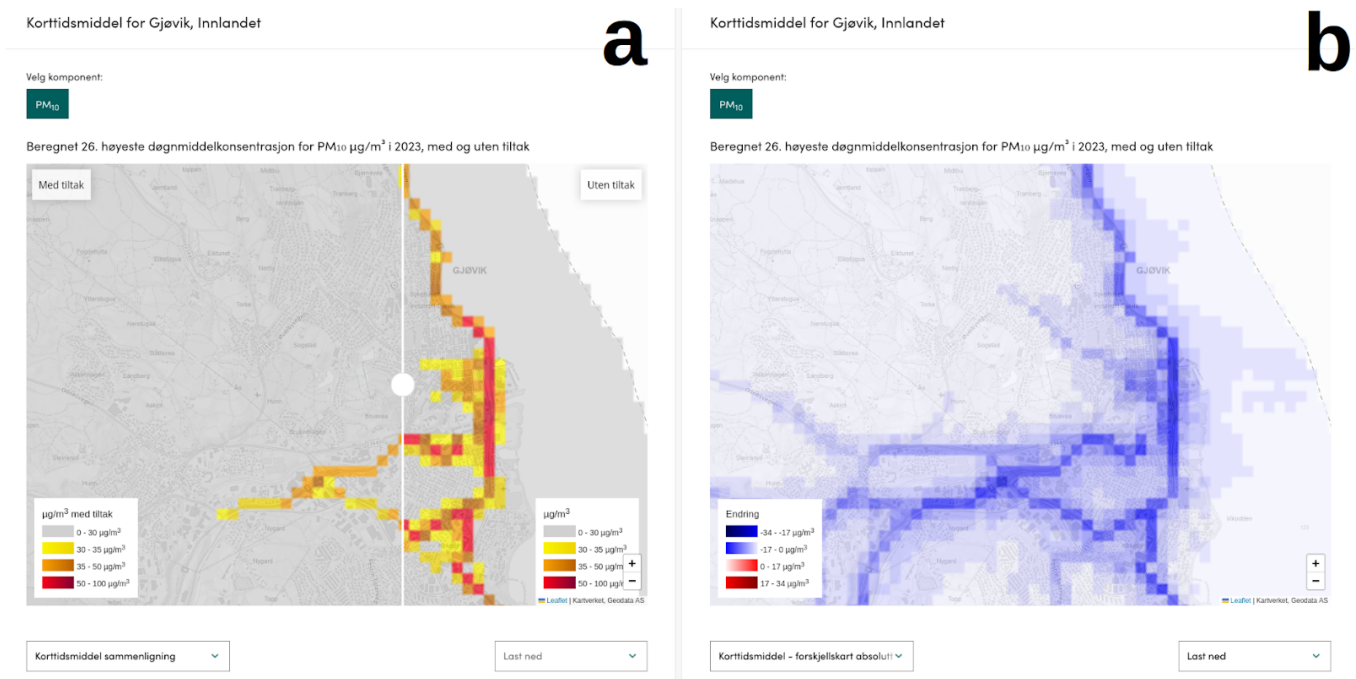
– Skjul utslippsendringer

Figur 1: Eksempel på bruk av tiltakstabellen. Brukeren har valgt to tiltak, “Piggdekkandel, fossilbiler”, “Piggdekkandel, elbiler” og “Piggdekkandel, lange kjøretøyer” og fylt inn tall for nye piggdekkandeler. Brukeren kan også lese hvilke piggdekkandeler som er brukt i de originale beregningene. I tabellen nederst på skjermen vises det automatisk hvor store prosentvise utslippsendringer de valgte tiltakene medfører i hver sektor. I dette tilfellet er det bare sektoren veistøv som påvirkes.

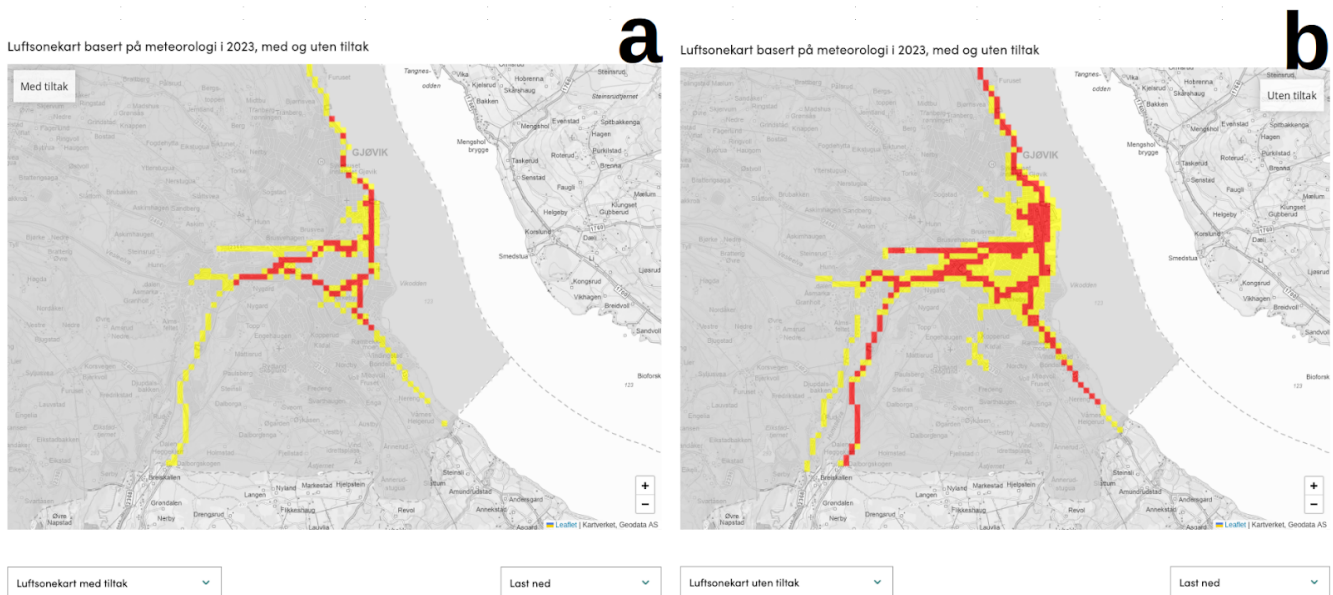
Når man har funnet den kombinasjonen av tiltak man ønsker å studere nærmere, trykker man på knappen “Start beregningen” (man må scrolle ned til bunnen av siden, forbi alle tiltakene, for å finne denne knappen). Da åpnes en side som viser fremdriften til beregningen. Når beregningen er ferdig, noe som typisk tar 1-10 minutter, åpnes automatisk resultatsiden til beregningen. Der vises alle resultatene i Tabell 5 under hverandre.

Disse resultatene vil lagres på en server i minst ett døgn og være tilgjengelige for å vises og lastes ned. Hvis man lukker vinduet eller trykker “Endre tiltak”, er det ikke noen knapp som lar deg komme tilbake til den samme resultatsiden uten å gjøre beregningen på nytt.

Figur 2-4 viser noen eksempler på resultatvisning for en beregning med de tiltakene som blir valgt i Figur 1.



Figur 2: Eksempler på visningen av kart over PM₁₀ korttidsmiddel på resultatsiden til tiltakskalkulatoren: (a) Menyene nede til venstre er satt til “sammenligning”. Man kan da trekke en slider til venstre og høyre. Den delen av kartet som er til venstre for slideren viser konsentrasjonene i beregningen med tiltak, mens området til høyre viser konsentrasjonene i den opprinnelige beregningen (uten tiltak). Siden dette er en interaktiv kombinasjon av to visninger, kan den ikke lastes ned som bildefil. Da må man velge enten “med tiltak” eller “uten tiltak”. (b) Menyene nede til venstre er satt til “forskjellskart absolutt”. Nå vises det hvor stor endring i korttidsmiddelkonsentrasjonen tiltakene medfører for hvert sted på kartet.



Figur 3: Eksempler på visning av luftsonekart på resultatsiden til tiltakskalkulatoren: (a) Luftsonekart for beregningen med tiltak er valgt. (b) Luftsonekart for beregningen uten tiltak (originaldata) er valgt.

Figur 2 illustrerer to av måtene kartene kan visualiseres på, med korttidsmiddel av PM_{10} som eksempel. Med visningen “sammenligning” (Figur 2a) kan man ved å trekke den interaktive slideren til venstre og høyre sammenligne nivået av konsentrasjoner med tiltak med de originale konsentrasjonene. Ved å velge forskjellskartet (Figur 2b) kan man se forskjellen mellom beregningene med og uten tiltak direkte. Fra Figur 2b kan man se at på enkelte steder ved hovedveiene har PM_{10} -konsentrasjonen på 26. verste dag gått ned med bortimot $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figur 3 viser resultatvisningen av luftsonekart (se [Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging](#)). Her har brukeren valgt å vise luftsonekartet med og uten tiltak separat, i stedet for å bruke en slider. Da kan figurene lastes ned som png-filer. Ved å sammenligne de to luftsonekartene kan man se at utbredelsen av både gul og rød sone er betydelig redusert som følge av tiltakene med lavere piggedekandel. Disse kartvisningene skal hjelpe brukeren å se hvilke områder som har mest nytte av bedre luftkvalitet gjennom de valgte tiltakene.

Figur 4 viser resultatvisningen av befolkningseksposering. Ut fra denne kan vi se at som følge av mindre bruk av piggedekk, har antall innbyggere som er eksponert til en årsmiddelkonsentrasjon av PM_{10} over $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gått ned fra 7674 til 4772, og antallet som er eksponert over $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ har gått ned fra 635 til 41. I dette tilfellet var ingen eksponert til over $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i originalsituasjonen, så hele befolkningen er under grenseverdien for PM_{10} årsmiddelkonsentrasjon selv uten tiltak.

Befolkningseksposering for Gjøvik, Innlandet

Velg komponent:

 PM₁₀
 NO₂
 PM_{2,5}

Velg visning:

 Graf
 Tabell
Beregnet befolkningseksposering for PM₁₀ i 2023, med og uten tiltak

Konsentrasjon µg/ m ³	Med tiltak	Uten tiltak
>=0	30603	30603
>=5	24029	24625
>=10	4772	7674
>=15	41	635

Last ned



Figur 4: Eksempel på visning av befolkningseksposering på resultatsiden til tiltakskalkulatoren: Her sammenlignes eksponeringen i beregningene med og uten tiltak. For ulike nivåer av konsentrasjon vises det hvor mange personer i kommunen som er eksponert for årsmiddelkonsentrasjoner som overskrider disse nivåene (på bostedsadressen, NB: befolkningsdata er for år 2017). Her har brukeren valgt tabellvisning i stedet for graf for å lettere kunne se de små tallene på antall eksponerte for de høyeste konsentrasjonene.