

Trafikksikkerhet for automatiserte kjøretøy



— 70 years —
1950-2020

SMARTFEEDER: Erfaringer fra norske piloter med selvkjørende busser

Seniorforsker Gunnar Deinboll Jensen , PhD
SINTEF Digitalisering I Transport (DiT)

Hva lurte vi på i 2016?

- I innstilling fra transport- og kommunikasjonskomiteen om Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy (Stortinget Innst. 32 L (2017–2018) står det:

Loven og tilhørende forskrift skal blant annet sikre at slik utprøving skjer gradvis, i takt med teknologiutviklingen og innenfor rammer som ivaretar trafikksikkerhet og personvern.

Formålet er å avdekke hvilke effekter selvkjørende kjøretøy kan ha for trafikksikkerhet, effektivitet i trafikkavviklingen, mobilitet og miljø.

- Det er gjort få studier omkring sikkerhetseffekter av automatiserte kjøretøy. Slik sett gir denne rapporten et viktig bidrag til å fylle kunnskapshull og gi den kunnskapsbyggingen Stortinget ønsket ved innføring av lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy.

Forventninger

(Pink et.al 2015)

- **Trafikksikkerhet**

- *ingen gjør feil, Ingen sovner ved rattet*
- *Ingen kjører i ruset tilstand, Ingen kjører for fort, - fjerner lovbyggere*
- *Ingen blir distraheret eller uoppmerksom*

Bedre tilbud – Mobilitet

- *Økt frekvens- tilgjengelighet, kostnader, Dør til dør, eldre, funksjonshemmede*

Miljø

- *Ride sharing,, færre biler frigjøre, elektrisk parkeringsareal, redusere rCO2 utslipp*

- **Trafikkavvikling**

- Optimalisering, mindre trafikk



Skeptikere

(Dixit, Chand & Nair 2016, Moyer 2017)

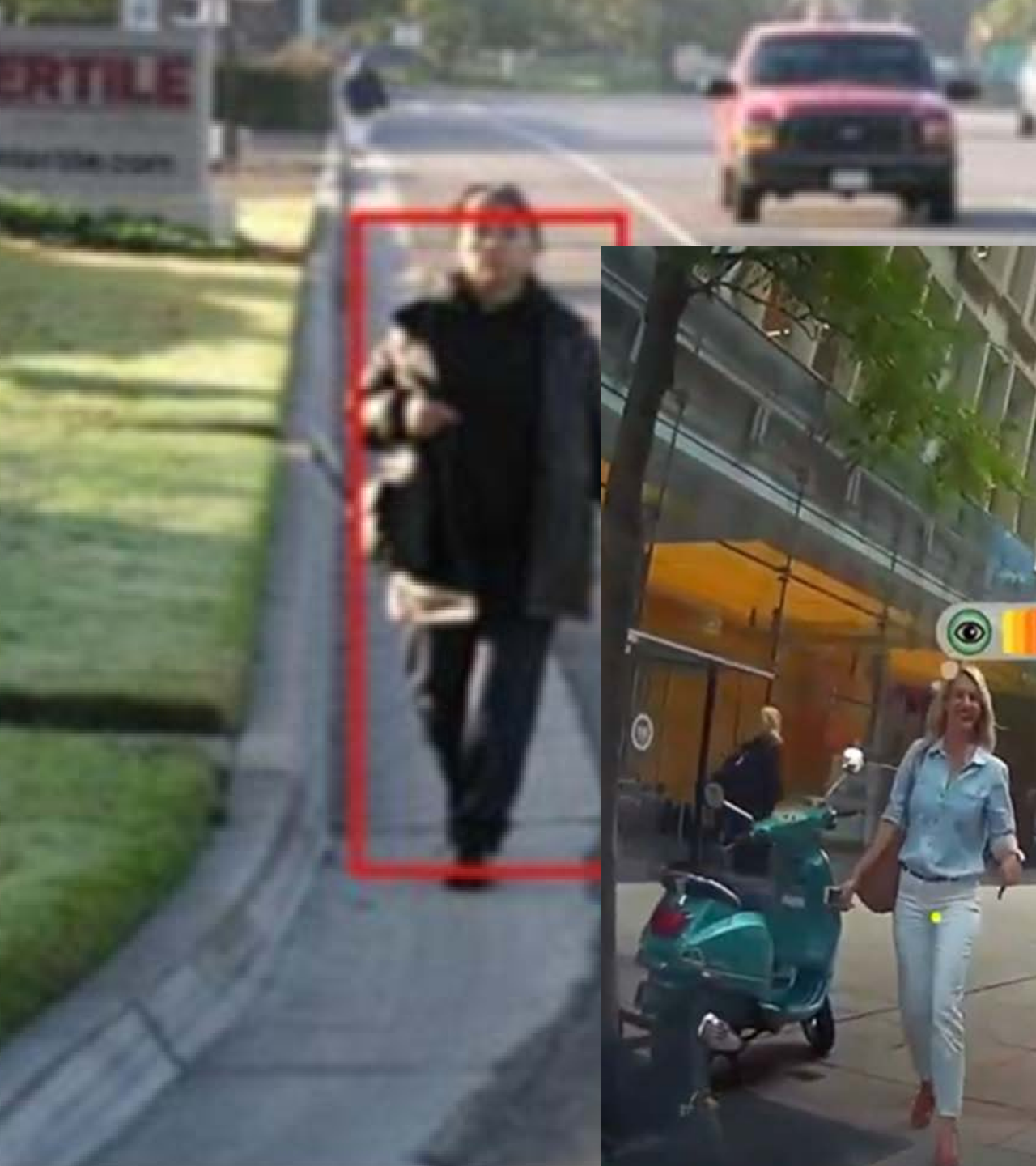
Automatisering kan skape nye typer ulykker

1. Feil med teknologien
2. Feil ved Software
-evne til å tolke omgivelsene



The self-driving car is a marvel doomed by unpredictable humans

D.Burnet, The Guardian Feb.2019



Forventninger

Operational Design Domain (ODD)



Utfordringer

Skaderisiko

- Antall drepte eller skadde pr mill. personkilometer

Tilstrekkelig eksponering ?

- Gode tall for person km med den nye teknologien

I tillegg er teknologien i stadig endring

- Det kan både forbedre risiko og tilføre ny risiko tilknyttet endringer ved teknologien

En pilot er ikke vellykket om den ikke avdekker svakheter

Premisser

- Kjøretøyene har operert med begrenset hastighet (inntil 16 km/t)
- Trafikkreguleringer har gitt den selvkjørende minibussen forkjørsrett i en del kryss
- Det har vært en operatør om bord for å ivareta sikkerhet og overta manuell styring ved behov



Tabell 3. Ulike typer hendelser som ble analysert

Hendelse type	Forklaring
<u>obstacle emergency stop</u>	Lidar detekterer noe
<u>button emergency stop</u>	Rød stoppknapp på veggen. Brukes også når man forlater kjøretøyet
soft stop	Bremseknapp på operatørskjerm (for annen trafikk)
<u>manual switch</u>	Fysisk bryter autonom/manuell kjøring

TRAFIKKSIKKERHET

Matriellskadeulykker
Personskadeulykker
Sekundærulykker
Effekt på andre trafikanter

SmartFeeder Data fra bussen selv
Autobus Data fra video utenfra

Datakilder

- Data fra de selvkjørende bussene
- Intervju med sikkerhetsfører
(Bussvert, Operatør ombord)
- Intervju med operatørselskap
- Intervju med tjenestetilbyder
- Innsyn i forsikrings saker
- Brukerintervju, brukerundersøkelser
- Deltakende observasjon

Samhandling med andre trafikanter

- I flere av pilotene har bussoperatørene rapportert om uheldige forbikjøringer utført av andre bilister
- Syklister, el-sparkesykler som leker med , framprovoserer bråstopp
- Ikke større sikkerhetsrisiko enn saktegående feiemaskin
- Vil normaliseres etter hvert som hastigheten øker fra 16km/t opp mot 30km/t





God trafiksikkerhet

- **Foruspiloten:** ikke registrert ulykker eller alvorlige hendelser.
- **Fornebu:** En varebil rygget på den automatiserte bussen som sto stille. Det ga mindre materielle skader.
- **Gjøvik:** Mekaniske problemer med tre havarier der differensialen sviktet.
- **Kongsberg** har det også vært materielle problemer med fire havarier av differensialen (foran og bak på begge busser).
- **I Oslo (Ruter)** er det rapportert påkjørsel av taxi under kjøring i manuell modus med mindre materielle skader. Taxien er tildelt skyld i uhellet.



Andre erfaringer

tilsynelatende umotivert stans som kommer overraskende på passasjerer og trafikanter (gående, syklende, bilførere).

- **Møtende bil kan gi bråstopp** eller myk nedbremsing (softstopp)
- **Vegetasjon, lysmaster og trær nær vegen** medføre at bussen stopper.

Sikker tilstand (fallback)

Bussene er avhengig av en digital infrastruktur for å kunne operere

- De selvkjørende minibussene må kobles opp mot en sentral dataservert både for å kunne starte og for å kunne fortsette å kjøre. Kommunikasjon skjer via 4G på mobilnettet.
- Dersom kommunikasjonen blir avbrutt stanser bussen etter en stund. Ifølge leverandører av selvkjørende minibusser er dette en sikkerhetsanordning.

TRAFIKKSIKKERHET

Internasjonale erfaringer

Mange piloter verden over

Piloter med Nivå 4 buss

	Duration			
Ongoing Pilots in the EU				
Bad Birnbach, Germany October 2017–2018	6 months			
Berlin, Germany March 2018	24 months			
Fribourg, Switzerland, 2017	August 2017 onwards			
Château de Vincennes, Paris, France 2017–2018	12 months			
Helsinki, Finland 2016–2018	24 months			
La Defense, Paris, France July–December 2017	6 months			
Renningen, Germany 2018	N/A	N/A	1200 m	Inhabitants
Saclay, France February–March 2018	2 months	20 per day	2500 m	Inhabitants
Sion, Switzerland, 2016–2018	24 months	60,000 per pilot	1500 m	Visitors
Stockholm, Sweden January–June 2018	6 months	150 per day	2000 m	Inhabitants
Toulouse, France Dec 2017–May 2018	6 months	100 per day	1160 m	Inhabitants
Wageningen, The Netherlands 2016–2019	48 months	N/A	200 m–4000 m	N/A
Completed Pilots in the EU				
La Rochelle, France, December 2014–April 2015	4 months	14,660 per pilot	1900 m	N/A
Tallinn, Estonia, 2017	3 months	Around 10,000	800 m	Inhabitants and Visitors
Lausanne, Switzerland, 2015	4.5 months	7000 per pilot	1500 m	Inhabitants
Oristano, Italy, July 2014–September 2014	2 months	2580 per pilot	1300 m	N/A
San Sebastian, Spain 2016	3 months	2750 per pilot	1200 m	Inhabitants

Piloter i EU og resten av verden

	Duration	Passengers	Travel Distance	Target Group
Sophia Antipolis, France, February 2016–March 2016	2 months	4059 Per pilot	1000 m	Inhabitants
Trikala, Greece, 2015–2016	3–5 months	12,100 per pilot	2800 m	N/A
Vantaa, Finland, May 2015–August 2015	4 months	19,000 per pilot	900 m	Visitors
Leipzig, Germany, 2016	1–5 months	400 per pilot	1600 m	Inhabitants
Lyon, France October 2016–December 2017	14 months	N/A	1350 m	Inhabitants
Michelin Research Center, France, 2016	6 months	3000 per pilot	1000 m	Inhabitants
Toulouse, France 2017	3 months	3210 per pilot	340 m	N/A
Rest of the World				
Bad Birnbach, Germany October 2017–2018	6 months	50 per day	700 m	Inhabitants
Berlin, Germany March 2018	24 months	N/A	1900 m	Inhabitants
Fribourg, Switzerland, 2017	August 2017 onwards	N/A	1300 m	Inhabitants
Château de Vincennes, Paris, France 2017–2018	12 months	200 per day	1880 m	Visitors
Helsinki, Finland 2016–2018	24 months	5600 per pilot	1000 m–3000 m	Inhabitants
La Defense, Paris, France July–December 2017	6 months	N/A	N/A	Inhabitants
Renningen, Germany 2018	N/A	N/A	1200 m	Inhabitants
Saclay, France February–March 2018	2 months	20 per day	2500 m	Inhabitants
Sion, Switzerland, 2016–2018	24 months	60,000 per pilot	1500 m	Visitors
Stockholm, Sweden January–June 2018	6 months	150 per day	2000 m	Inhabitants
Toulouse, France December 2017–May 2018	6 months	100 per day	1160 m	Inhabitants
Wageningen, The Netherlands 2016–2019	48 months	N/A	200 m–4000 m	N/A

Ulykker og hendelser:

Fixed-track shuttle buses (nivå 4)

Den selvkjørende bussen i Las Vegas stod helt i ro når den ble rygget inn i av en lastebil. Den selvkjørende bussen kunne "se" at lastebilen rygget.

- Mangler program for å varsle med hornet
- Har ikke skript for selv å rygge unna, unngå kollisjon

Self-operating shuttle bus crashes after Las Vegas launch



Ulykker og hendelser:

Fixed-Track shuttle buses (nivå 4)

- Kolliderte med parkert bil som hadde bakluka åpen
- Lidar oppløsning for lav

Swiss driverless bus trial suspended after crash

Sensor Resolution



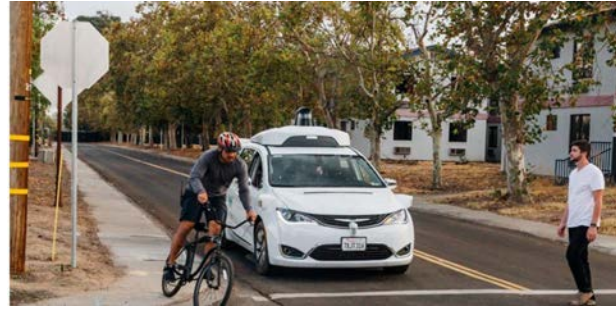
Photo: PostBus



Teknologisk modenhet

- Ennå ikke godkjent til å håndtere kryss og rundkjøringer
- Fixed-Track Autonomy
- Tåler avvik på 30cm til hver side
- Kan ikke kjøre rundt hindringer
- Stopper for alle hindringer

Trender



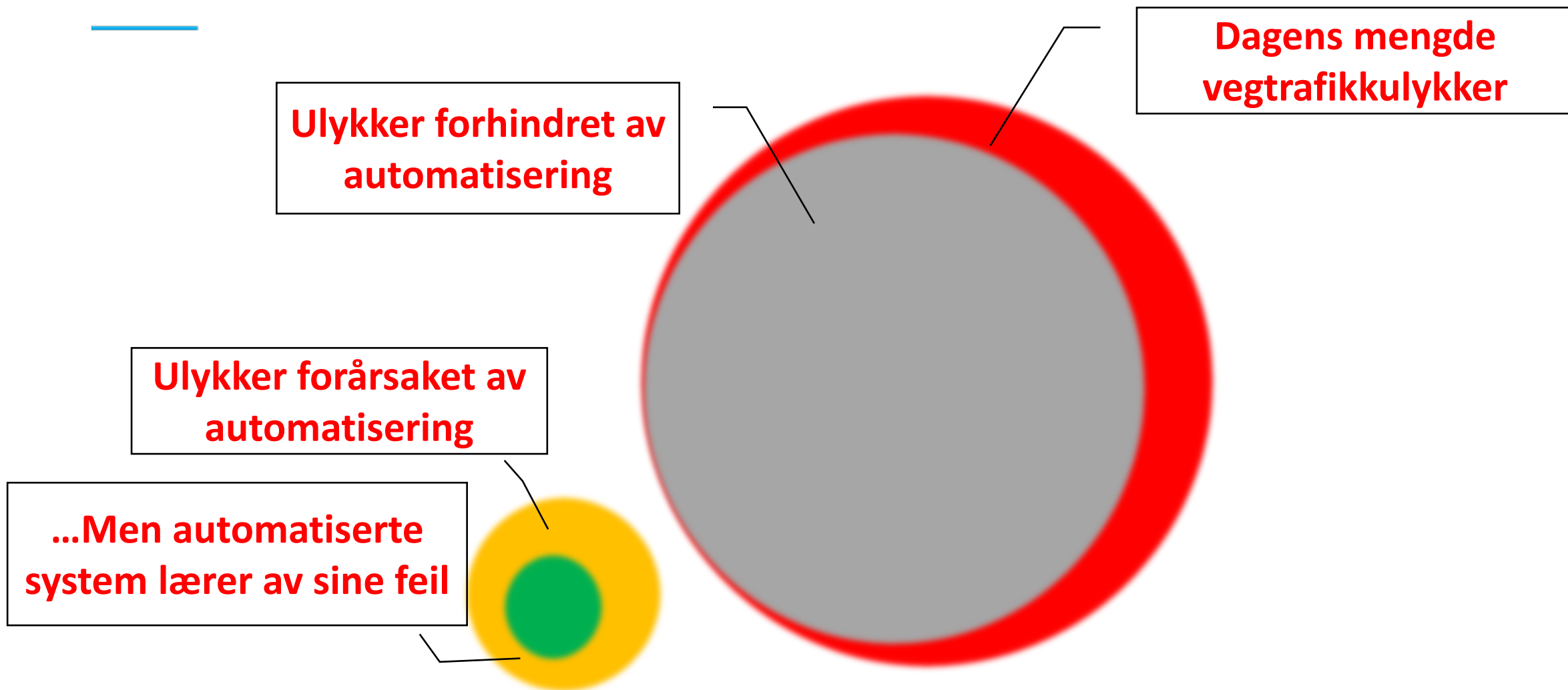
Det er i dag to trender innen utvikling av selvkjørende kjøretøy for persontransport:

- a) Utvikling av **automatiserte personbiler (privat mobilitet).**
- b) Utvikling av **automatiserte robotaxi's, minibusser og busser (kollektiv mobilitet).**

begge utviklingsløpene har som mål å utvikle høyt automatiserte kjøretøy, men de har ulikt fokus og er på ulike utviklingsnivå.



Risiko nivå med høyt automatiserte kjøretøy



Konklusjoner

Nivå 4,-Med bussvert

- Omfattende pilotering i Norge med automatiserte busser viser at det til tross for betydelig eksponering i trafikk ikke har vært alvorlige hendelser.
- Det har det heller ikke vært internasjonalt med denne typen selvkjørende minibusser.



—— 70 år ——
1950-2020

Teknologi for et bedre samfunn