



Statens vegvesen

3. April 2019: ITS Arena Fagseminar

GNSS for C-ITS

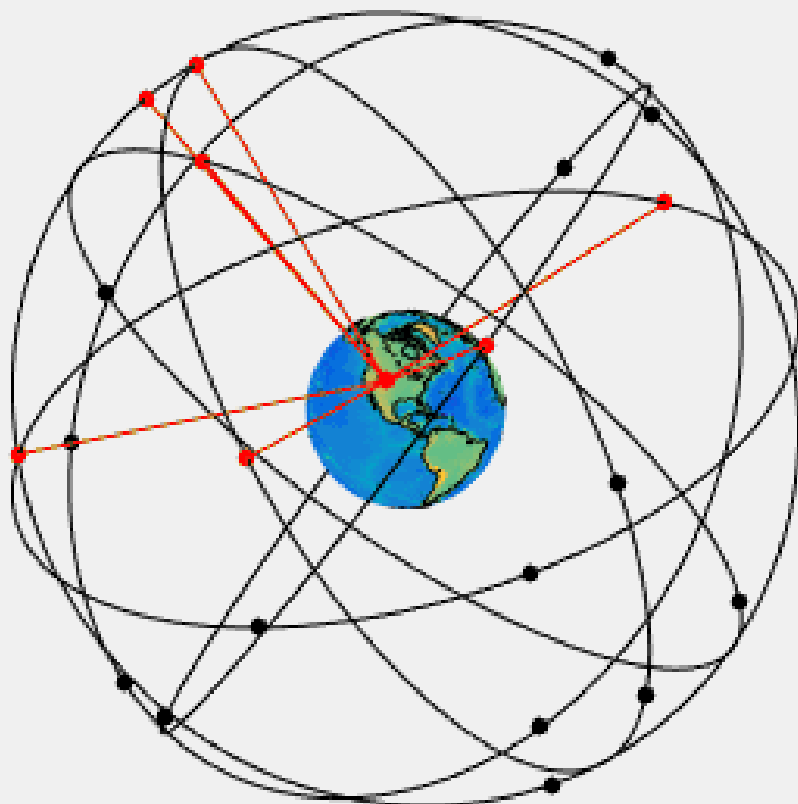
Trond Arve Haakonsen

- Hva er GNSS?
- Dynamisk referanseramme
- Absolutt og relativ posisjonering
- Resultater fra noen forsøk
- Noen refleksjoner fra en geodet underveis.....

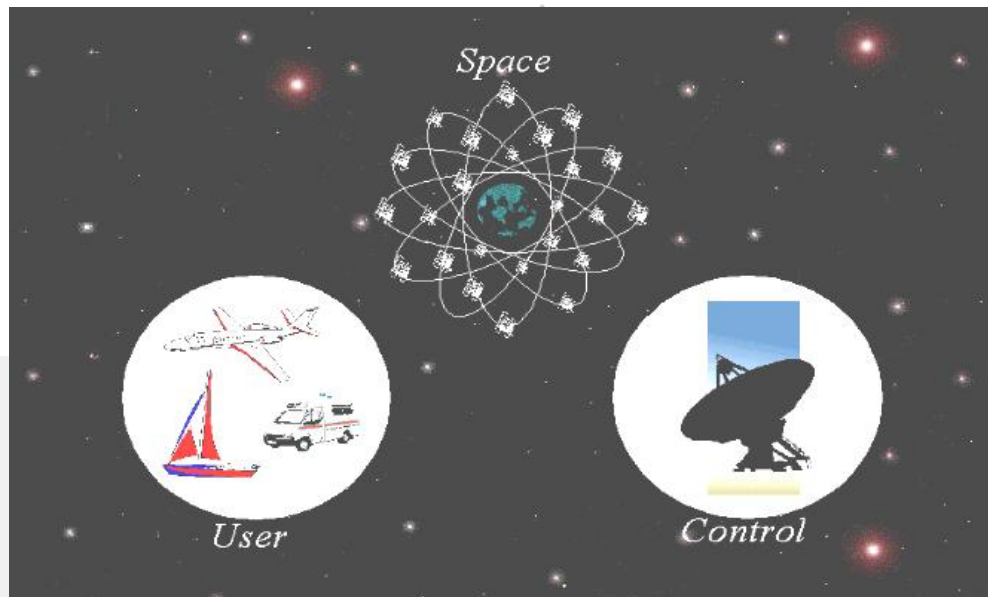
Målt posisjon må stemme med kartet

GNSS \geq GPS

Global Navigation Satellite Systems



7 visible satellites



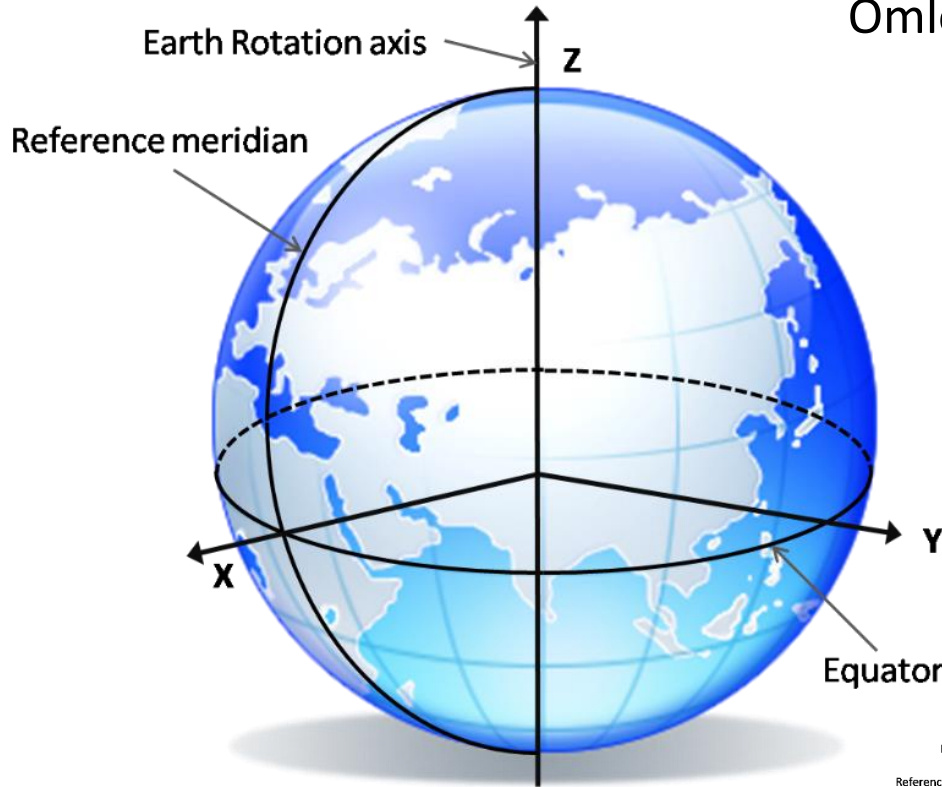
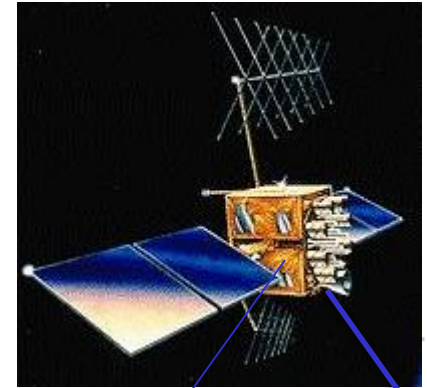
(Kartverkets PGS)

2020 😊

GNSS: 40-50 av 120
“målbare” satellitter
ved fri sikt.

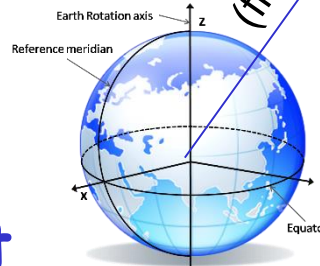
WGS84: GPS' dynamiske 4D-referanseramme

GPS Block2R \approx 1500kg
Omløpstid \approx 12 timer



$R = 6390 + 20200 \approx 27000\text{km}$
(fra Jordsentrum til satellittene)

$v = ? \text{ m/s}$



Satellittenes koordinater
kjente for ethvert tidspunkt

Hvordan definere entydig koordinatsystem?



Statens vegvesen

når jordskorpa er i kontinuerlig bevægelse

Age of Oceanic Lithosphere (m.y.)

Data source:

Muller, R.D., M. Sdrolias, C. Gaina, and W.R. Roest 2008. Age, spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 9, Q04006, doi:10.1029/2007GC001743.

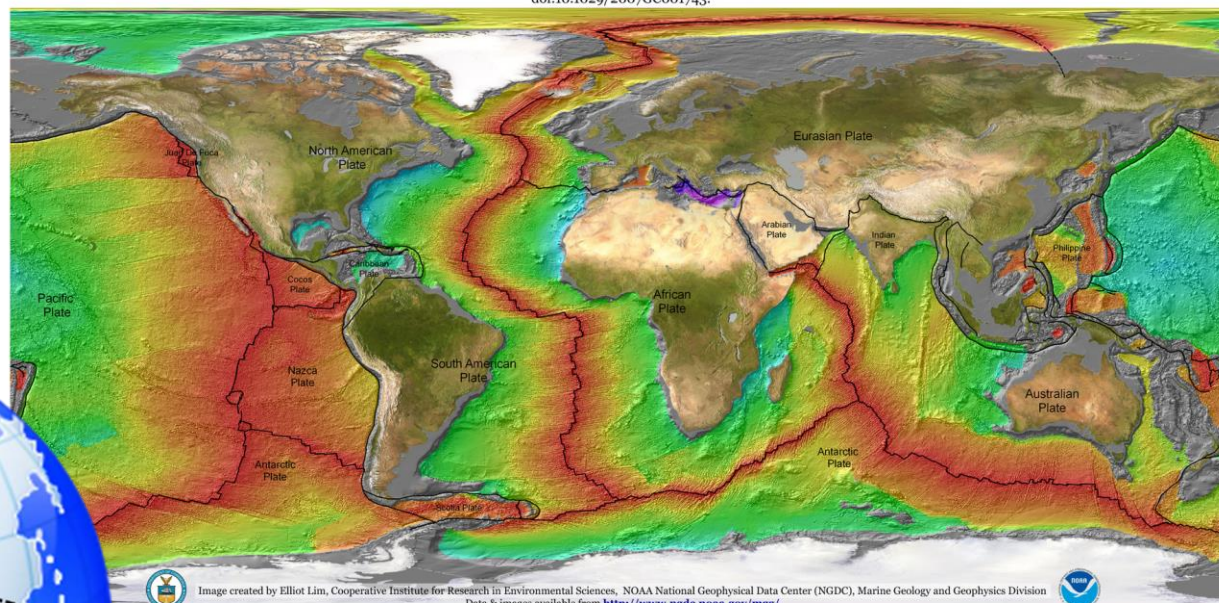
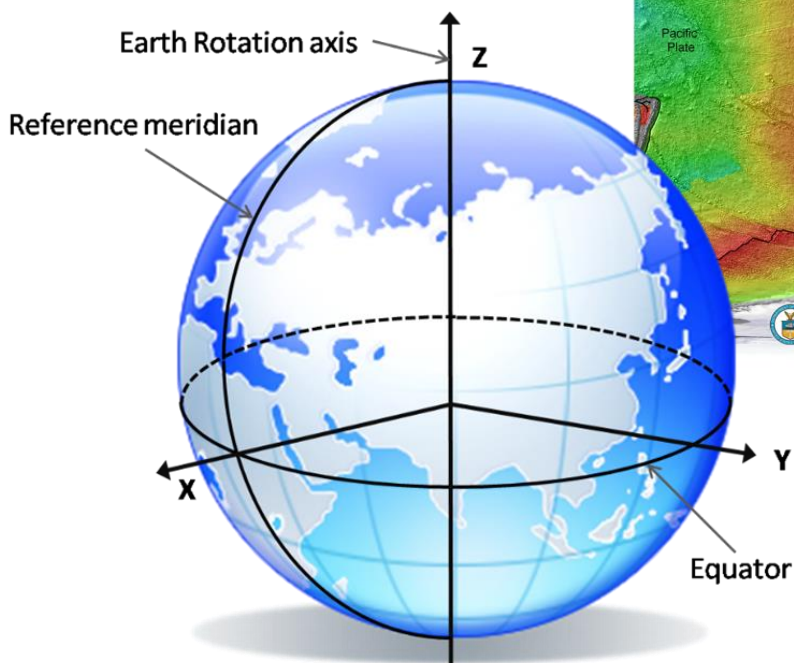


Image created by Elliot Lin, Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, NOAA National Geophysical Data Center (NGDC), Marine Geology and Geophysics Division
Data & images available from <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/>



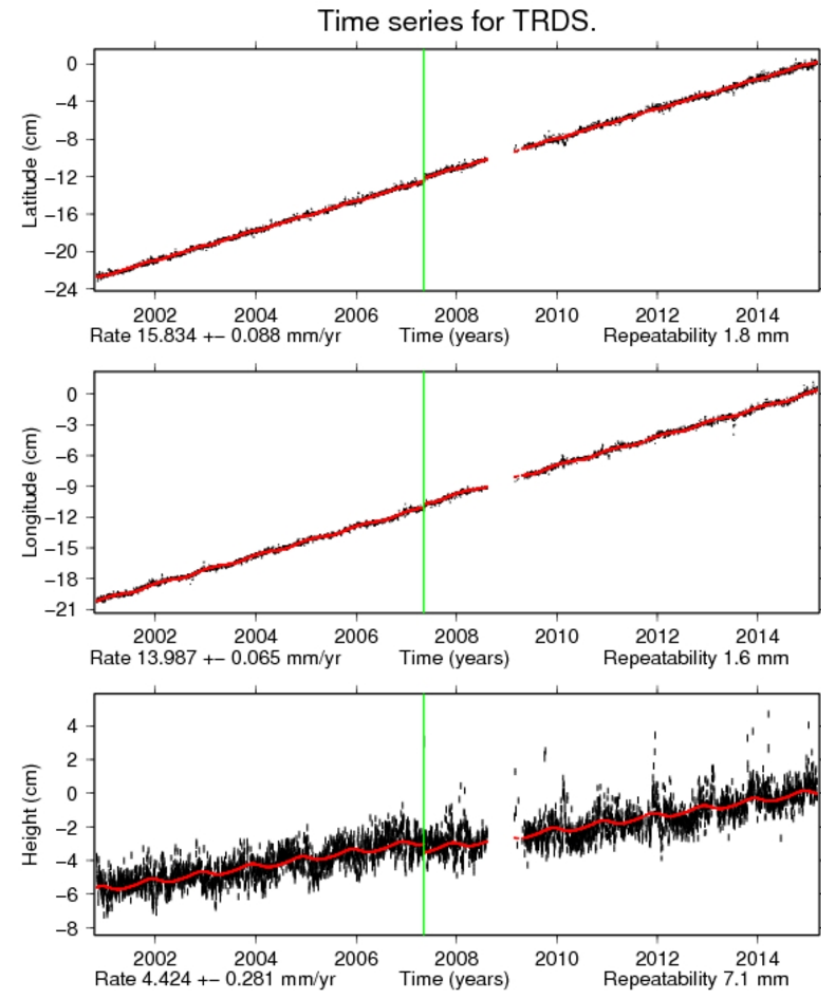
Løsning:
Betrakte og måle jorda
fra verdensrommet



3D coordinate time series (24h averages)

Station velocities:

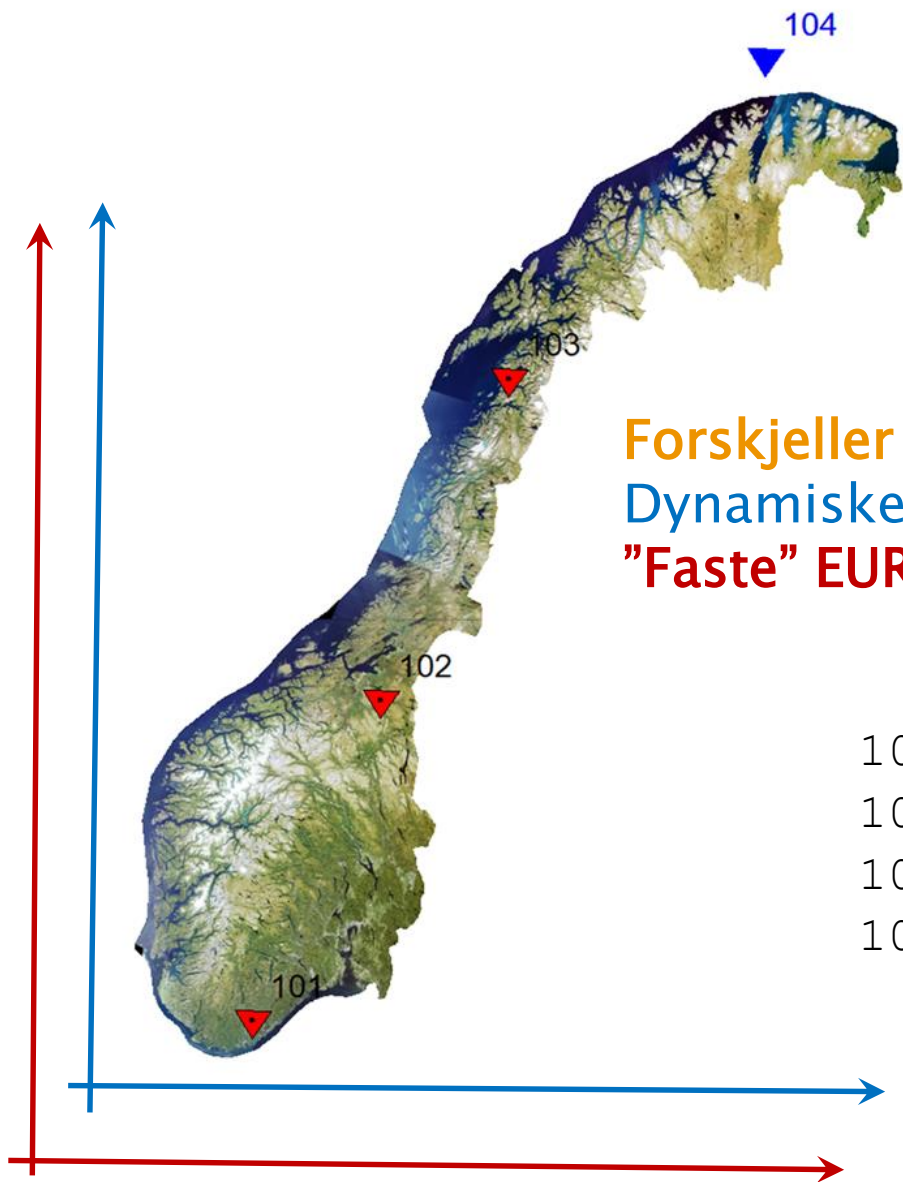
North: 15.8 mm/yr
 East: 14.0 mm/yr
 Height: 4.4 mm/yr



} Station coordinate changes in Trondheim per year.



Statens vegvesen



Forskjeller i UTM33:
Dynamiske WGS84, 1.juli 2018, og
"Faste" EUREF1989, 1.jan.1989

	ΔN	ΔE
101	0.48m	0.48m
102	0.51m	0.43m
103	0.53m	0.38m
104	0.55m	0.36m

Kart i dynamisk ramme til ITS-formål?

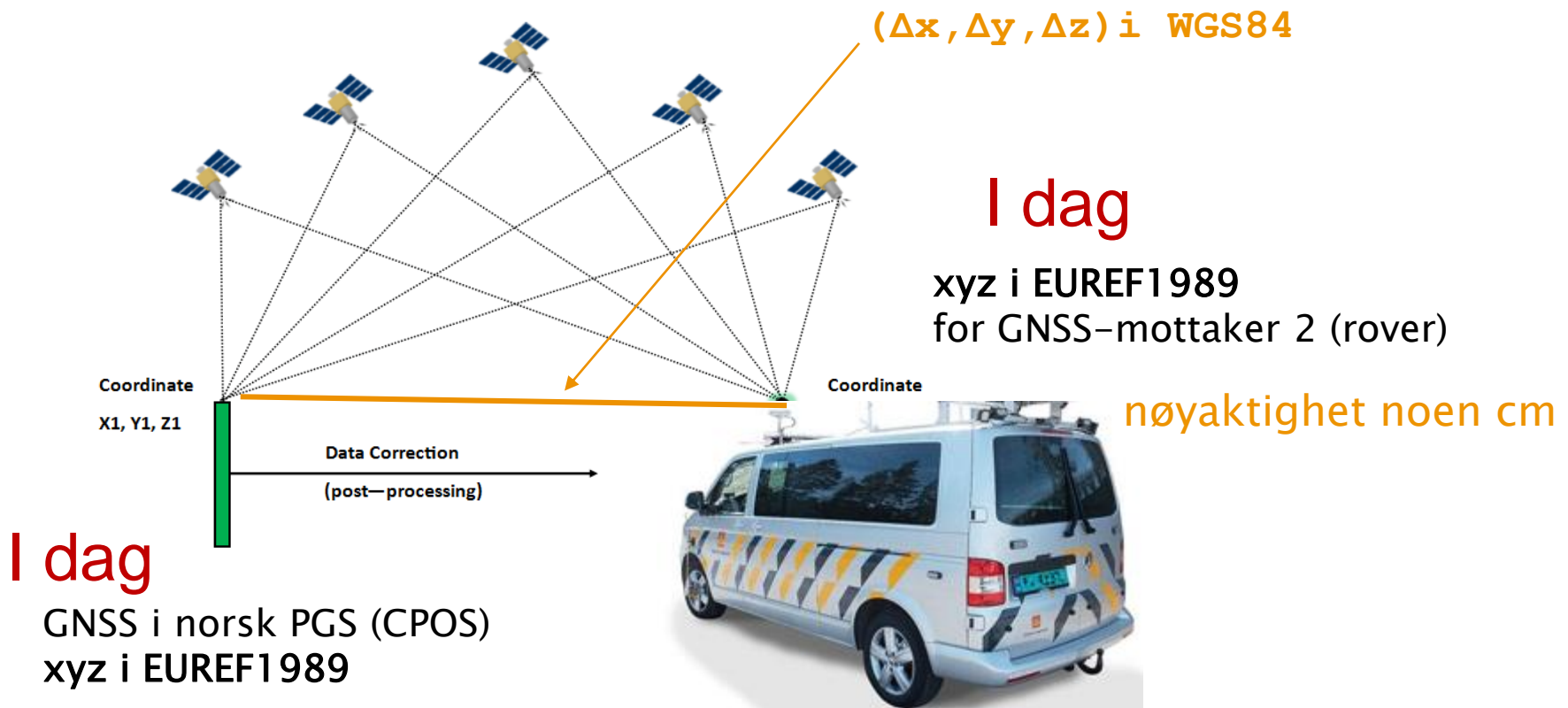
Geomatikkens bidrag til ITS

Tiltak i Handlingsplanen nasjonal geodatastrategi



Prinsippet dGNSS i NRTK

Utnytter at to GNSS nær hverandre har like forstyrrelser

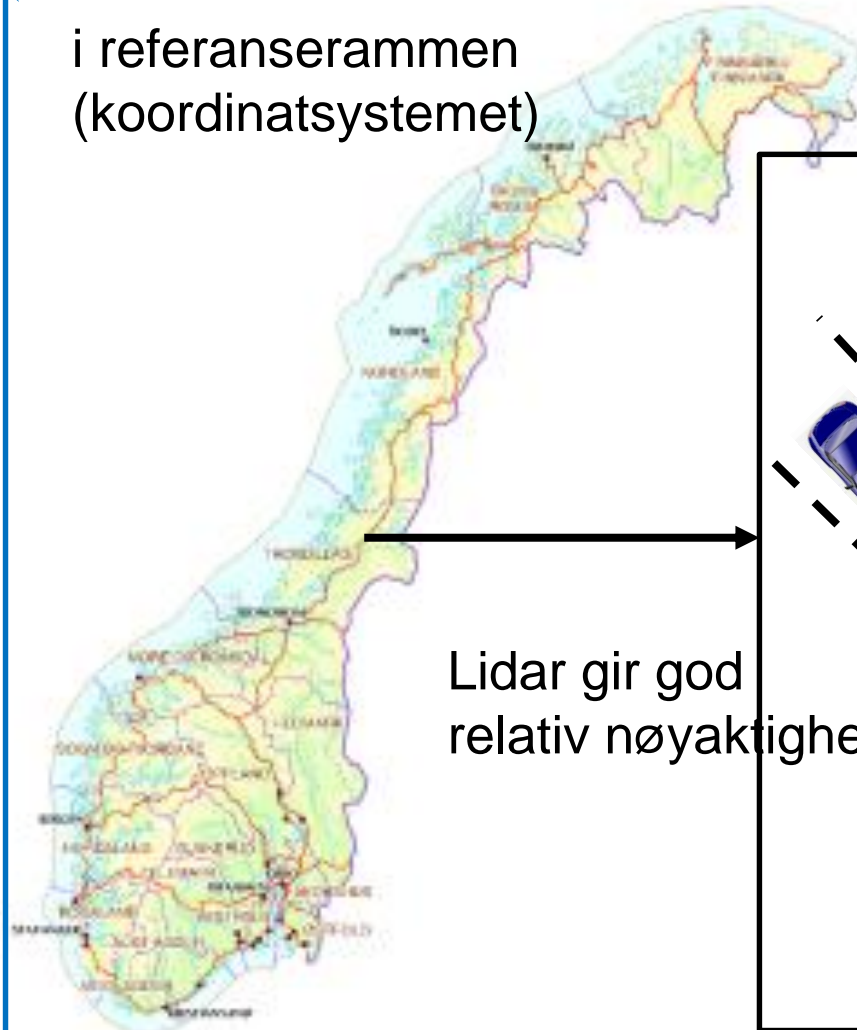




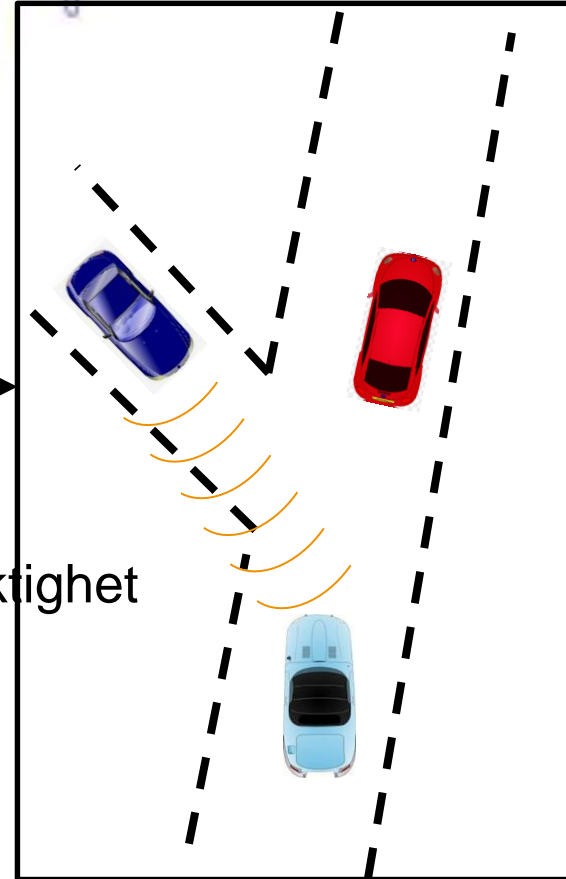
Statens vegvesen

Absolutt(global) og relativ nøyaktighet

i referanserammen
(koordinatsystemet)



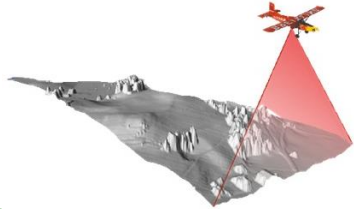
Lidar gir god
relativ nøyaktighet



Plattformer for datafangst, sensorer: GNSS, IMU, skanner, kamera, ... => 3D-punktsky kan lagres i terrenngkoordinater



Statens vegvesen



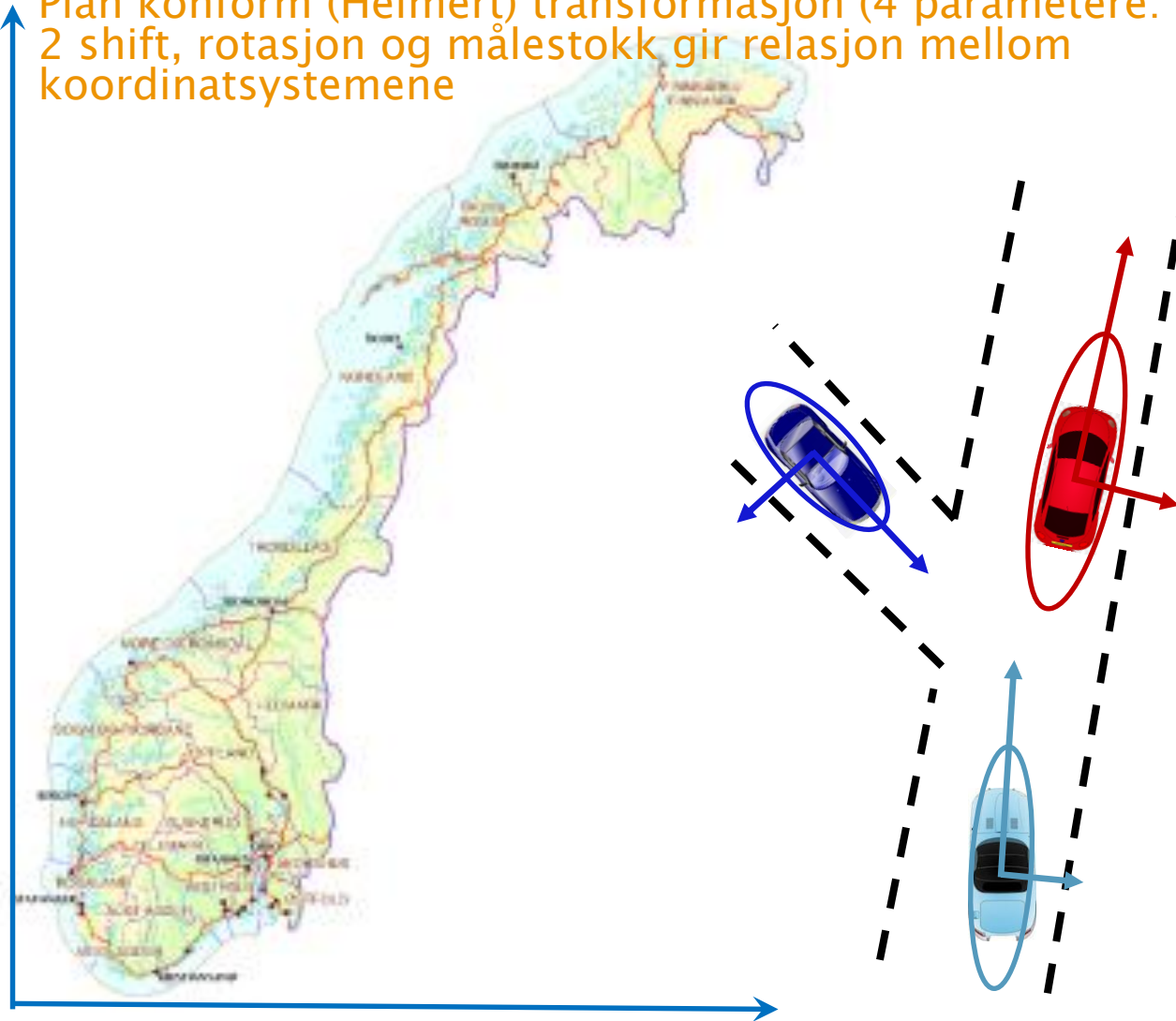
<https://youtu.be/bsld17WzRA0>

Absolutt nøyaktighet: feilellipse (95% 2D-konfidensintervall)



Statens vegvesen

Plan konform (Helmert) transformasjon (4 parametere: 2 shift, rotasjon og målestokk gir relasjon mellom koordinatsystemene)



Behøves god absolutt nøyaktighet?

C-ITS: Hvilke muligheter gir alle kjøretøys posisjon og hastighet “i skyen, i sanntid”!



Statens vegvesen

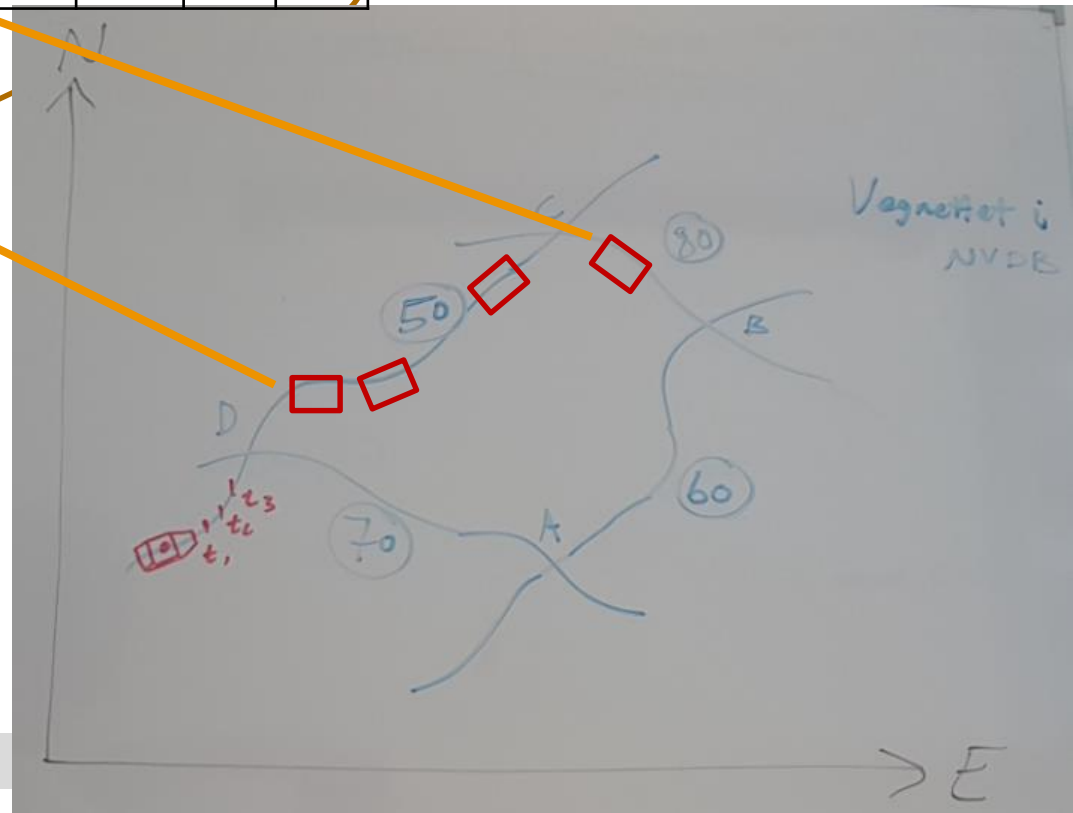
ID	Date	Time (s)	Point	North	East	V_N	V_E
XN37405	20180523	12:00:01	1	N_1	E_1	V_{N1}	V_{E1}
	:	12:00:02	2	N_2	E_2	V_{N2}	V_{E2}
		.	:	:	:	:	:
VD12345							
		:		:	:	:	:

Ruteberegning

Kan beregne *reell hastighet* for alle strekninger i “sann tid”
....eller *forsinkelsesparametre*

Trafikkflyt og sikkerhet

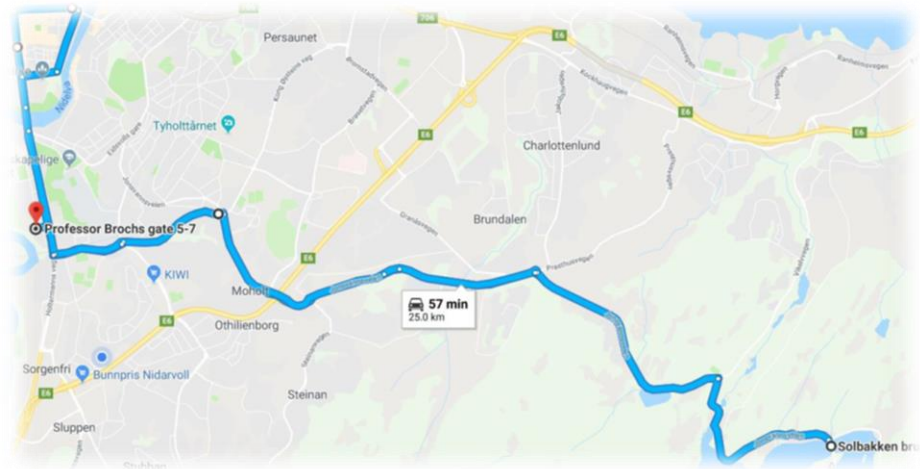
- Krasj-alarm i bymiljø?





Resultater: Prosjekt- og masteroppgaver

Bilder fra Eirik Oppedal sin masteroppgave!



<https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2563151>

<https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2562640>

<https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2563079>

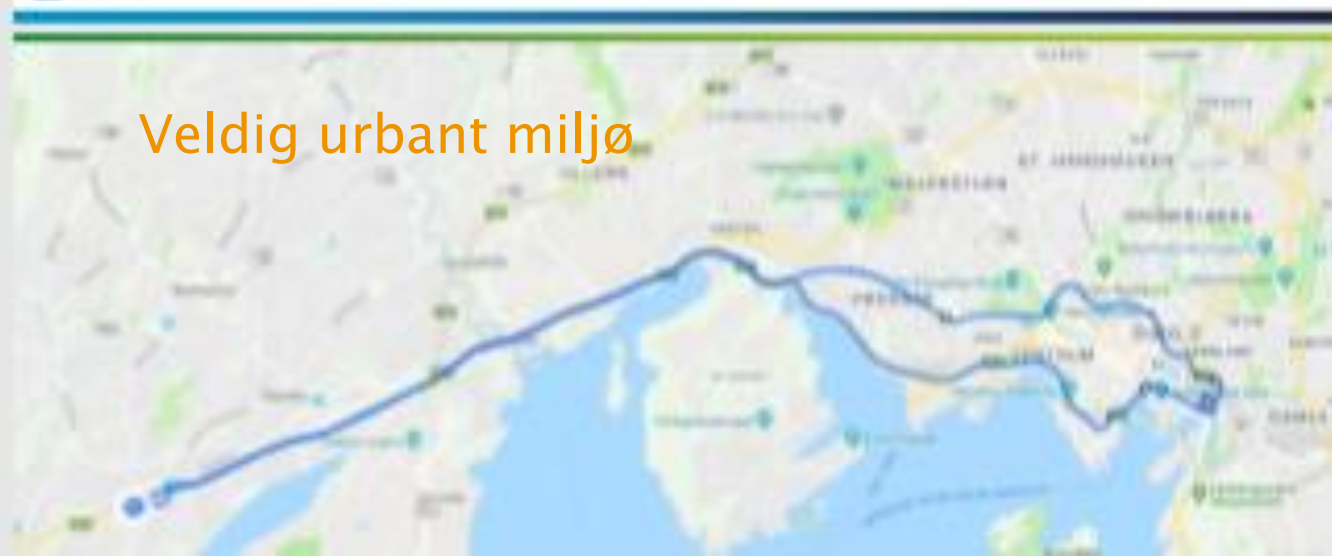
Vegnettet: dGNSS < 10cm 90% av tiden

C-ITS og automatiserte transporter

Rapport: Posisjonering i fart



Statens vegvesen

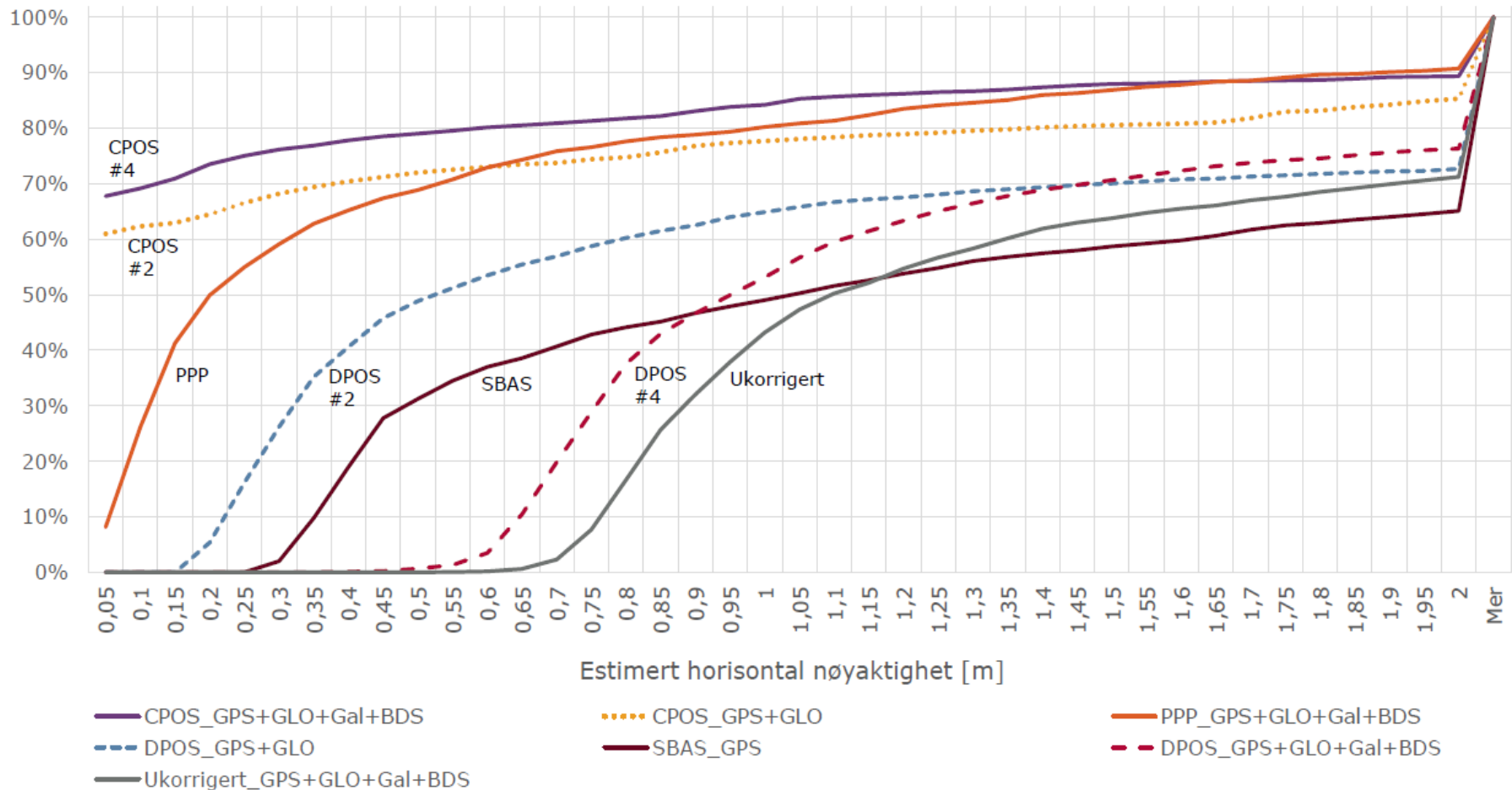




Hovekonklusjon:

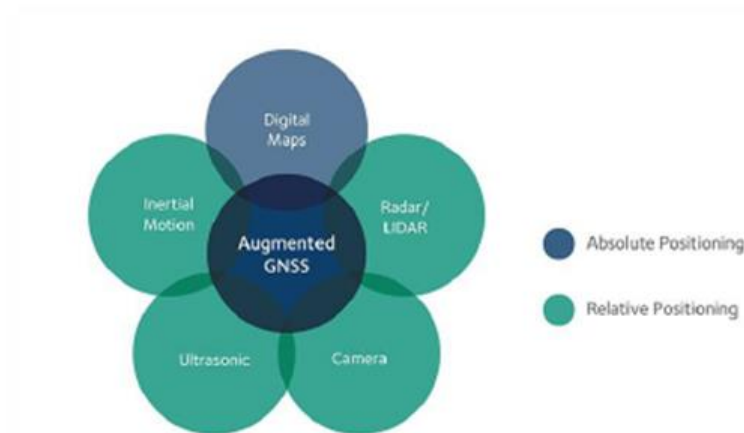
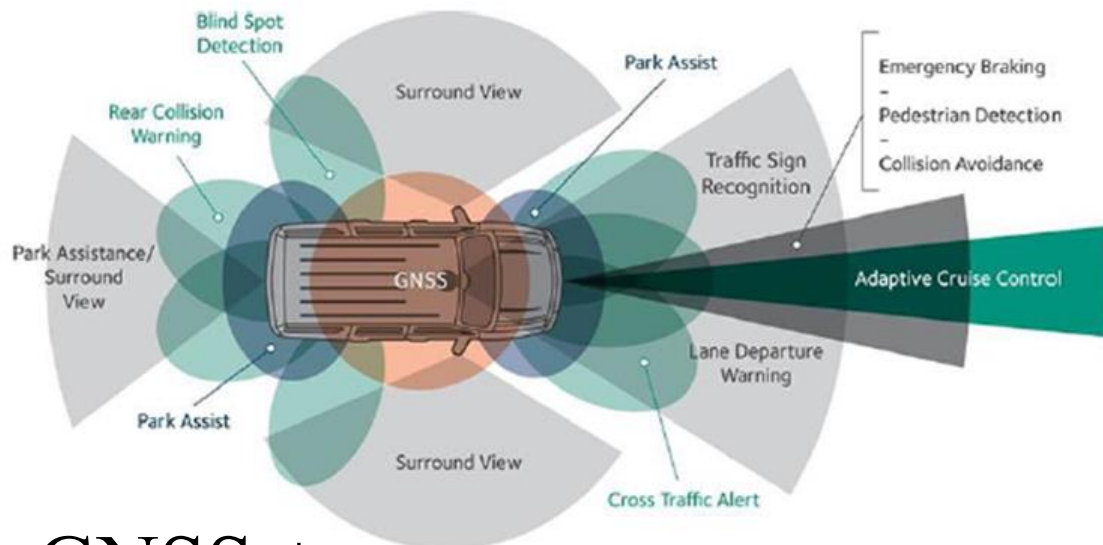
Kan ikke posisjonere kun med GNSS

Estimert horisontal nøyaktighet, kumulativ fordeling



Automatiserte kjøretøy

ITS



GNSS + ...

- Geodata (vegnett)
- Lidar/laserskanner
- IMU/INS
- radar
- odometer
- kamera

Eatblere FASIT-trajectory

Hvorfor vil vi fortsette samarbeidet med Kartverket?

- Kartverket har ansvaret for posisjonering i Norge
- Gjennom samarbeidsprosjekter:
 - Skaper forståelse for brukerperspektivet
 - Bygger vi felles kompetanse
 - Gir fruktbart samarbeid med geomatikk-miljøene på NMBU og NTNU + masterstud. 😊 (forståelse for Svv's FoU-oppgaver)



NRTK-CPOS

- Virtual Reference Station (VRS);
 - bi-directional communication
 - Computations in the control center
- Multi-Reference Station (MRS);
Passer MRS bedre for kjøretøy i bevegelse?
- Master Auxiliary (MAC or MAX).





	Nøyaktighet σ (STATISK, gode forhold)			Statens vegvesen
Signalutnyttelse	Satellitt-avstand	2D-enkelpunkt-bestemmelse	Sanntids-GNSS (2D) (minst 2 mottakere)	Cirka-priser 2019
Kode	\approx 5-10 m	1 - 15m	0.5m	Kr 100,- ->
Fase	Noen få cm	PPP(få cm)	1-2 cm	Kr 100.000,- ->

Prisutvikling multifrekvent GNSS i NOK

