



TOMMY SARNES – SENIORINGENIØR BYGG, FORSVARSBYGG EF
GARDERMOEN 01.12.2022

Tolkninger av nedbøyningsmålinger –
Trondheim Lufthavn Værnes

Bæreevnemåling (PCN) – HWD vs TSD
Erfaringer fra målinger på Værnes 2021/2022



Evalueringen gjelder:

Erfaringer mellom to teknologier for belastningsmålinger og innhenting av data til bruk i vurderingen av bæreevne på flyoperative flater (PCN).

Målinger fra 2021 ved; (September)

- 3D GEO-radar (GPR) fra Terratech
- HWD fra SWECO AS

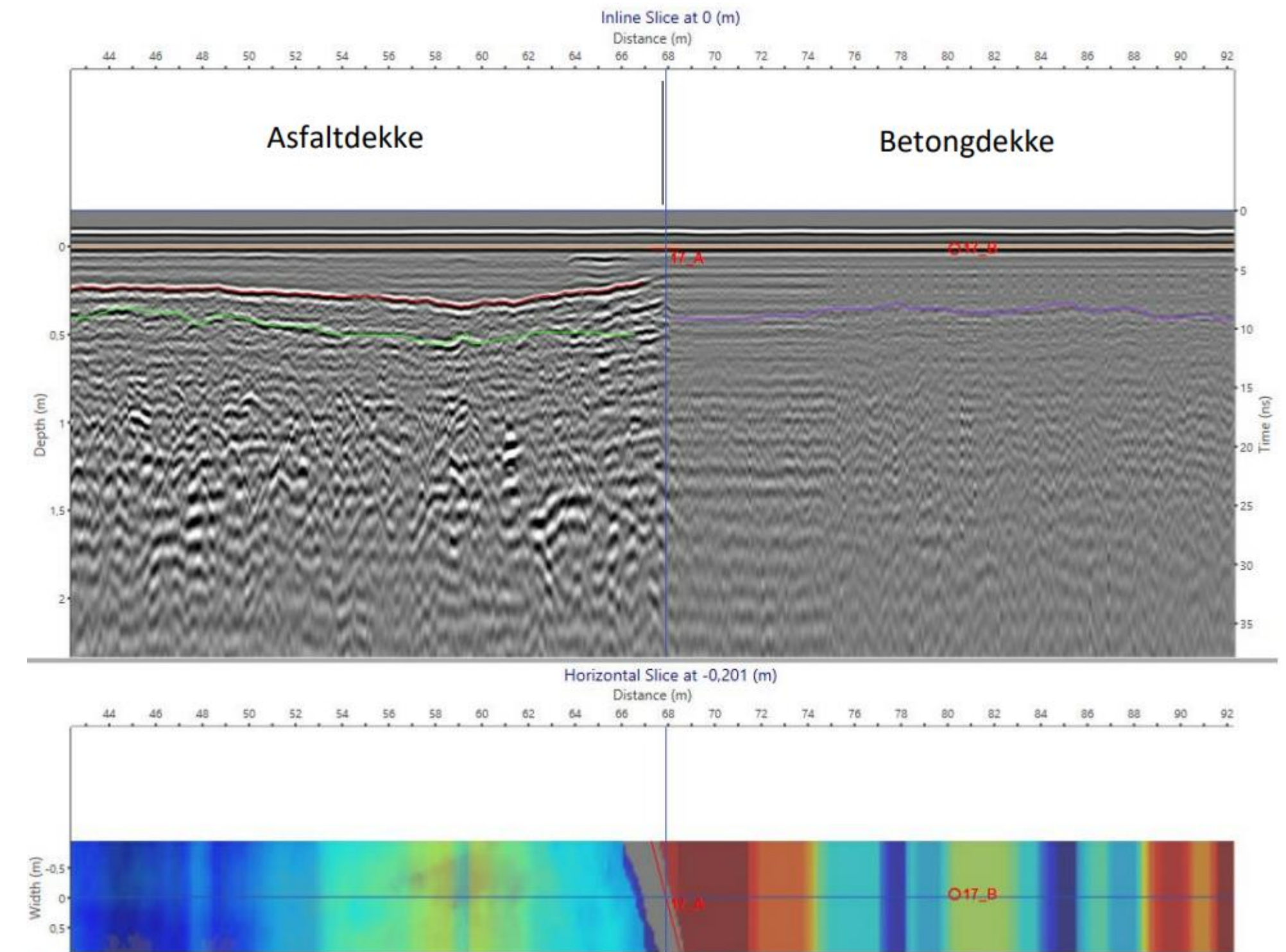
Målinger fra 2022 ved; (Juni)

- Traffic Speed Deflectometer (TSD) fra Greenwood Engineering (Danmark)



Værnes 23-24.09.2021

- GEO-radarscanning fra Terratec
 - var gjennomført ca 14 dager før HWD
- Boreprøver/prøvegravinger med presise posisjoner var ikke tilgjengelig
- ϵ ble derfor estimert ved hjelp av diffraksjonshyperbler og prøvemigrasjoner.
- Best fokusering ble oppnådd med $\epsilon=5$ og det er denne verdien som ble brukt.



Figur 6: Eksempel på tolkning av lag 1-2 og «bunn betong» samt markant overgang mellom asfalt- og betongdekke (~68m). Planprofil viser utført seksjonering. **Profil 17, 43-92m**

Værnes 23-24.09.2021

- Bæreevnmålinger med HWD fra SWECO
- Ca. 8 t.
- Kun på militært område (ikke RWY)
- Parkeringsplattformer med takseveier
- Temperatur 8-9 grader

Falling Weight Deflectometer er foreløpig den mest brukte metoden for slike målinger.

Svarene er viktig for beregning av kostnader på flyoperative flater:

- **Dynamisk** E-modul
- Beregnet levetid
- Kritiske lag i undergrunnen
- Behov for forsterkninger/rehabilitering
- PCN verdier
- Overflatens styrke ved endringer i temperaturen



Værnes 29.06.2022

- TSD fra Greenwood Engineering
- RWY med 7 lengder.
- Ca. 55 (20)min. med en del stopp pga flytrafikk
- Hastighet 50 – 60 km/t
- Militært parkeringsområde
- Ca. 15 min



Værnes 29.06.2022

- E-modul og CBR

E-module viser verdier for hver målte lengde, og er kalkulert med 15% av de individuelle målingne innen hver lengde.

De individuelle CBR-verdiene (California Bearing Ratio) er beregnet fra de individuelle underlags oppbygningers E-moduler i henhold til sammenhengen, foreslått av Lister (ref. 1):

$$E \text{ [MPa]} = 17.6 \text{ MPa} \times \text{CBR}^{0.64}$$

Rapportens CBR for hver lengde er kalkulert med 15% av de individuelle kalkulerte CBR-verdier innen hver lengde.

- For Greenwood er PCN-beregninger på begynnerstadiet. Bruk av data fra SWECO og målinger på militært område i 2021 er derfor benyttet for estimeringer på RWY.
- Tilnærming: ViscBack Calculation deflection – Single load equivalent for FWD data
- BAKFAA – Back Calculated E_moduli



Ref.1.: Lister, N.W. and Powell, W.D., "Design Practice for Bituminous Pavements in the United Kingdom", Sixth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, University of Michigan, Ann Arbor, USA, 1987

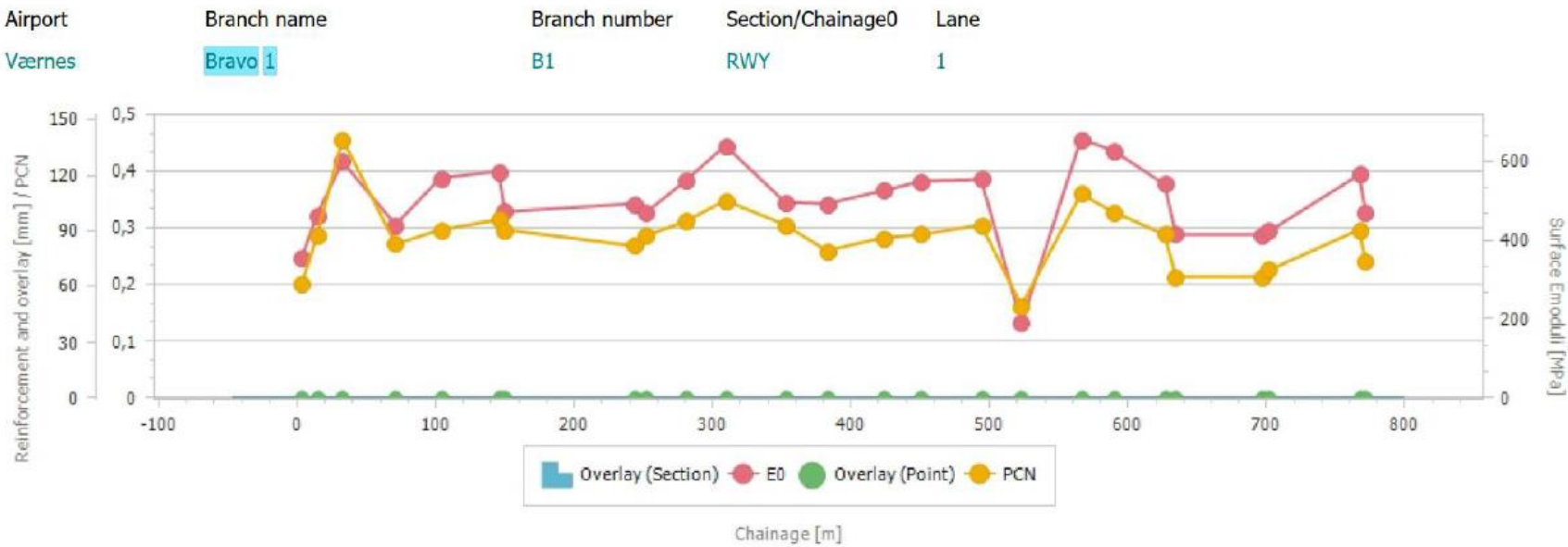
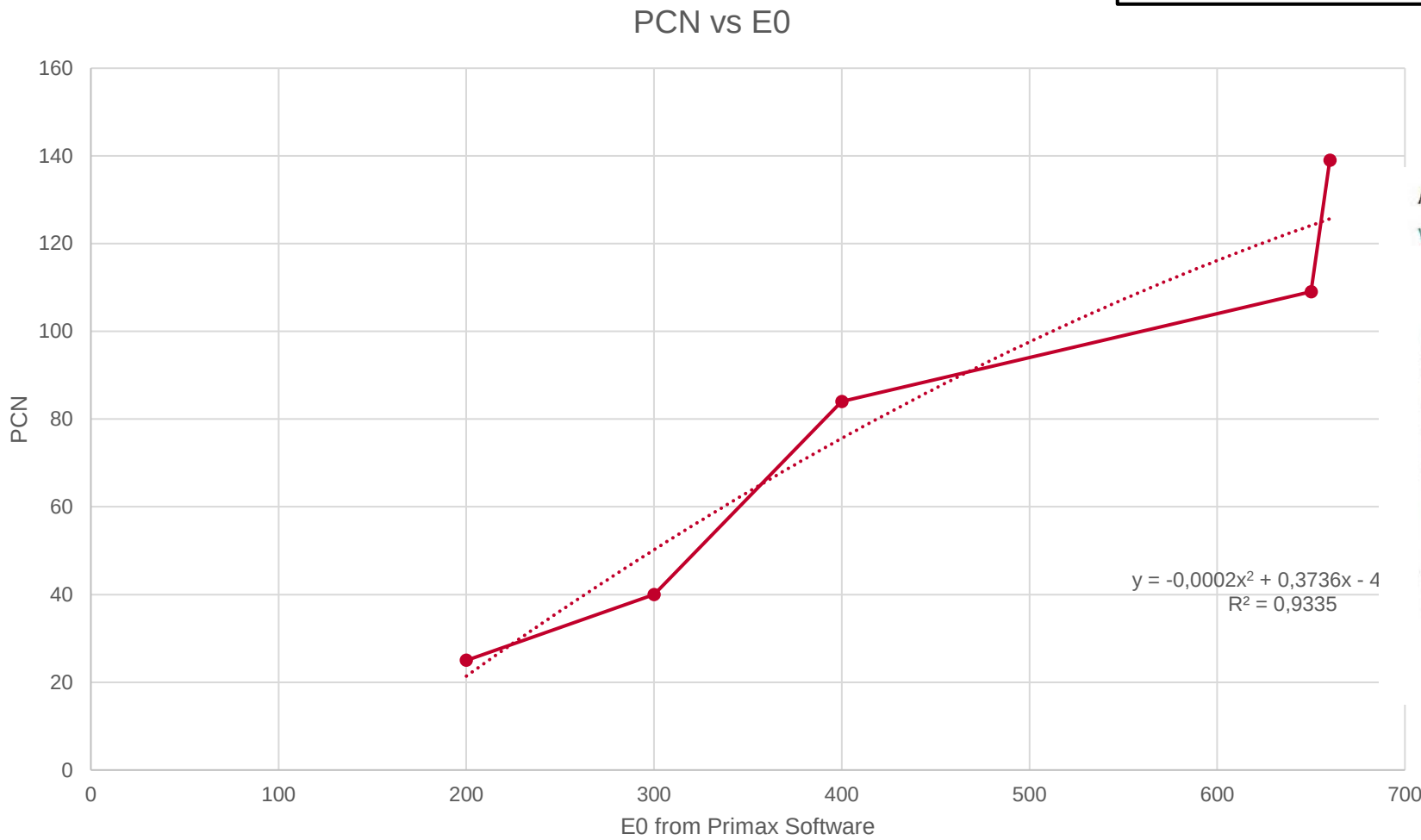


Metode brukt:

E0 from
Primax
Software

E_subgrade
from TSD Data

PCN
calculation



CBR for subgrade

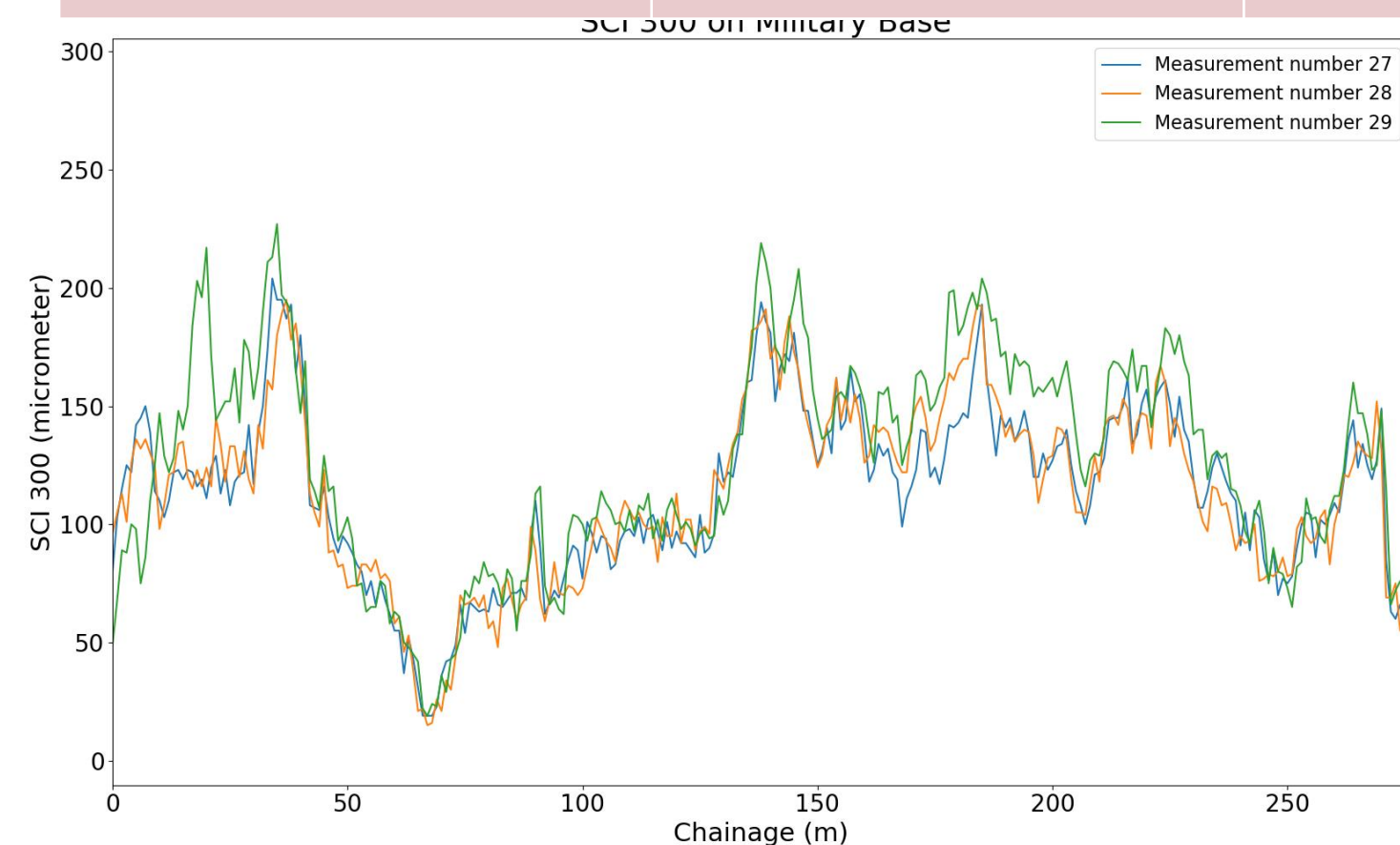
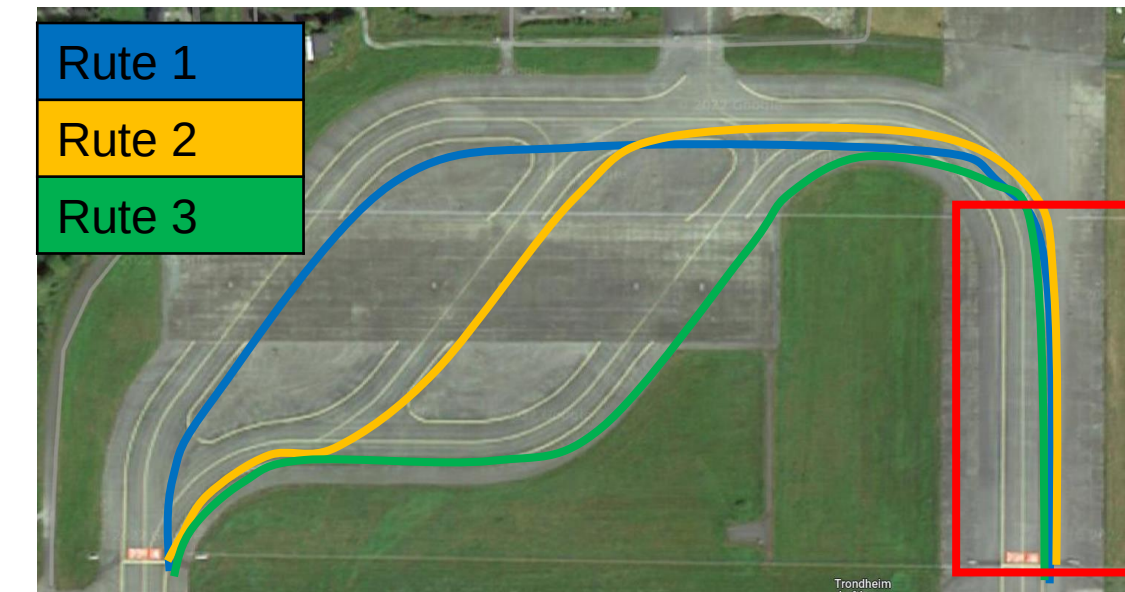
E_subgrade for whole section
 $E=17.6*(CBR)^{0.64}$



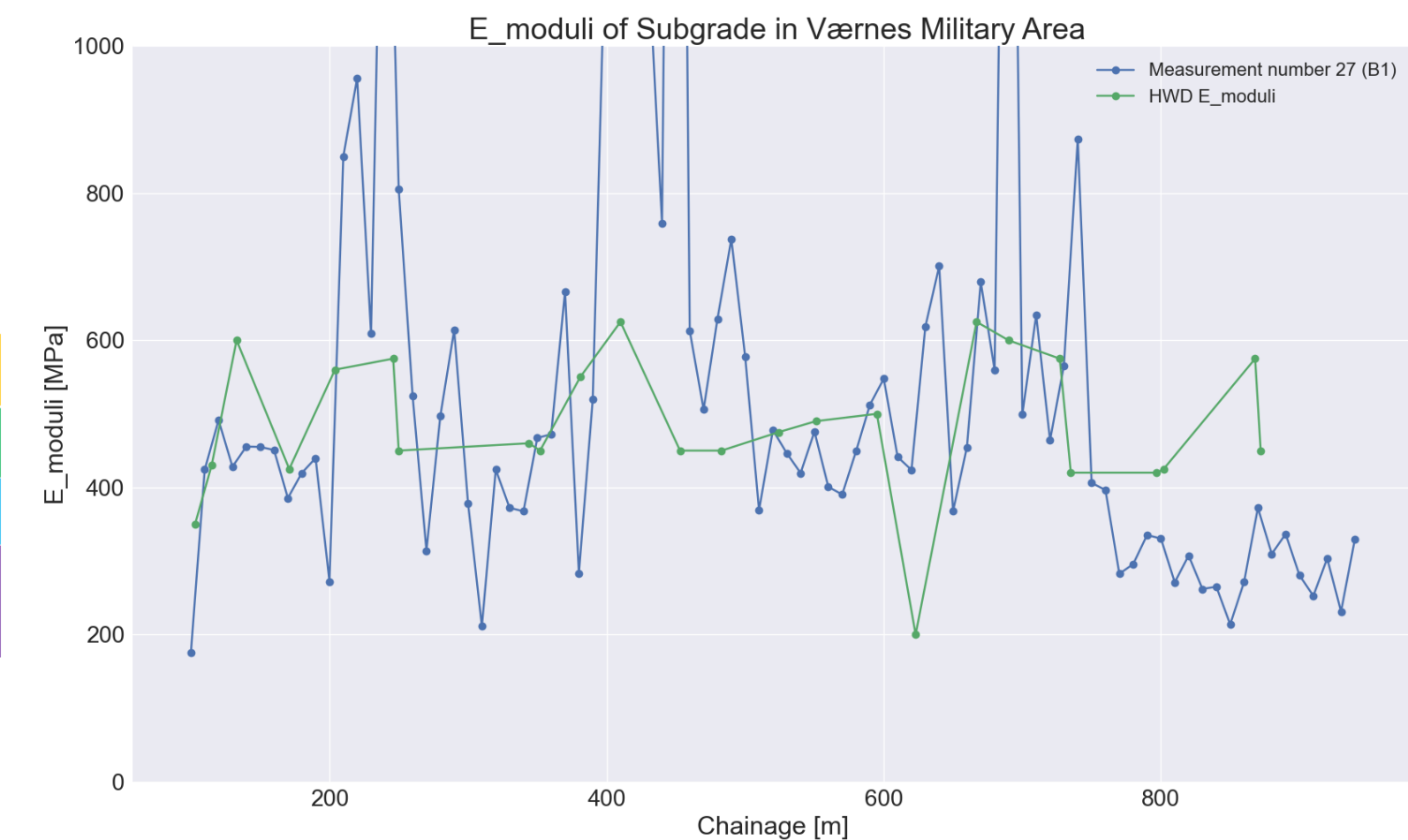
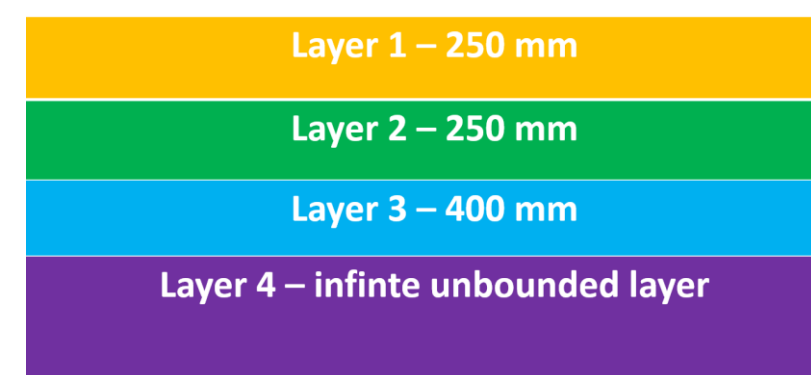
Værnes 29.06.2022 - TSD

● M4 – M5 – M6

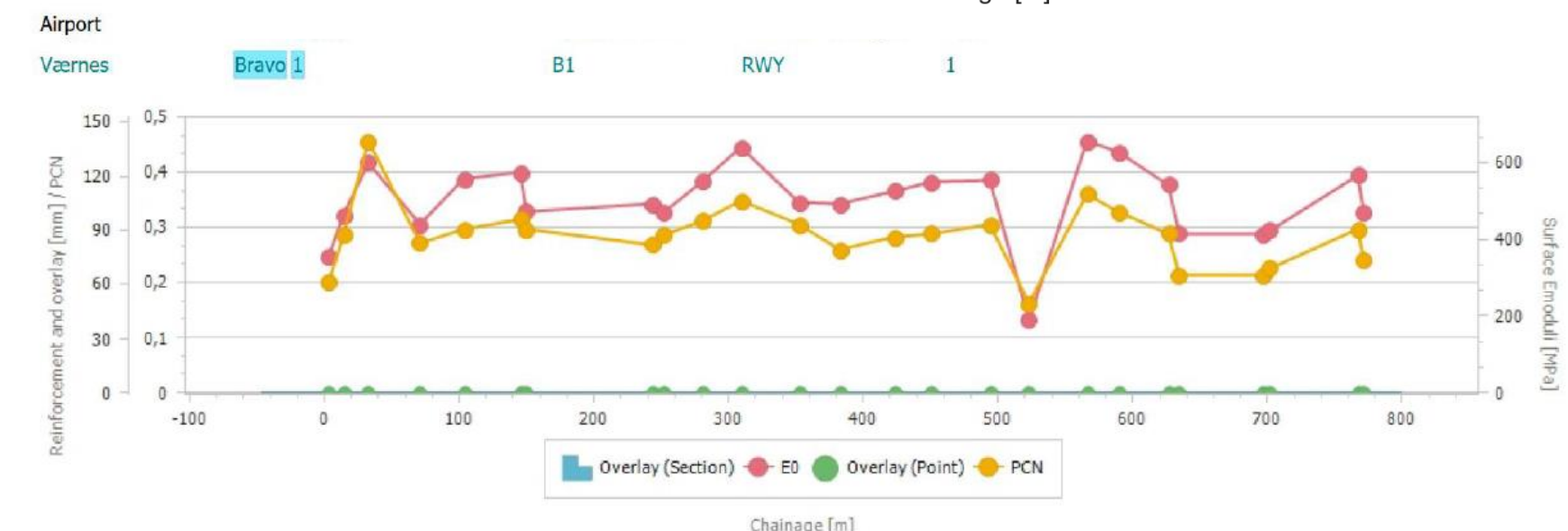
	HWD	TSD
Belastning	240KN	50KN
Prinsipp	Statisk målinger	Kontinuerlige Målinger (Visco-elastisk/backcalkulation)
Målingenes intervall	Forskjellig intervall - 4m til 30m.	10 m intervall (Kan økes og minskes ved etterarbeidingsprosessen)



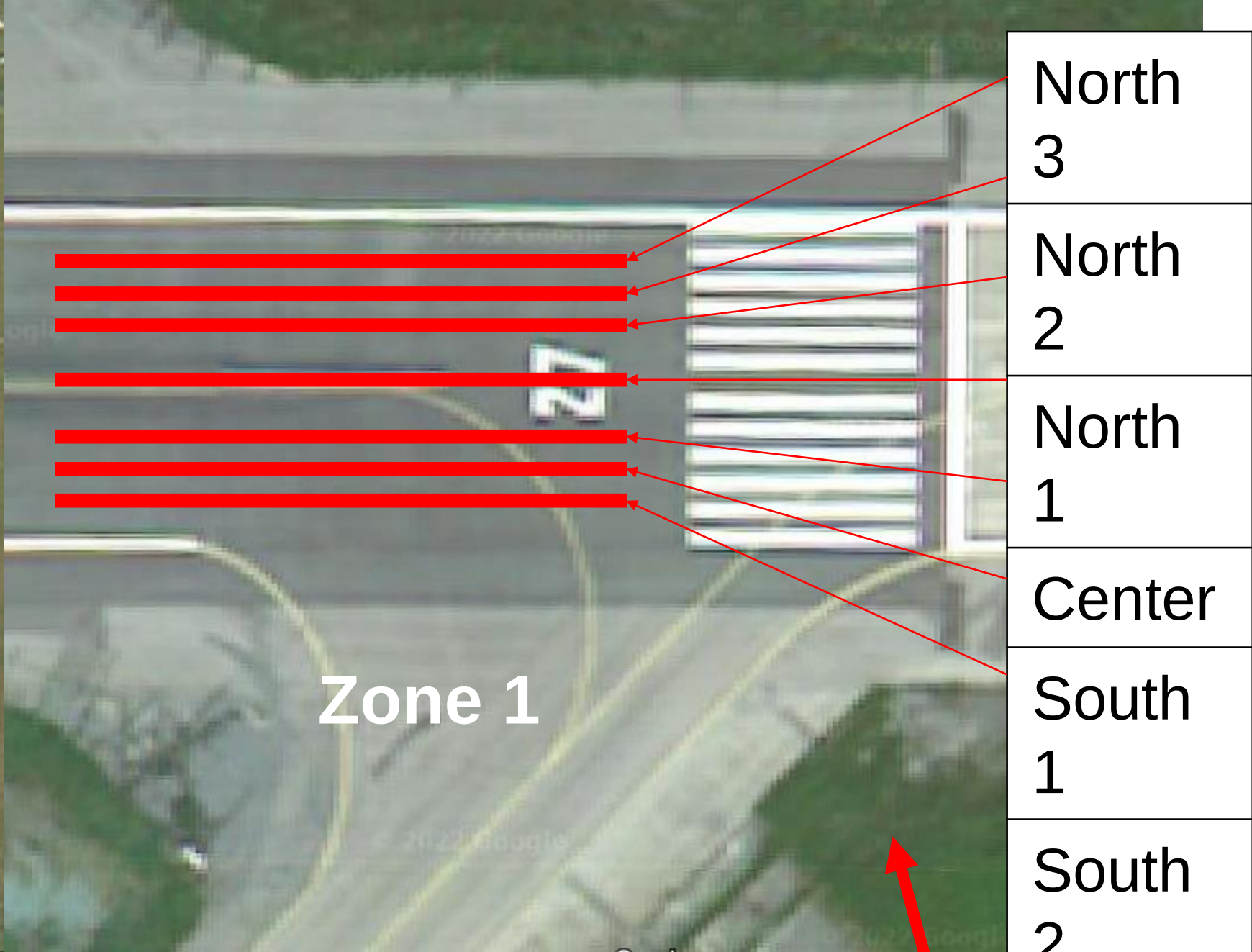
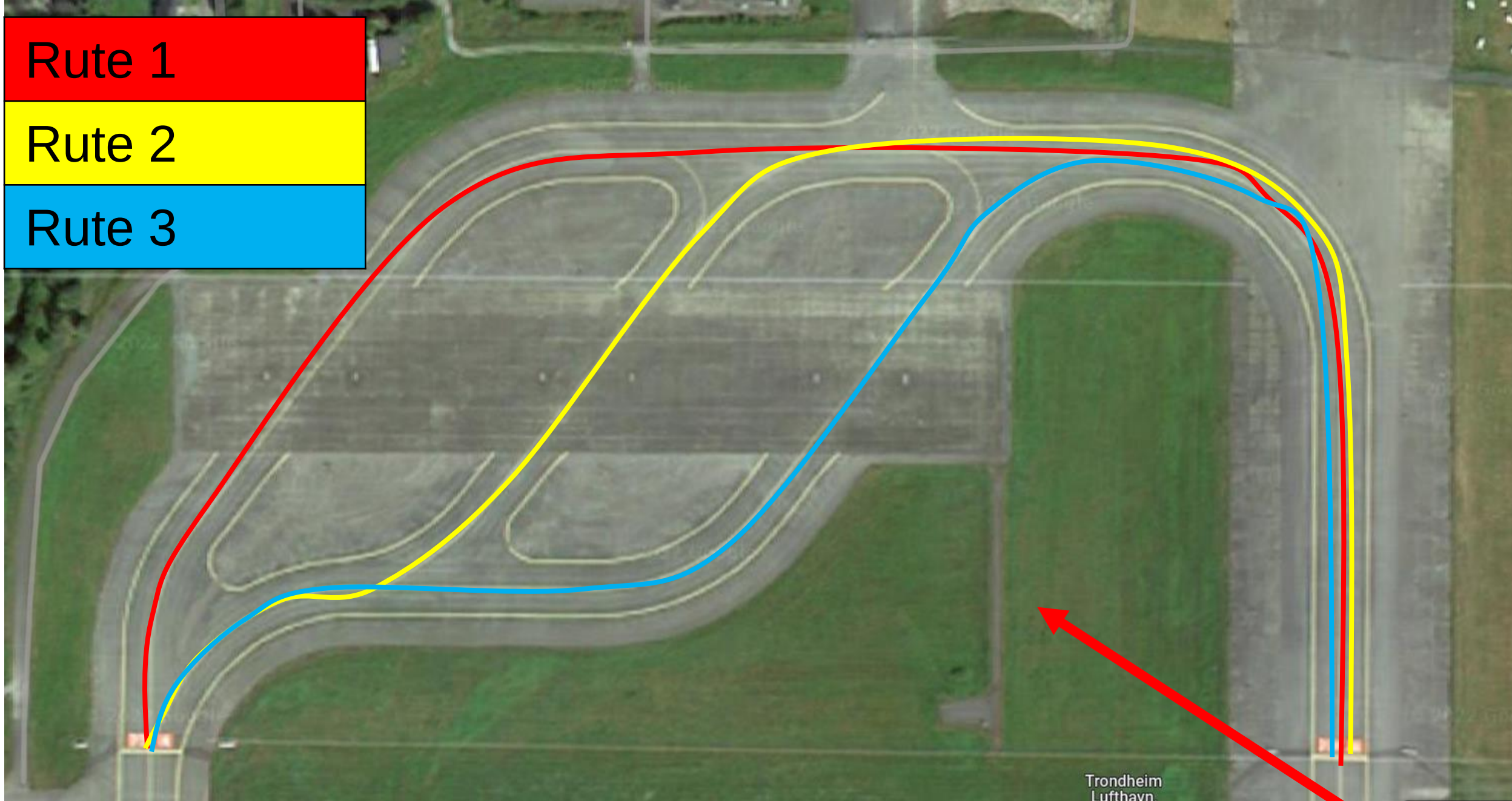
Layer thickness – GPR / Report



(SCI – Surface Curvatur Index)

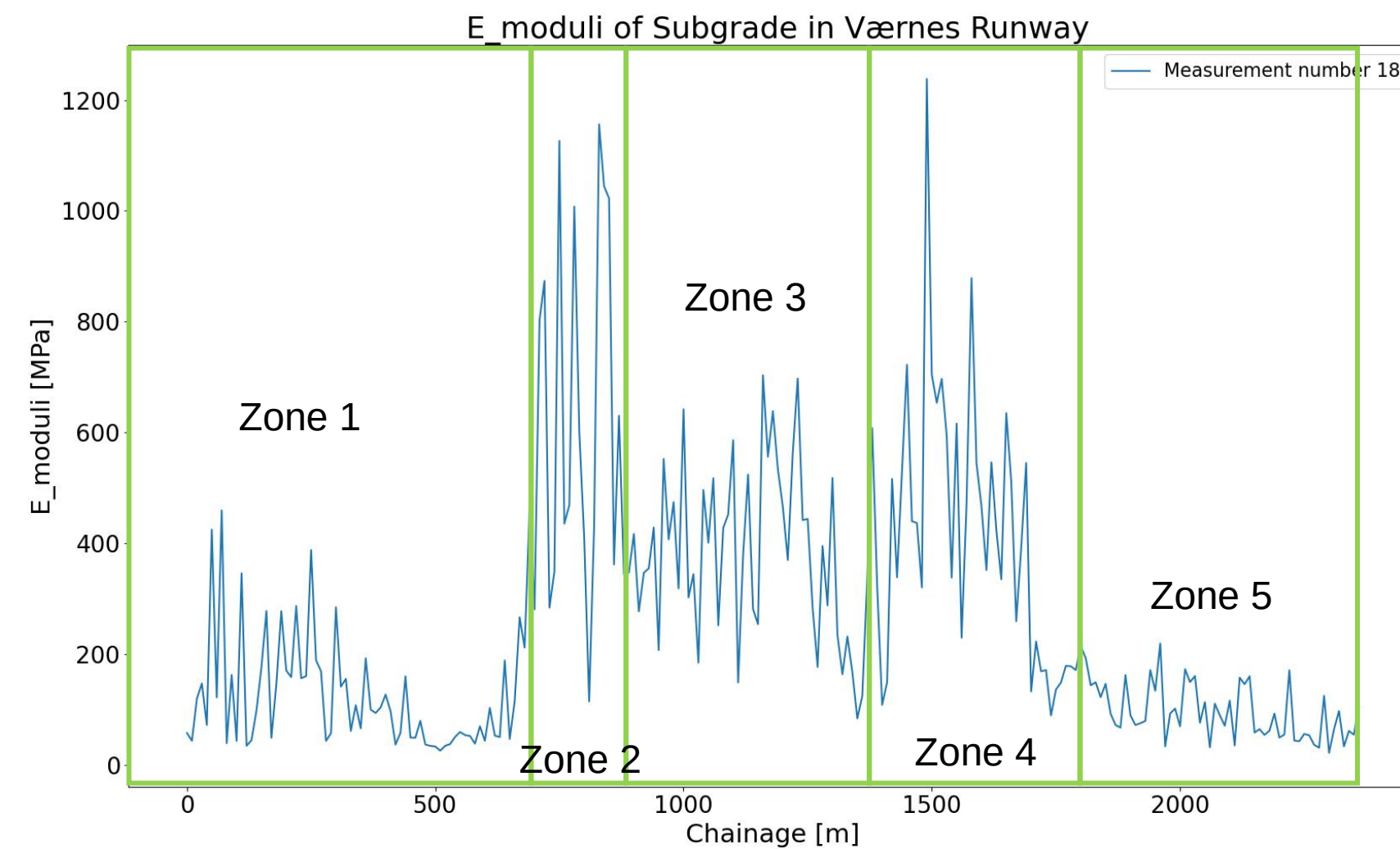


- Route 1
- Route 2
- Route 3

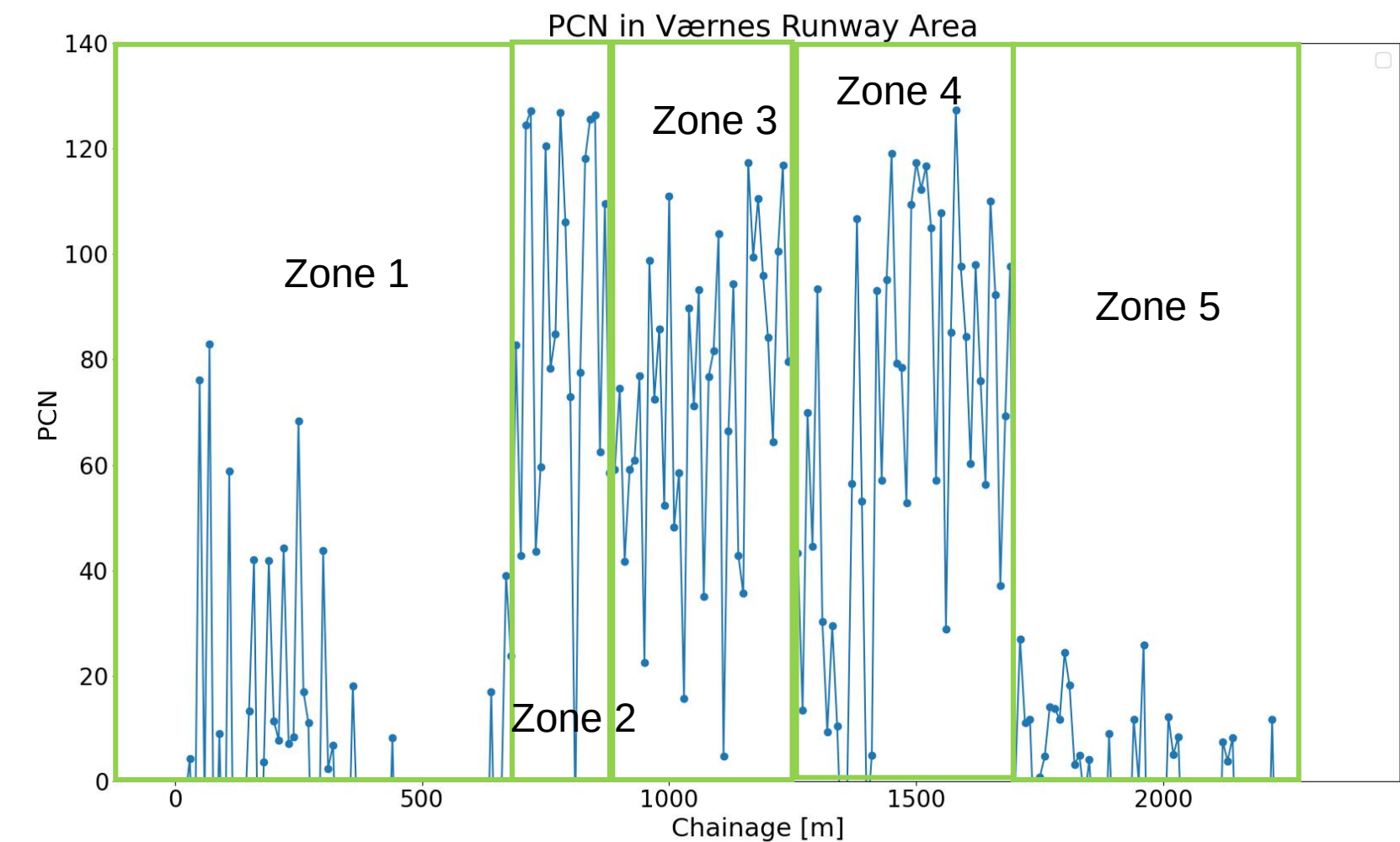


Værnes 29.06.2022 - TSD

● RWY



Zone number	Start Chainage [m]	Stop Chainage [m]
1	0	690
2	700	850
3	860	1350
4	1360	1790
5	1800	2350



Zone	E_moduli Subgrade [MPa]	PCN value
1	124.20412	0
2	625.91933	109
3	398.77551	71
4	414.26883	74
5	97.00071	0

Greenwood benytter en metode som heter «Visco-elastic backcalculation» for å simulere riktige verdier til bruk i PCN-beregningen, med basis i E-modulen. Dette viser seg å ha en ikke tilsiktet effekt.



Konklusjon

- TSD og tilsvarende teknologi på markedet er en spennende «nyvinning» for Forsvarsbygg til bruk på fly-operative flater.
- Raske målinger -> timer opp mot tradisjonelt dager
- Nå kan vi få raskere indikasjoner på hvor man har god og dårlig bæring
- Behov for å få erfaringsdata på, og kalibreringer av, for å få mest riktige data på CBR og E-modul, og dermed riktig utregning av PCN
- Behov for fortsatt godt samarbeid mot flyplassaktører, AVINOR og Forsvarsbygg, på metode og hvilke data men trenger videre.
- Neste kapittel er PCN -> PCR (Oktober 2024)



2024

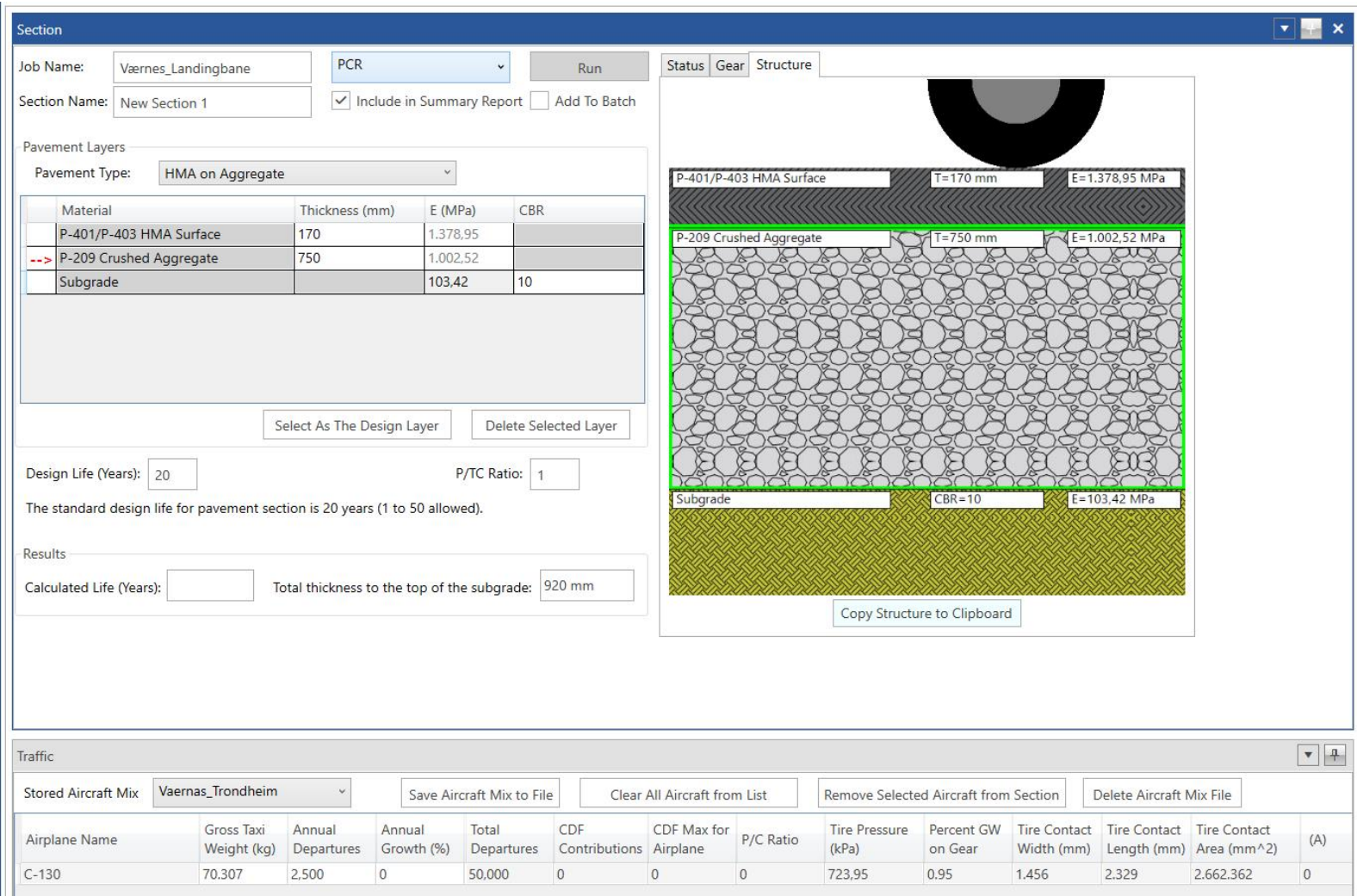
- På BCRRA2022, ble vi introdusert for FAARFIELD 2.0 og PCR-metodikken
- Dr. David R. Brill, FAA Airport Technology R&D Branch, var en av foreleserne
- Greenwood har sett på mulig PCR - RWY Værnes

FAARFIELD 2.0 is the standard thickness design software accompanying AC 150/5320-6F Airport Pavement Design and Evaluation.

FAARFIELD stands for FAA Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design.

FAARFIELD 2.0 incorporates full 3D finite element responses to aircraft loads (for new rigid pavements and rigid overlays).

The 3D finite element models used for rigid pavement designs are computationally intensive and may result in long run times, depending on the computer characteristics.



Spørsmål?

Takk til:



GREENWOOD ENGINEERING

Kontakt

Forsvarsbygg
Postboks 405 Sentrum
0103 Oslo

+47 468 70 400
servicesenter@forsvarsbygg.no

Tommy Sarnes
+47 456 00 204
Tommy.sarnes@forsvarsbygg.no

