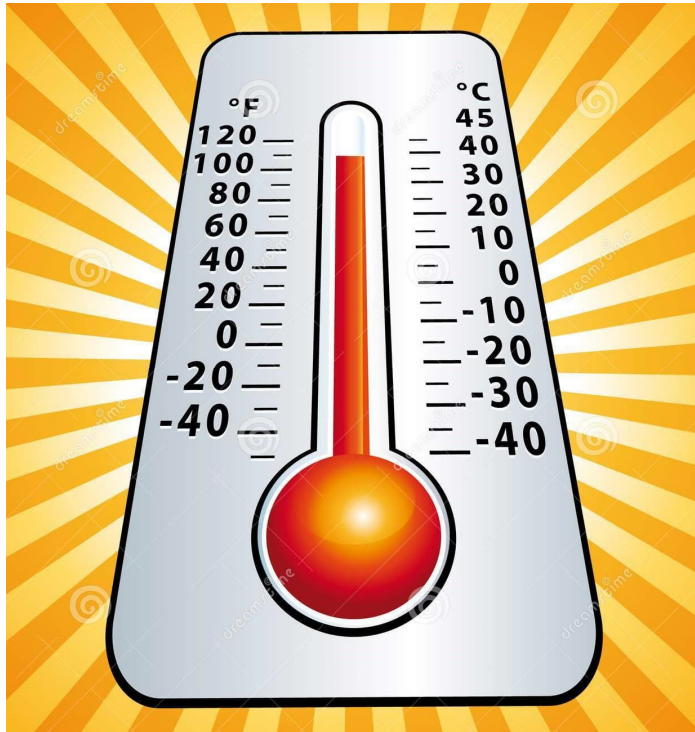


geos.



TEMPERATUREFFEKTER

OCH DESS PÅVERKAN PÅ STÖDKONSTRUKTIONER

- Dimensionering
 - Tolkning av normen/hur tar vi hänsyn till temperatureffekten?
 - Val av skyddsåtgärder
- Vad mätte vi?
 - Överskreds värden som medförde att åtgärder krävdes?
 - Hur väl stämde beräknade laster mot uppmätta?
- Reflektioner
- Delar upp det i värme först och sedan tjäle



TEMPERATUREFFEKTER

VILKA EFFEKTER ÄR DET VI SYFTAR PÅ?

- Stålets utvidgning vid ökad temperatur (eller rättare sagt stålets ökade spänning när det vill utvidgas men hålls fast)
- Stålets krympning på grund av minskad temperatur
- Vattnets utvidgning vid frysning

Maximal och minimal lufttemperatur för Sveriges kommuner

Tabell 2a – Värden på T_{max} och T_{min} för Sveriges kommuner baserade på temperaturkartorna i figur NA.1 och NA.2. Värdena gäller i kommunens mittpunkt.

Kommun	T_{max}	T_{min}	Kommun	T_{max}	T_{min}
Åre	36	-36	Falun	35	-41
Alingsås	35	-36	Filipstad	35	-39
Alvesta	36	-32	Finspång	35	-35
Aneby	35	-34	Flen	35	-32
Arboga	35	-34	Forshaga	34	-38
Arjeplog	31	-46	Färgelanda	33	-34
Arvidsjaur	33	-44	Gagnef	35	-41
Arvika	35	-40	Gislaved	35	-33
Askersund	35	-34	Gnesta	35	-30
Avesta	36	-39	Gnosjö	35	-34
Bengtstors	34	-39	Gotland	34	-27
Berg	31	-47	Grums	34	-39
Bjurholm	31	-42	Grästorp	34	-34
Bjuv	35	-27	Gullspång	34	-36
Boden	32	-42	Gävle	35	-34
Bollebygd	35	-35	Göteborg	35	-29

Tabell 5.2 – Riktvärden på temperaturer T_{out} i byggnader ovan mark

Årstid	Avgörande faktor		Temperatur T_{out} i °C
Sommar	Relativ absorptans beroende på ytans färg	0,5 blank, ljus yta	$T_{max} + T_3$
		0,7 ljus färgad yta	$T_{max} + T_4$
		0,9 mörk yta	$T_{max} + T_5$
Vinter			T_{min}

ANM.: Den nationella bilagan kan ange värden på maximal lufttemperatur T_{max} , minimal lufttemperatur T_{min} , och effekter av solstrålning T_3 , T_4 , och T_5 . Om inga data är tillgängliga rekommenderas för områden mellan latituderna 45°N och 55°N värdena $T_3 = 0$ °C, $T_4 = 2$ °C, och $T_5 = 4$ °C för element mot nordost och $T_3 = 18$ °C, $T_4 = 30$ °C, och $T_5 = 42$ °C för element mot sydväst och för horisontella ytor.

TOLKNING AV NORMEN

HUR TAR VI HÄNSYN TILL TEMPERATUREFFEKTEN?

- Normen ger riktvärden för maxtemperatur på sommaren och minitemperatur på vintern.
- Installationstemperatur - uppskattat maxvärde/minvärde
- Vi har inte hittat något tydligt om isbildning (tjäle) bakom spalten

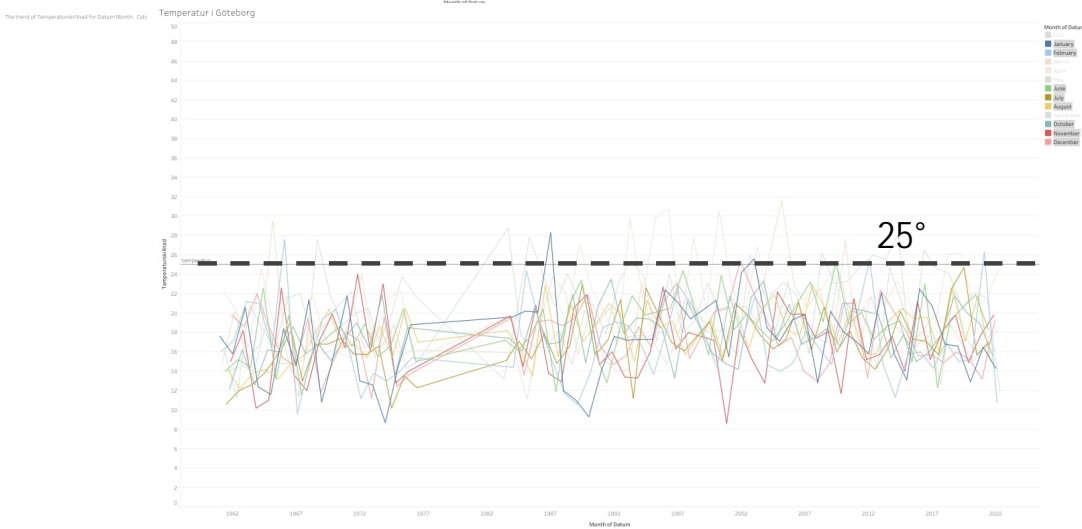
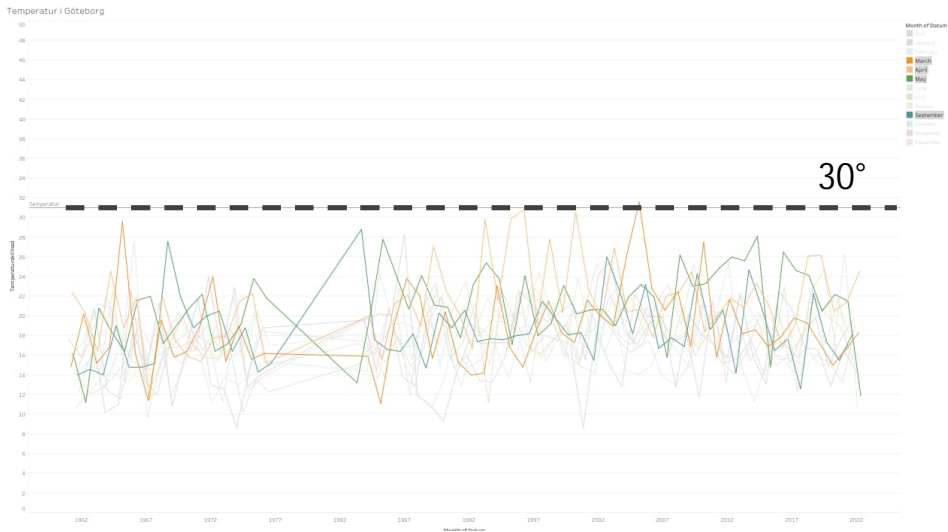
geos.



UPPVÄRMNING AV STÄMP

HUR TAR VI HÄNSYN TILL DET?

- Temperaturskillnad => töjning i stämp => jordreaktion (kraft)



UPPVÄRMNING AV STÄMP

HUR TAR VI HÄNSYN TILL DET?

- Sedan 1961 så har temperaturskillnaden under en månad varit mindre än ca 25 grader förutom mars, april, maj och september där det har temperaturskillnaden har varit mindre än 31 grader.
- För hela kvartal så är det ca 35 grader skillnad.

Solstrålning
Stämptemperatur
Lufttemperatur



UPPVÄRMNING AV STÄMP

HUR TAR VI HÄNSYN TILL DET?

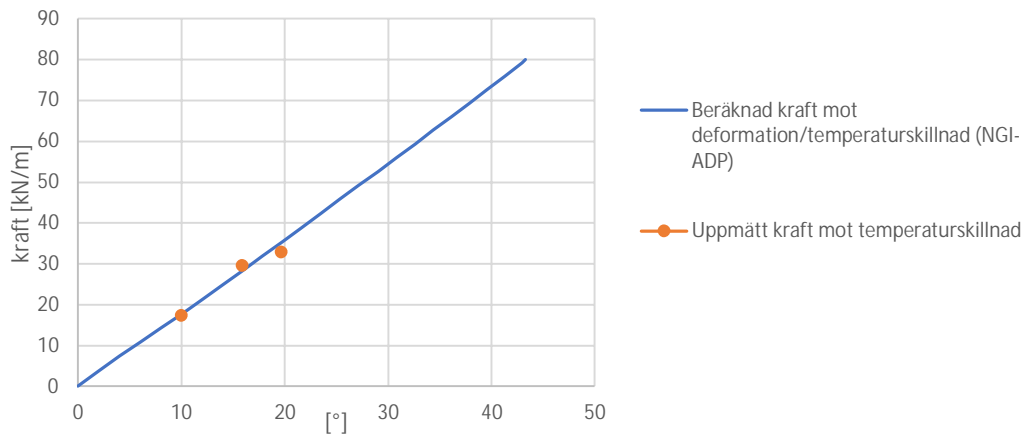
- Vi anser dock att det är konservativt att ta hela $T_{\max} + T_5$ som det beskrivs i normen.
- Där vi har haft hög temperatur och hög solstrålning så har maxtemperaturen i stämpe inte ökat lika mycket som när det var låg temperatur och hög strålning.
- Stämptemperatur på ett blankt stämp på 40 grader är dock inte helt orimligt



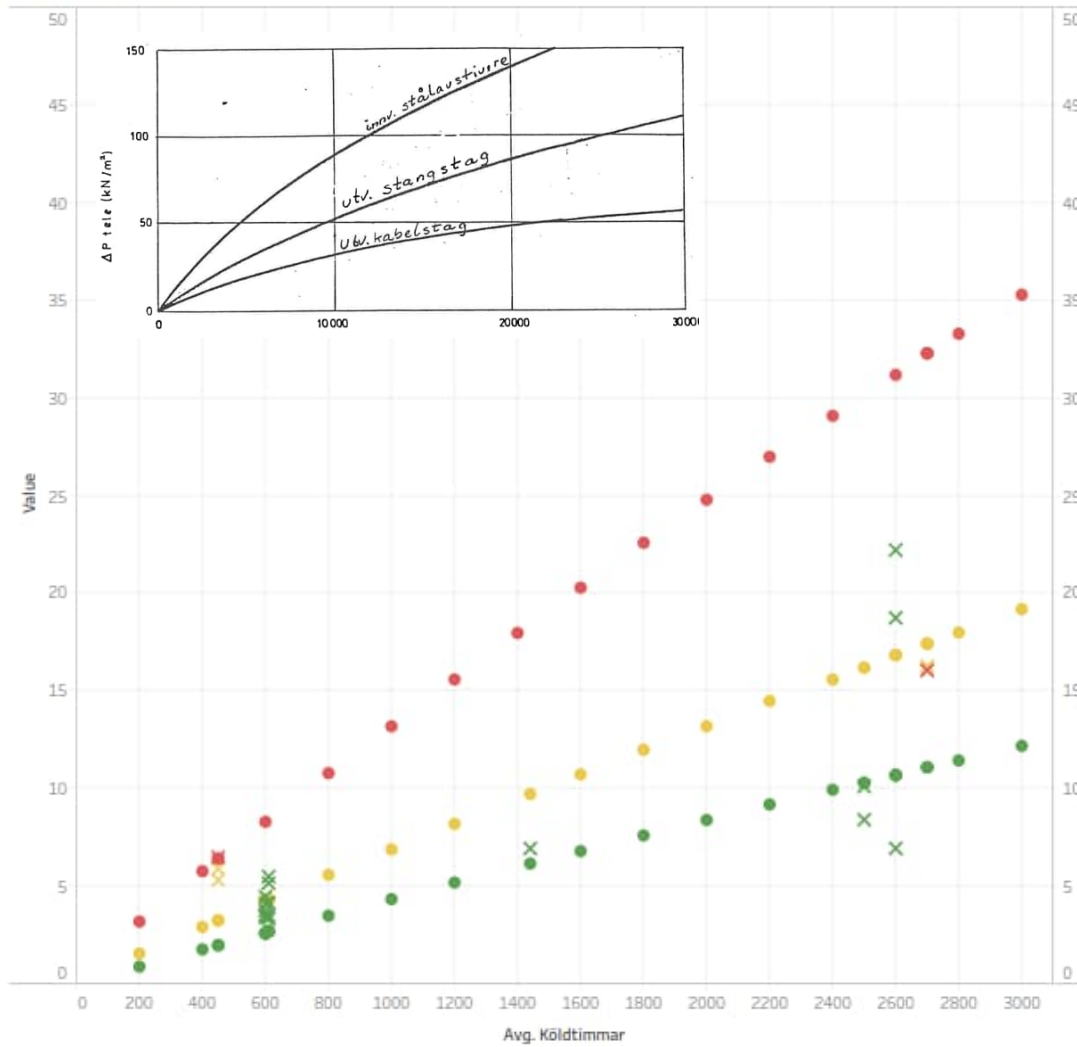
UPPVARNING AV STÄMP

HUR VÄL STÄMMER BERÄKNINGAR MED UPPMÄTTA VÄRDEN?

- Beräkning och uppmätta krafter stämmer relativt väl (alltså har vi relativt korrekta styvheter i vår modell)
- Ingen skyddsåtgärd har behövts men kylning med vatten alternativt isolering har diskuterats i vissa projekt.



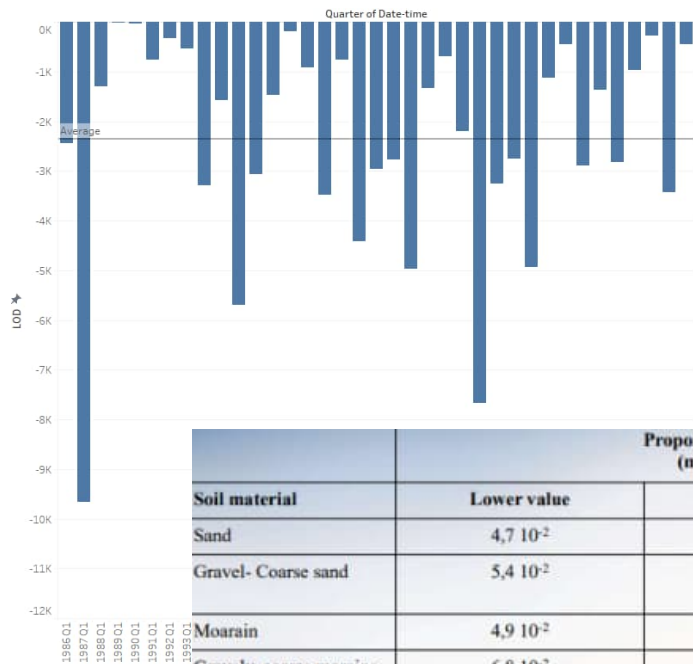
Tjälkraft [kPa]



TJÄLE

HUR TAR VI HÄNSYN TILL DET?

- Tjäle => deformation i spont => kraft i stag/stämp
- Gammalt empiri från Norge. Inte helt fel men bör uppdateras...



Soil material	Proportionality factor, α (m/graddagar ^{2/3})		
	Lower value	Mean value	Upper value
Sand	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$5,2 \cdot 10^{-2}$	$5,9 \cdot 10^{-2}$
Gravel- Coarse sand	$5,4 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-2}$	$6,4 \cdot 10^{-2}$
Moarain	$4,9 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-2}$
Gravelly, coarse moraine	$6,8 \cdot 10^{-2}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$
Silt (medium frost susceptible)	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-2}$
Silt (highly frost susceptible)	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$4,7 \cdot 10^{-2}$
Clay	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$	$4,6 \cdot 10^{-2}$

TJÄLE

HUR TAR VI HÄNSYN TILL DET?

- Så här tycker vi att man ska räkna på tjäleffekten:
- $T = \alpha \sqrt{F}$. Tjälldjupet bakom sponten beräknas som en funktion av köldtimmar.
- Det finns riktvärden för α för olika material.
- Medelvärde för köldmängd är ca 2500°h per kvartal (Q1 och Q2) har vi räknat fram baserat på data från SMHI.
- Baserat på vattenandel och tjälldjup så räknas volymexpansionen fram. Ex. 50cm tjäle med 40% vatten ger ca $40\% \cdot 0,5\text{m}^3 \cdot 9\% = 1,8\%$ volymexpansion.
- Kraften i konstruktionen räknas sedan ut baserat på var jämnvikten hamnar i hur "trögt" det är att trycka in jorden respektive töja ut staget/stämpet.

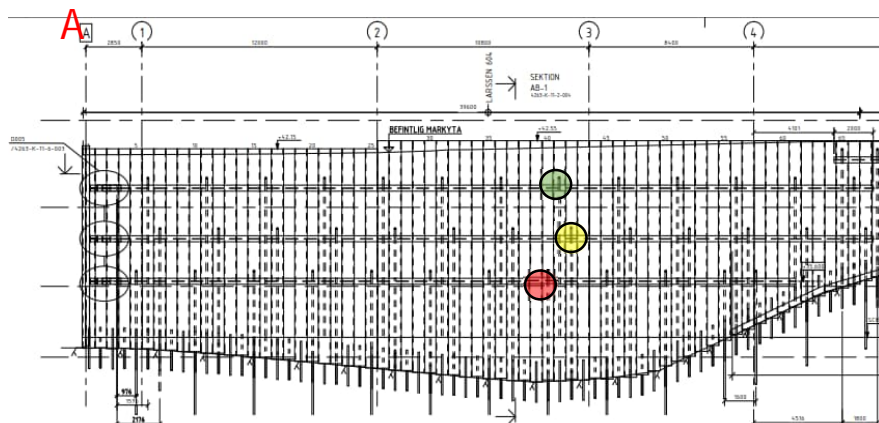
Soil material	Proportionality factor, α (m/graddagar ^{1/2})		
	Lower value	Mean value	Upper value
Sand	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$5,2 \cdot 10^{-2}$	$5,9 \cdot 10^{-2}$
Gravel- Coarse sand	$5,4 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-2}$	$6,4 \cdot 10^{-2}$
Moarain	$4,9 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-2}$
Gravelly, coarse moraine	$6,8 \cdot 10^{-2}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$
Silt (medium frost susceptible)	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-2}$
Silt (highly frost susceptible)	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$4,7 \cdot 10^{-2}$
Clay	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$	$4,6 \cdot 10^{-2}$

$\alpha = 5,7 \cdot 10^{-2}$

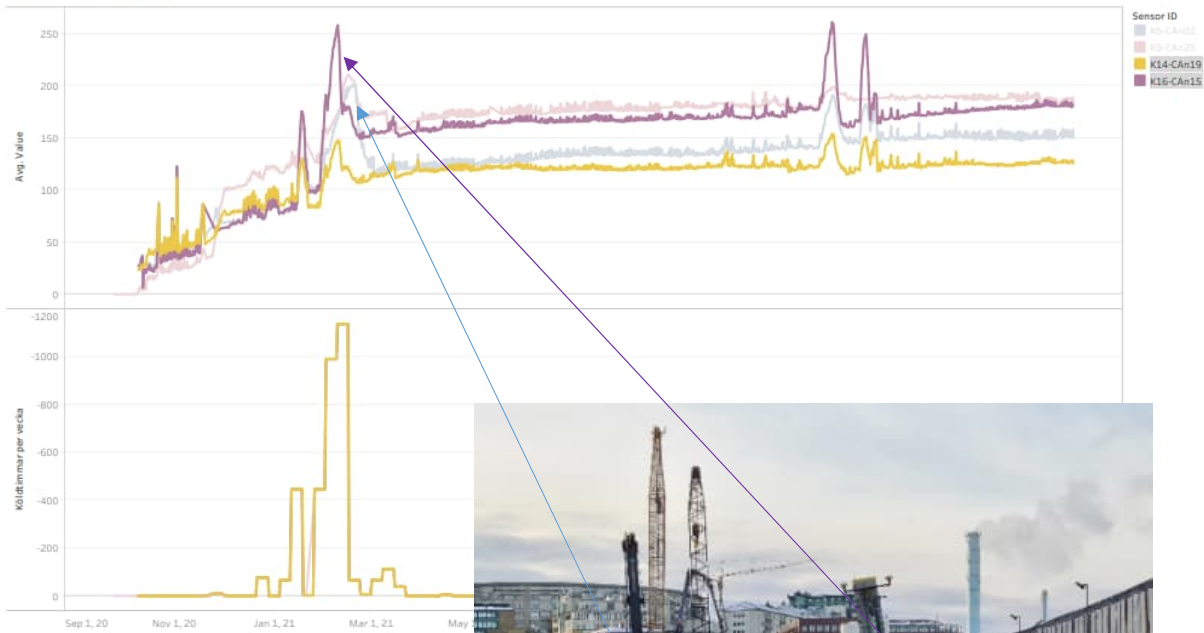
TJÄLE

HUR TAR VI HÄNSYN TILL DET?

- Beräkning av tjälkrafter för en ca 10 m djup schakt med tre stagnivåer i Göteborg (Östra sjukhuset)
- Uppmätta krafter på grund av ca 3000 köldtimmar var **50, 160, 270 kN** i de tre olika stagen.
- Uppskattning med norsk empiri gav, uppifrån och ner **168, 144, 216 kN**
- Uppskattning med föreslag beräkningsmetod, med $\alpha = 5,7 \cdot 10^{-2}$ **43, 151, 269 kN.**
- OBS. volymexpansionen måste göras i alla tre riktningar, annars blir det inte rätt. Det är det som gör att det blir så stor skillnad mellan det översta och understa staget.



Kraft och köldmängd



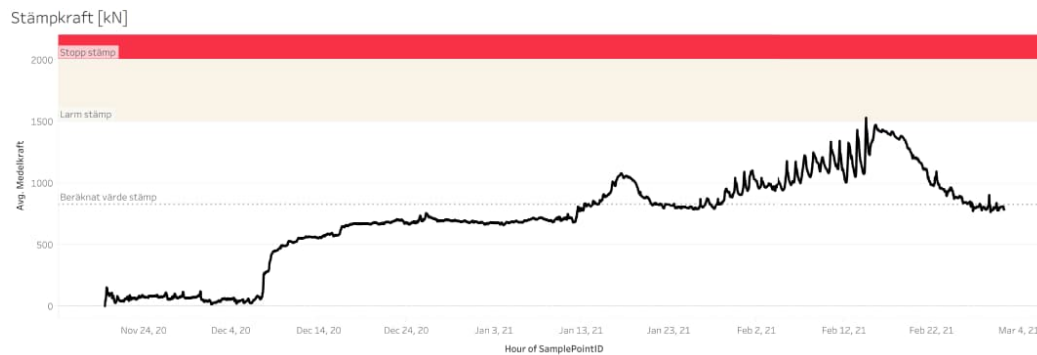
The trends of average of Value and sum of Köldtimmar per vecka for Date Hour. Color shows details



TJÄLE

HUR TAR VI HÄNSYN TILL DET?

I vissa projekt har det inte tagits hänsyn till tjäleffekten då det har varit för dyrt att dimensionera för den. Där har det gått att åtgärda med noggrann mätning och uppvärmning med presenning och värmeflaktar.



REFLEKTIONER

- Det värsta är om man kombinerar dessa!
Sol + tjäle => stora krafter i stämp.
- Effekten av både kyla och värme ger en relativt väldefinierad deformation som sedan används för att beräkna kraften i stödkonstruktionen.
- Det borde sammanställas lite mer data för att få fram lite mer empiri på α -faktorn för olika jordar bakom sponter.
- Att räkna på max och min temp enligt normen och dessutom ha vanligt säkerhetsfaktor på det är väldigt konservativt enligt oss och våra mätningar.
- Tjäleffekten bör däremot tas med vid beräkning (om den inte kan åtgärdas) den är inte negligerbar!

geos.

Temperatureffekter på stödkonstruktioner

- Dimensionering
 - *Tolkning av normen*
 - *Val av skyddsåtgärder innan eller vid olika kritiska nivåer för att hålla nere lasterna*
- Vad mätte vi?
 - Överskreds värden som medförde att åtgärder krävdes?
 - Hur väl stämde beräknade laster mot uppmätta?
- Reflektioner

Tolkning av ”normen”

- SS-EN 1997-1 anger att det är särskilt viktigt att beakta temperaturen vid stämp
- SS-EN 1993-5 anger att det är OK att föreskriva åtgärder som minskar inverkan av temperaturvariationer
- SS-EN 1991-1-5 anger regler för temperatur och konstruktioner
- Sponthandboken 2018 har faktorer för analytiska beräkningar (tjäle), anger även att last från temperaturvariation ska inkluderas för stämp (om dessa inte isoleras)

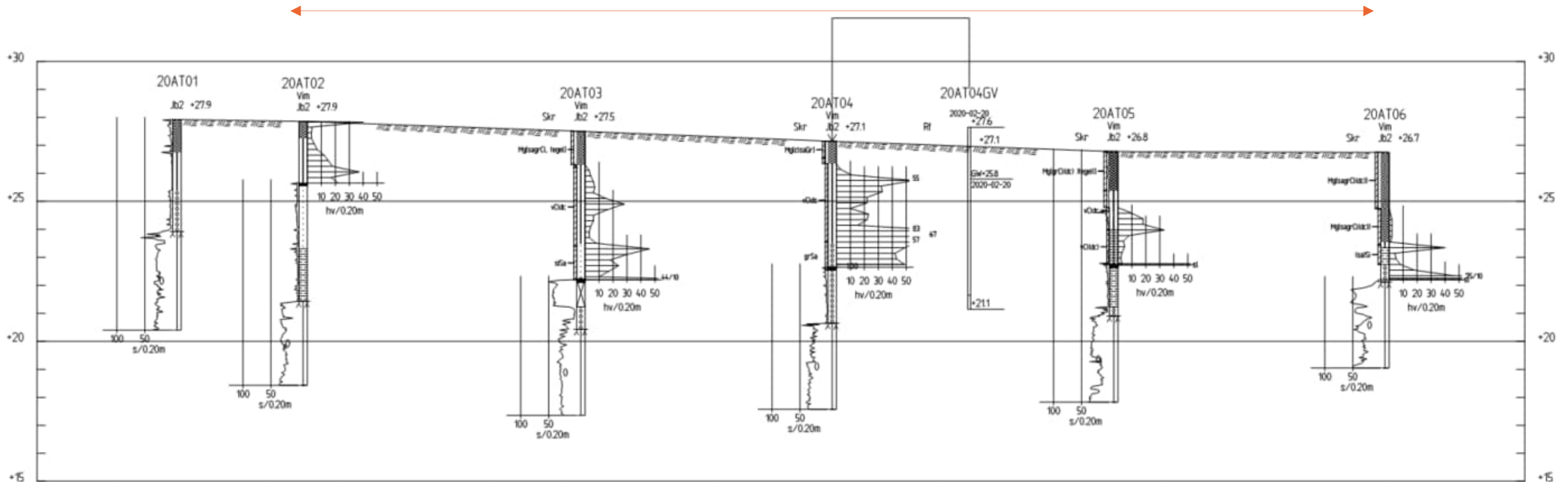
Dimensionering – hur vi brukar göra

- Ökade risker när det blir riktigt varmt (stämp, söderläge) eller riktigt kallt (stag/spont)
- Temporära konstruktioner
 - Övervakning av staglast
 - Stämp kan skyddas för att minska temperaturvariationen
- Där misstanke om stor tjälfarlighet finns → Alltid övervakning och förberedelse för att värma
 - Omöjligt att få konstruktionen att hålla om det skjuter på ordentligt från tjäle eller fruset vatten
- Permanenta sponter hanteras separat från fall till fall
 - Material och dränering bakom måste beaktas
 - Isolera framsidan?

Mätningar – Ordonnansen på Gärdet i Stockholm

- Berliner: 8 m schakt, plattgrundlagd 7 m hög stödmur ovanför (15 m totalt)

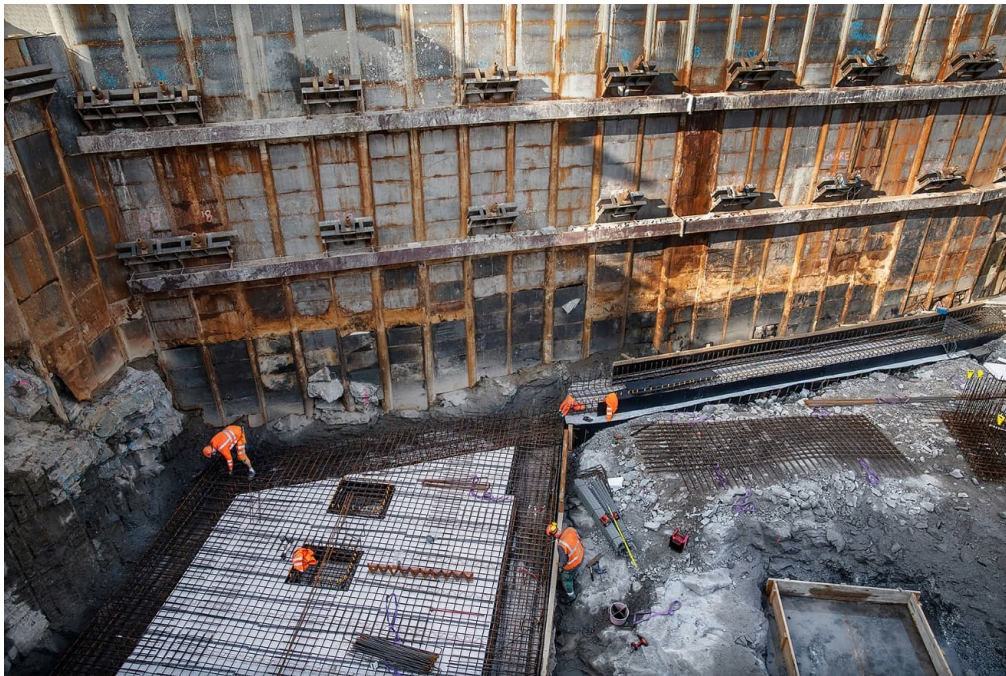
Stödmur



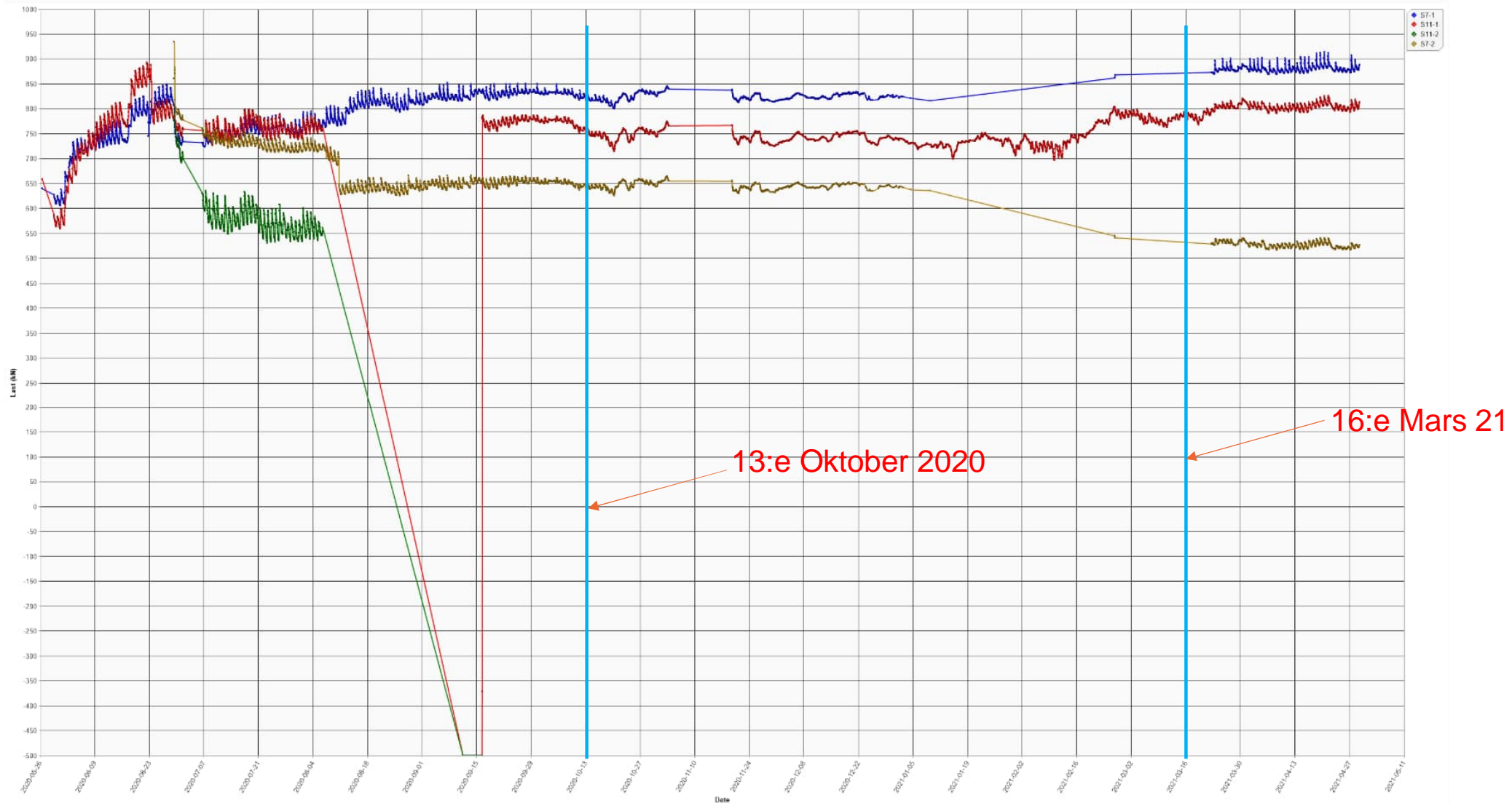
SEKTION A-A
1:100

Mätningar – Ordonnansen på Gärdet i Stockholm

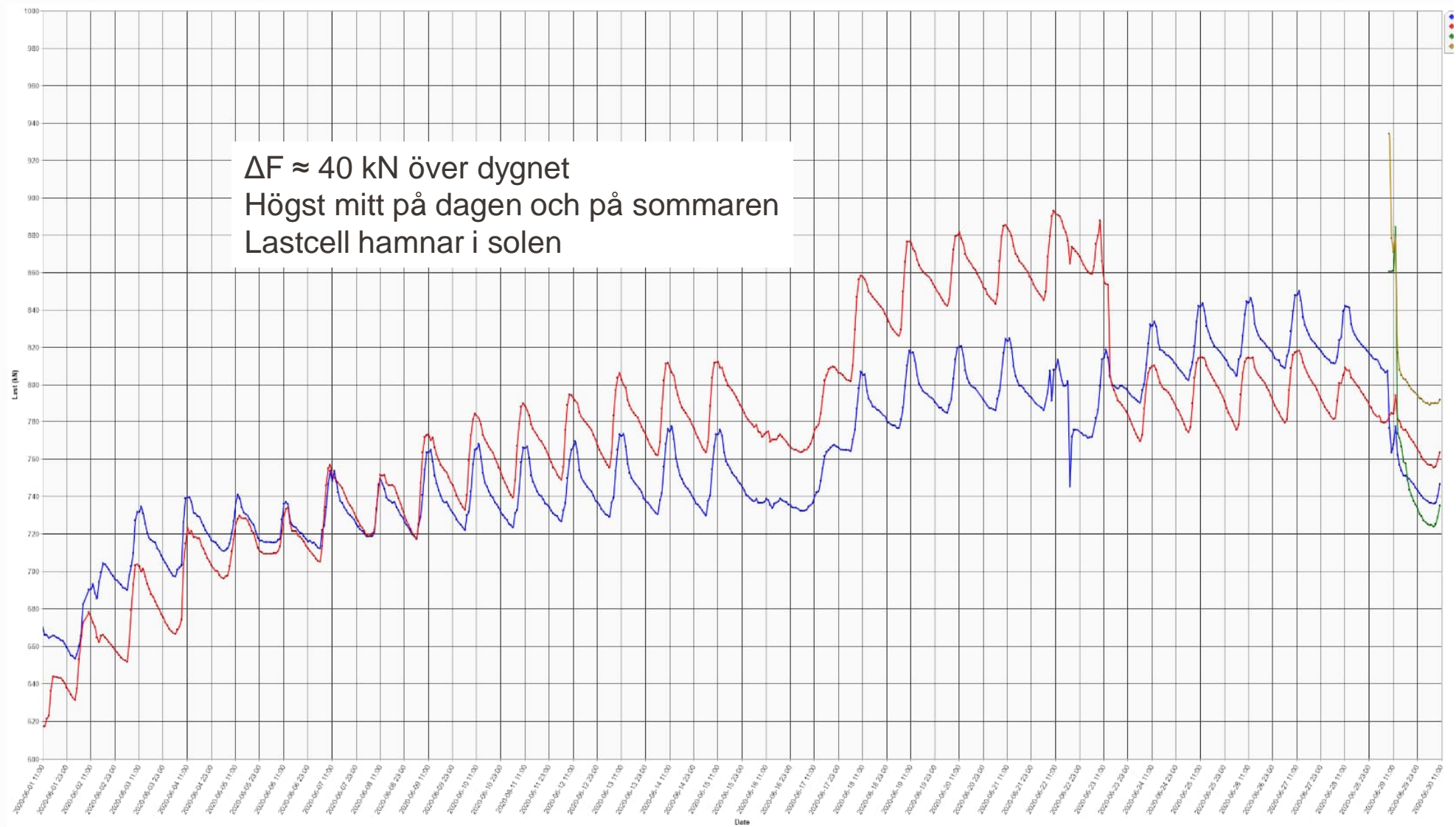
- 8 m schakt, plattgrundlagd 7 m hög stödmur ovanför (15 m totalt)



Mätningar – Ordonnansen på Gärdet i Stockholm

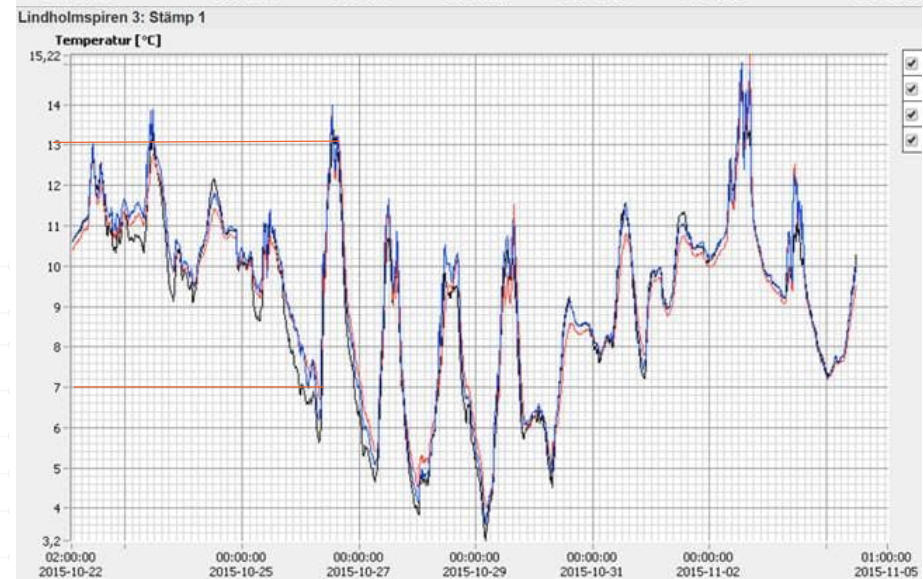
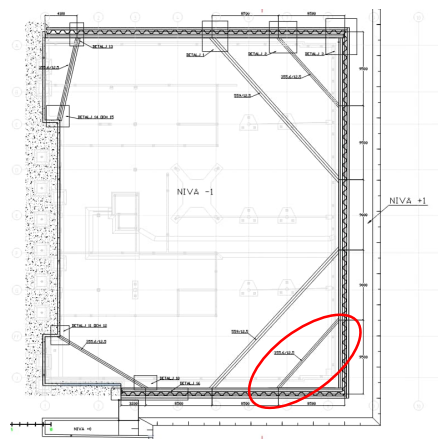


Ordonnansen på Gärdet i Stockholm



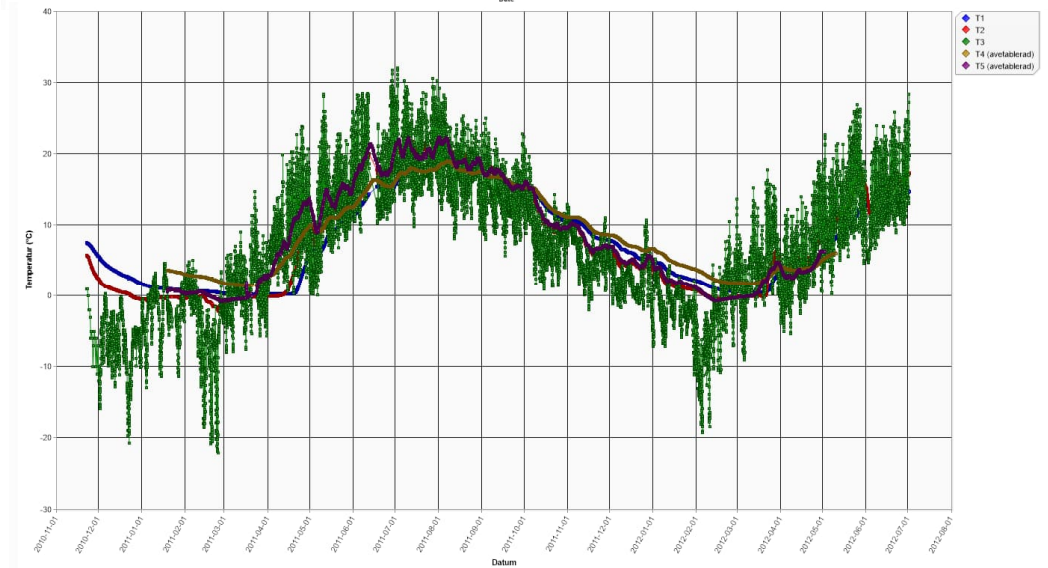
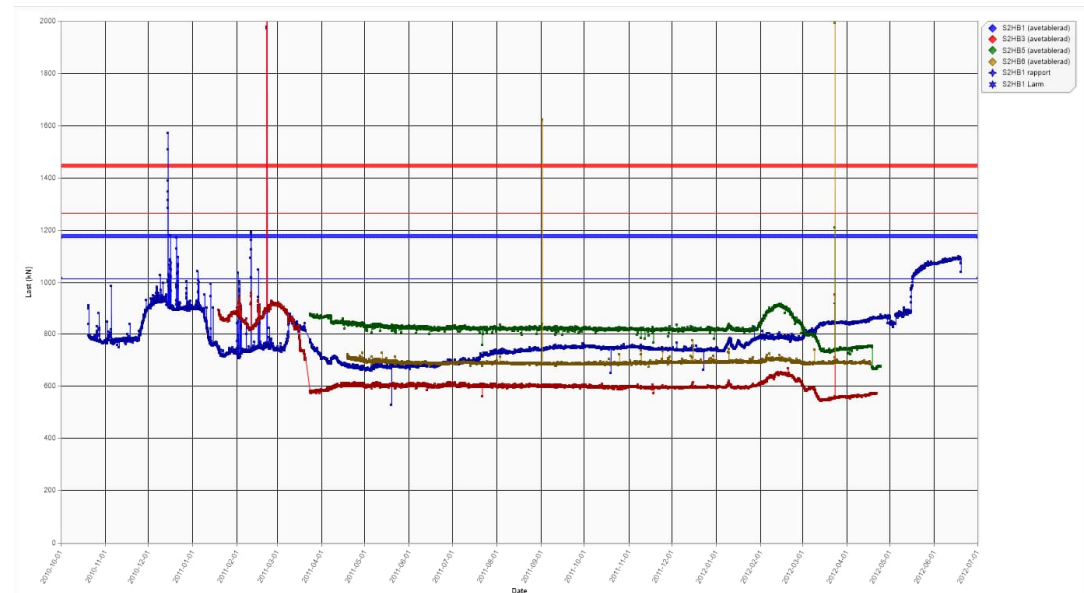
Lindholmspiren/Blenda stämp

- Lasten i stämpet följer ökningen i temperatur mer eller mindre direkt
- Uppmätt skillnad i last: 65 kN
- Uppmätt temperaturskillnad: 6°C
- Beräknad last, helt hindrad: 204 kN
- Kvot 32% (65/204)



NL 41

- 4 hammarbandsnivåer, lera
- Syns en ökning av staglast
 - Slutet 2010-mars 2011
 - Februari-mars 2012
- En del spikar under den första kalla perioden



Reflektioner

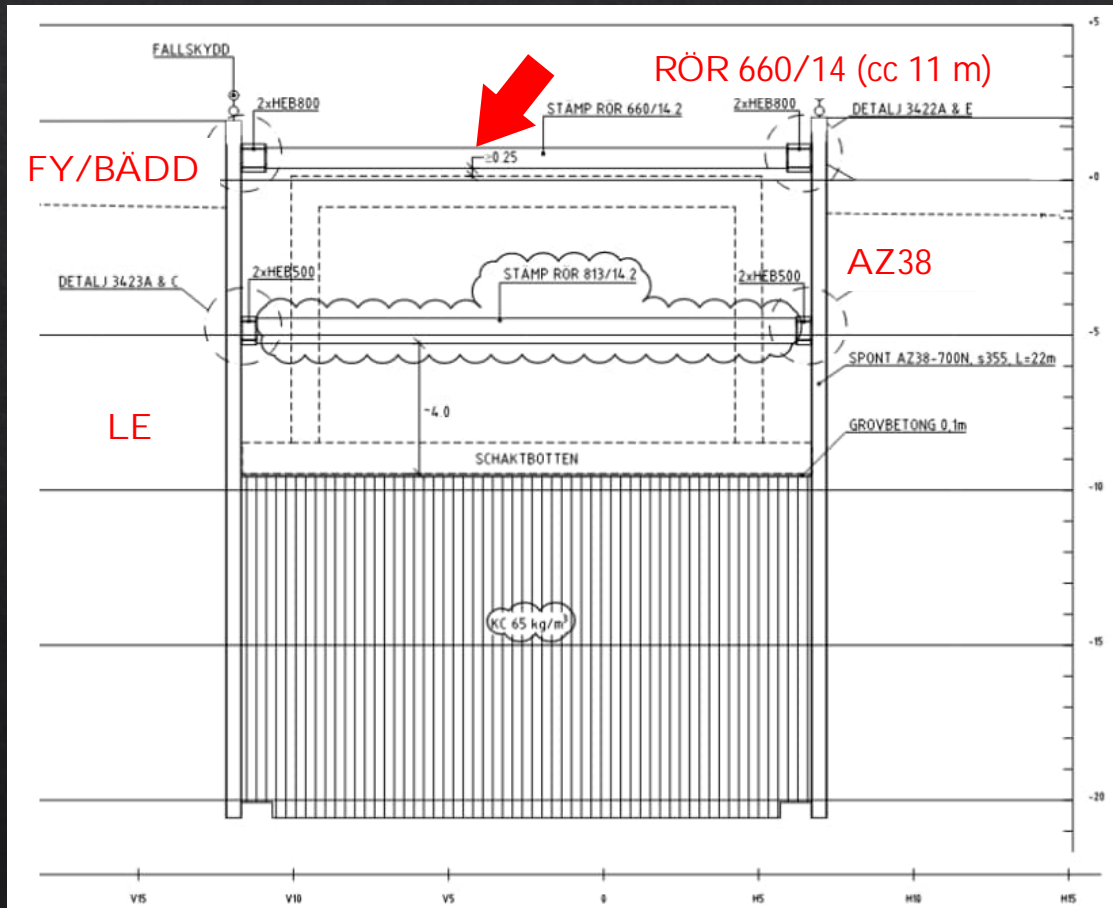
- Ordonnansen: Störst växling när givaren hamnar i solen
 - Silt långt ner → Berget
- Lindholmspiren/Blenda: Varierar direkt med temperaturen
 - Beakta randvillkoren, inte helt hindrad
 - Osäkerheter: Hur hindrad strävan är samt hur snabbt/jämnt den värmts upp
 - Stor skillnad enligt normen om stämpets yta är ljus
- NL41: Kall vinter och lokalt höga ökningar, över tid cirka 20 %
 - Kyla under tid
- Viktigt att ha värme redo vid risk för kraftigt tjälände jord
 - Permanenta sponter kräver extra eftertanke



Västlänken, E02 Station Centralen

Temperatureffekter på Geokonstruktioner

Sektion och placering

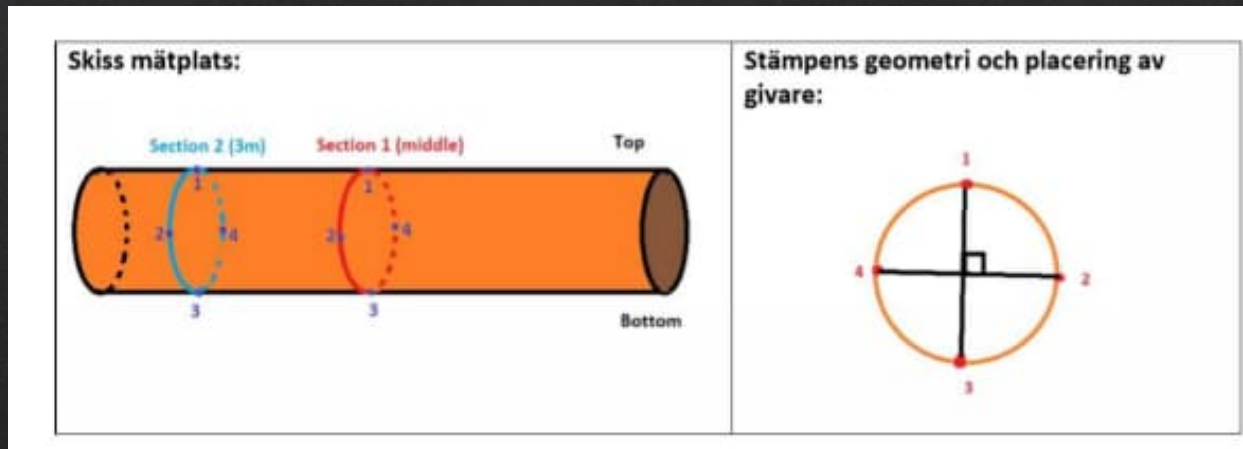


Bilder



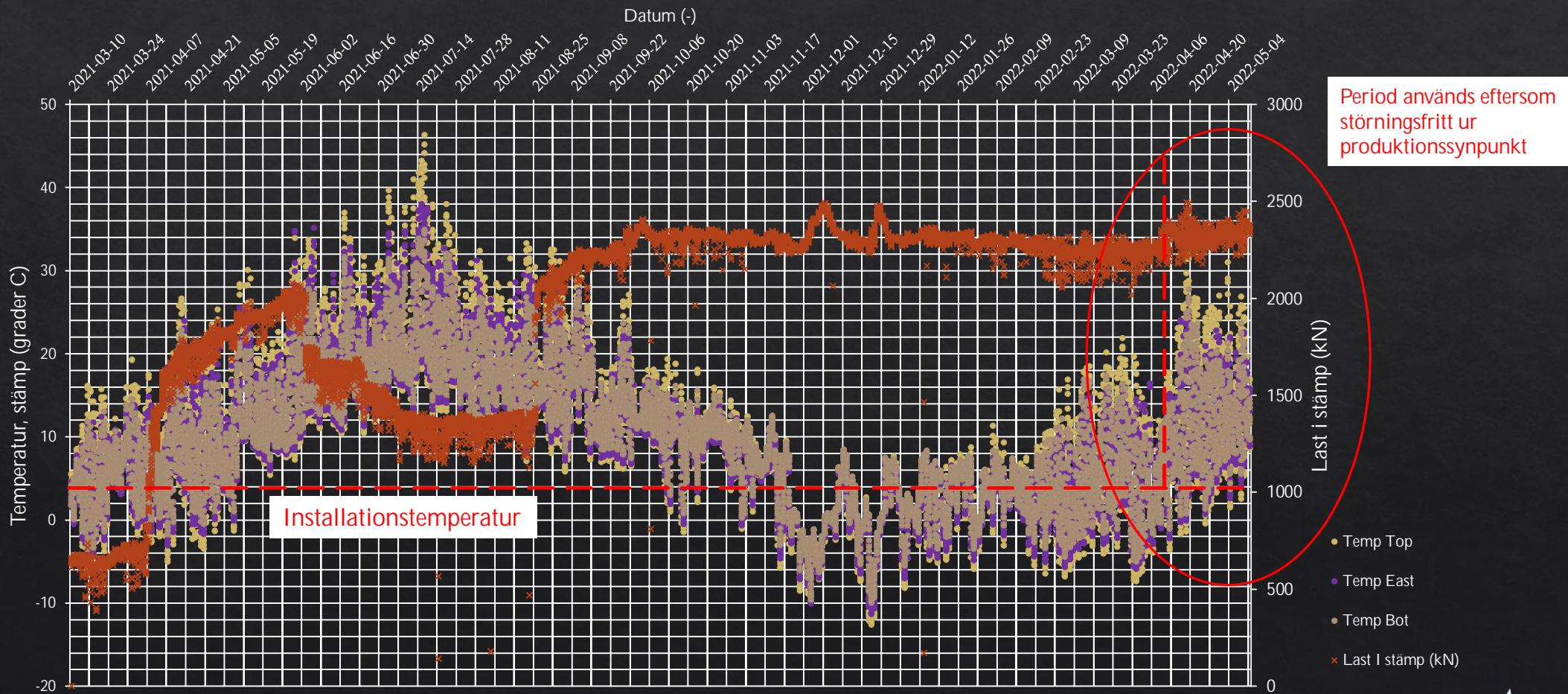
- ◇ Inga åtgärder förutom mätning, och möjlighet att snabbt kyla eller släppa på stämpan och ta bort skims
- ◇ I dimensionering finns 10% utrymme för att hinna hantera effekter.

Trådtöjningsgivare

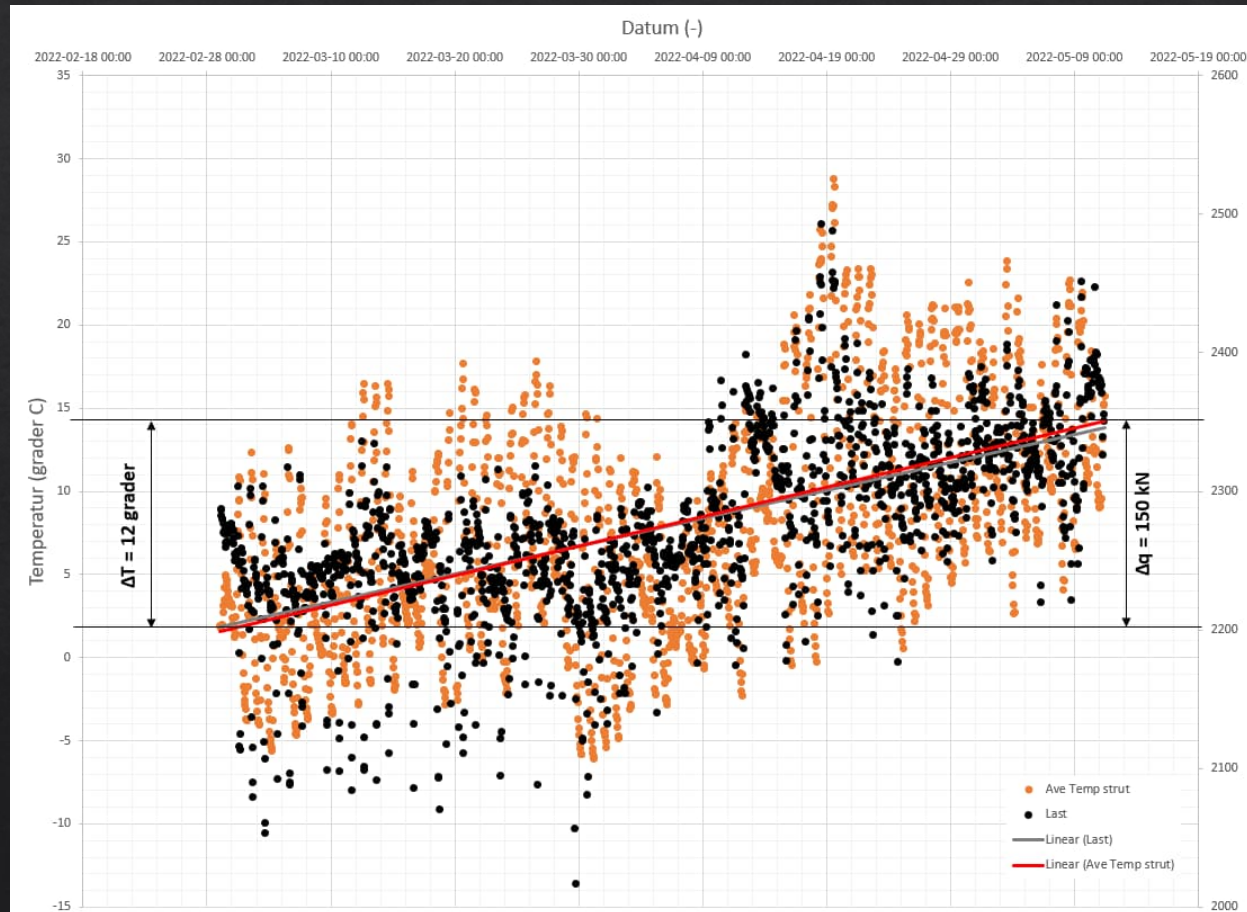


- ◆ Termometer limmad mot stålet på insida av instrument

All mätdata



Säsongsvariation



Utvärdering - dimensionering

Temperaturutvidgning:
 $\delta L = \alpha * L * \Delta T$ 3 mm

Plaxis – påtvingad rörelse

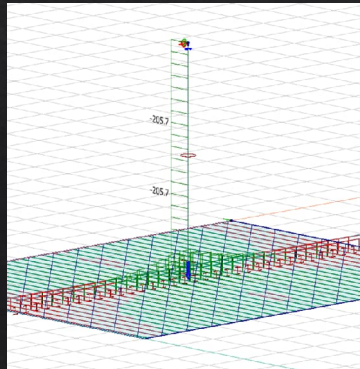
Helt hindrad:

$$\varepsilon = \delta L / L$$

$$\sigma = \varepsilon E$$

$$F = \sigma A$$
 900 kN

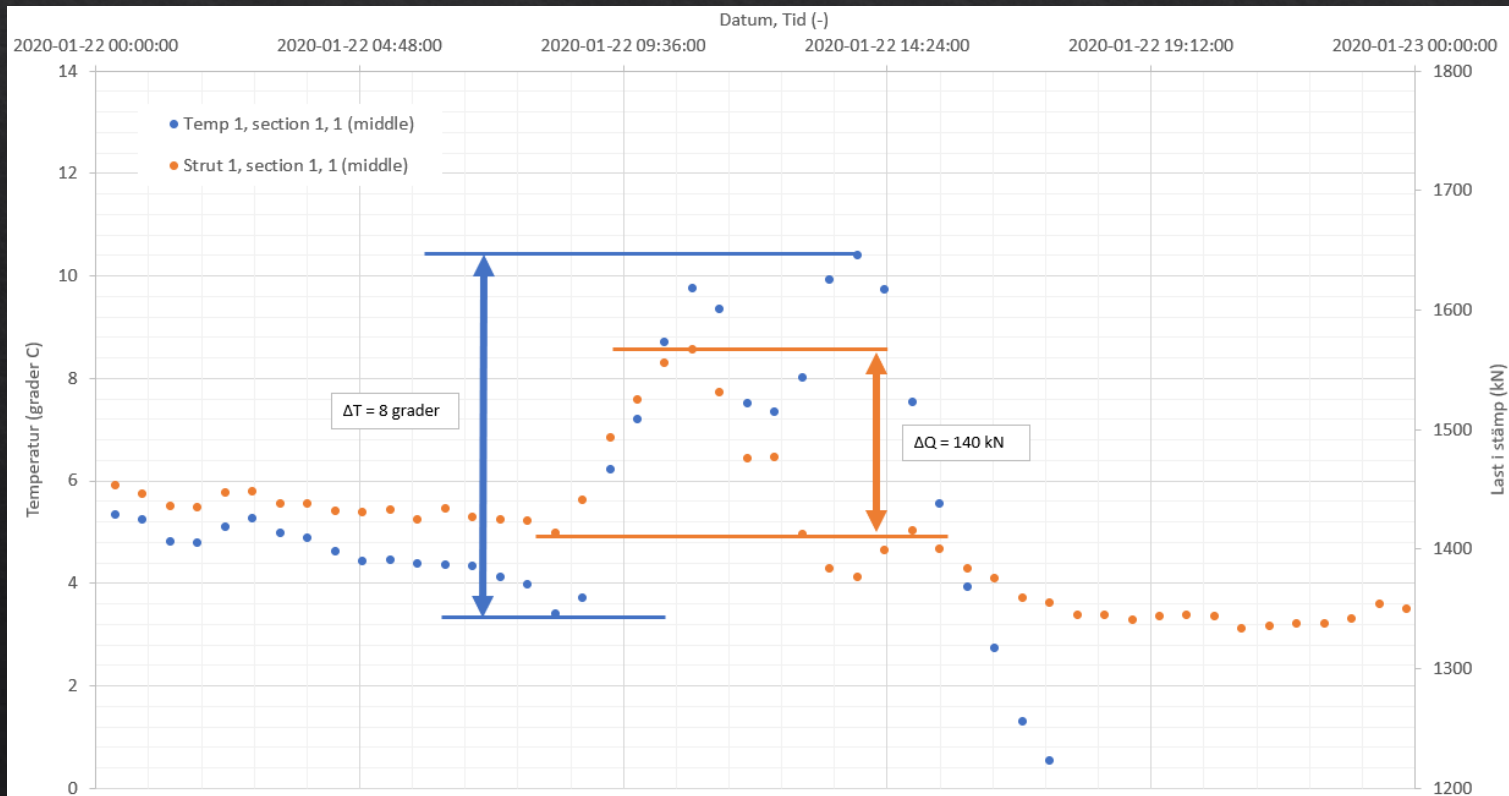
Fjäderkonstant/Bäddmodul



(205 kN)

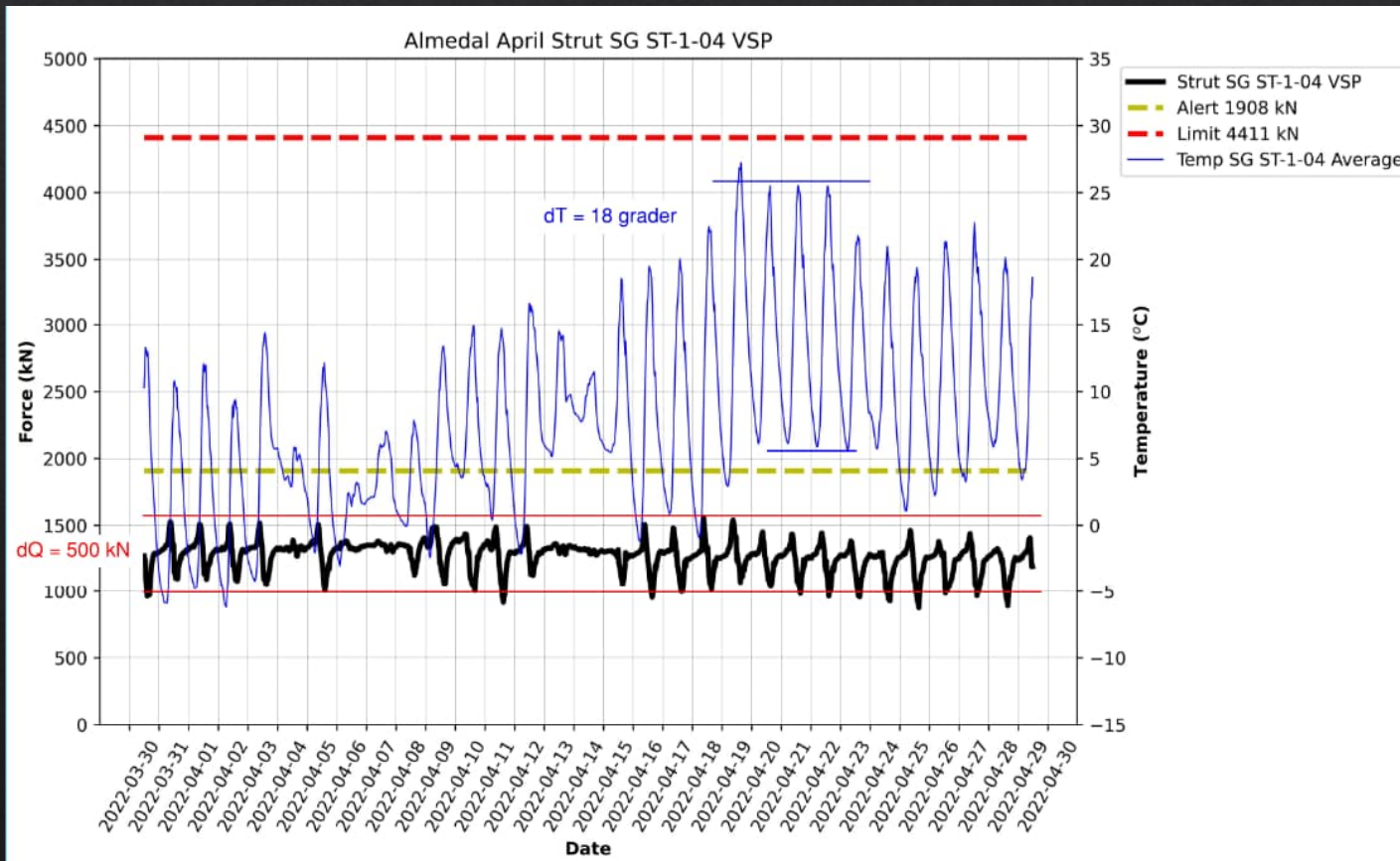
Uppmätt: 150 kN

Dygnsvariation



Helt hindrad: 600 kN
Uppmätt: 140 kN

Jämförelse Almedal (E05)



Helt hindrad: 2200 kN

Uppmätt: 500 kN

Reflektion

Temperatureffekter måste beaktas - Ingå i dimensioneringen eller mätning + åtgärd

Vid dimensionering

- ◇ Temperatureffekter bör ses som en tvångsrörelse, att anse stämp som helt hindrat är ofta allt för konservativt

Hänsyn till styvheten bör tas genom Fjäder eller Numerisk modellering

- ◇ Val av ΔT kan diskuteras vid dimensionering
- ◇ Spänningssituationen i jorden påverkar motståndet (passivt jordtryck bakom stämp)

Vid mätning + åtgärd

- ◇ Exempel på ”enkla” åtgärder för att inte ”överdimensionera”;

Vattenkylning, målning, isolering, värmefläkt