

Rivningen av testdammen i Älvkarleby

Undersökning av en fyllningsdamm efter fyra års drift

Johan Lagerlund YRLC

Introduktion och mål

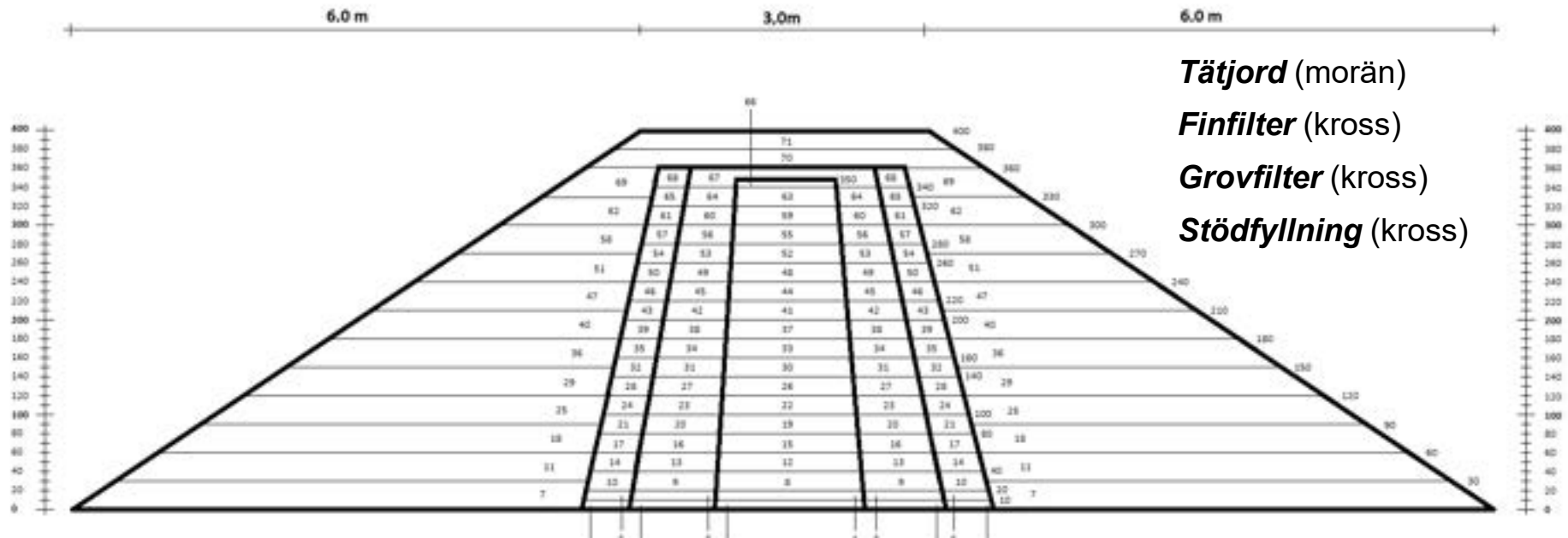
- Inbyggda defekter.
- Icke-förstörande provning för detection (UU, LTU, LTH, HydroResearch, Malå Geoscience).
- Studera dammens respons vid ökad flexibilitet (kraftspill)
- Borrning och injektering
- 30 - 40 vetenskapliga publikationer samt 3 PhD studenter

Är dammen fortfarande densamma som vi byggde år 2019 ?

Dammens uppbyggnad

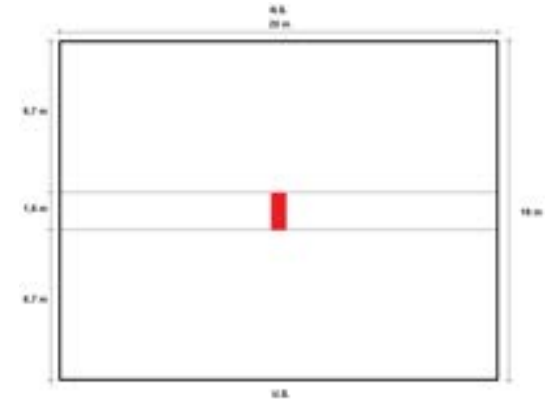
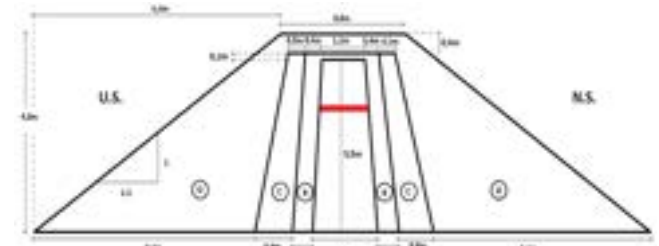
4m hög, 20-21m bred, 15m US-NS (1.500 ton material)

Designad enligt standard "RIDAS 2012"



Dammens uppbyggnad

Defekter



Dammens uppbyggnad

Defekter



”hålighet”



”Gammalt injekteringsbruk”



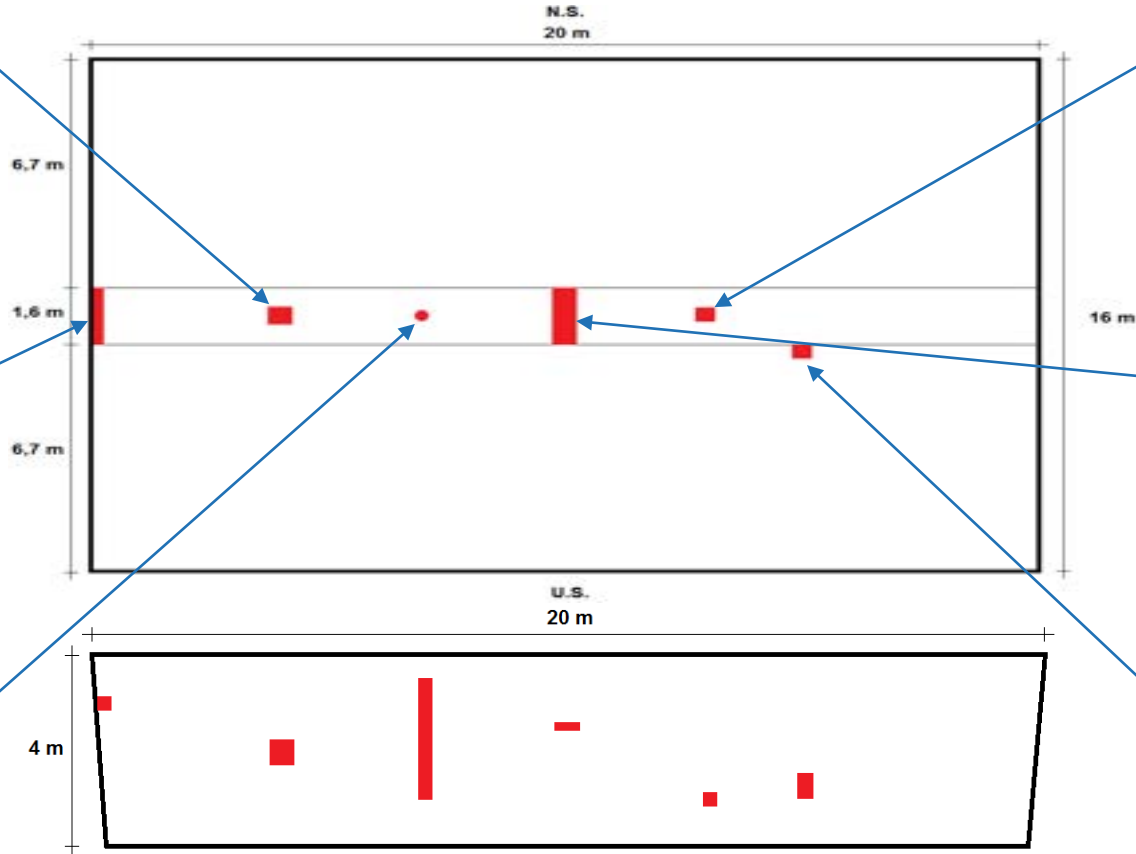
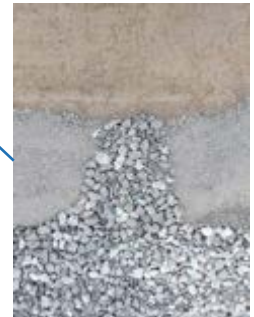
”Högpermeabel horisontal zon”



”Högpermeabel vertikal zon”

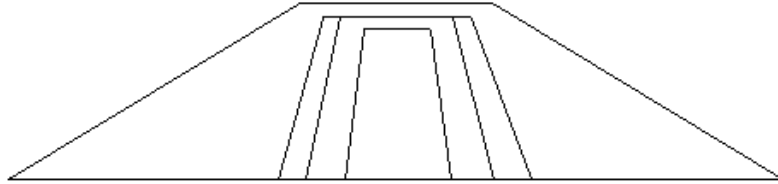
Dammens uppbyggnad

Defekter

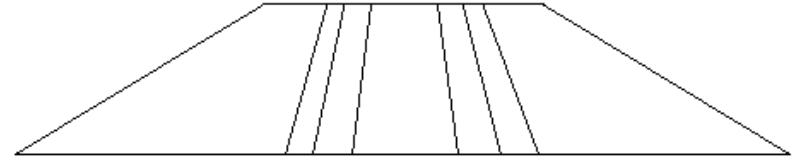


Rivningssekvens

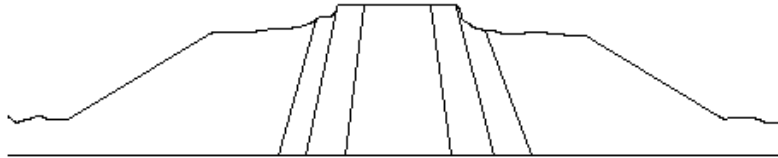
“Utifrån-och-in-som-en-osthyvel”



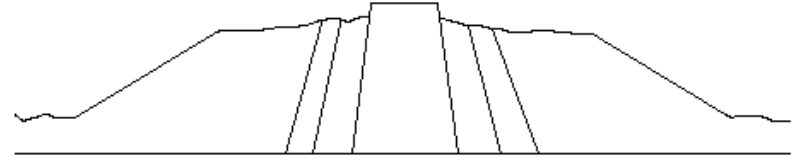
1



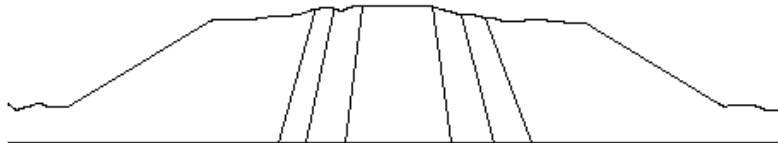
2



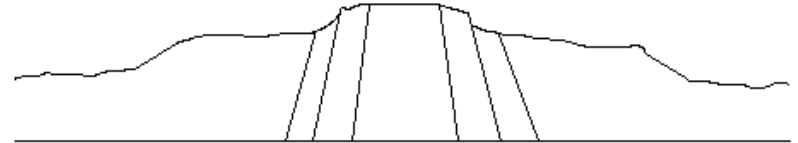
3



4

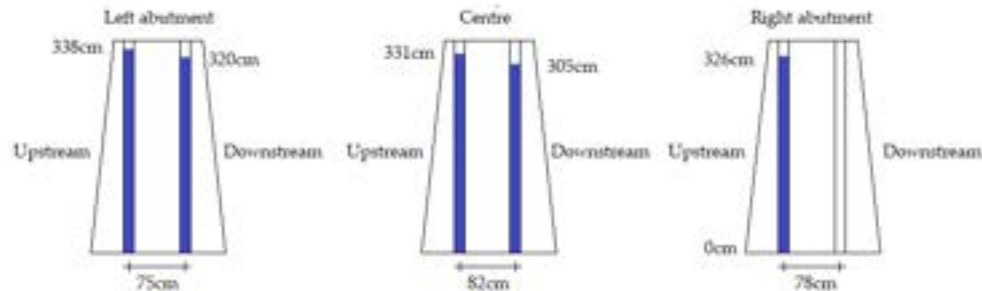
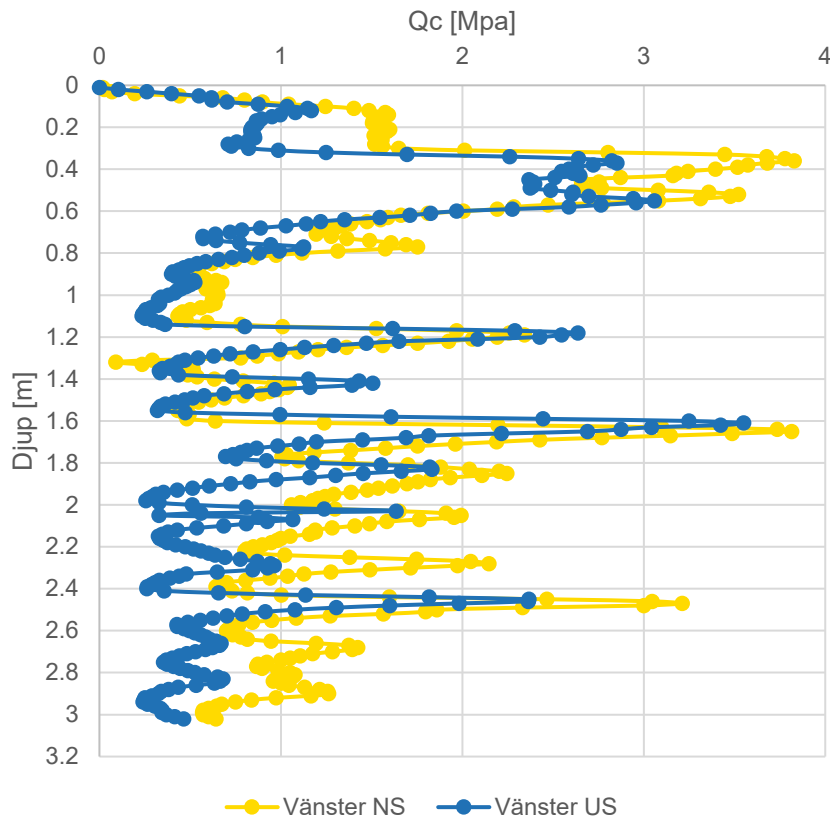


5



6

Innan rivning – CPT, vattenstånd



Vattenyta i reservoar = 325cm!!!



Innan rivning – CPT, vattenstånd



Skum hade bildats i hålen dagen efter – Luft i tätjord eller orsakat av CPT

Tätjordskrönet

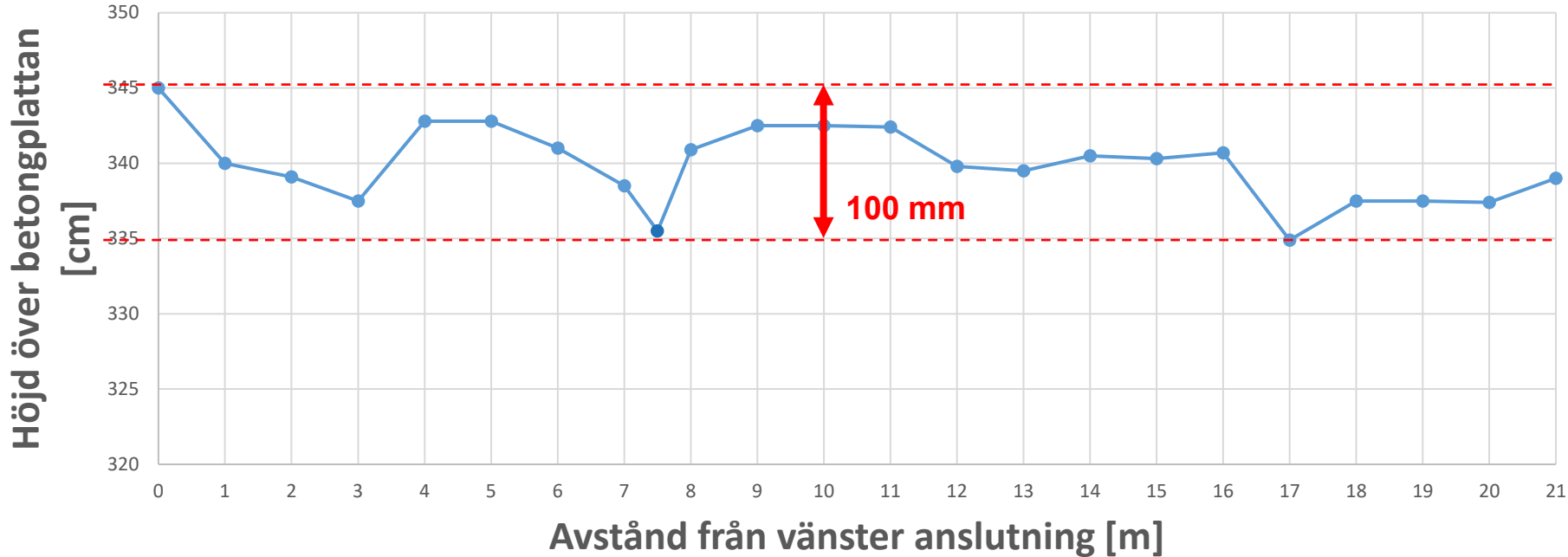


2019



2024

Inmätning av tätjordskrönet



När dammen byggdes 2019 låg tätjordens krön på 347cm med felmarginal inom 5 mm

Anslutningarna vid krönet



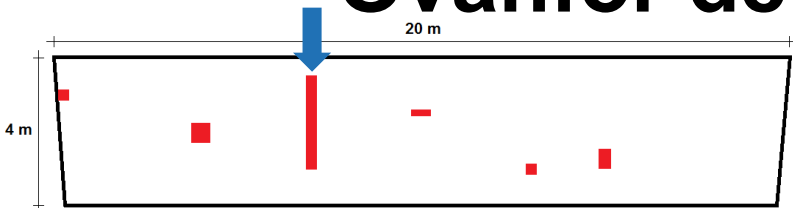
10° lutning



6° lutning



Ovanför den vertikala defekten



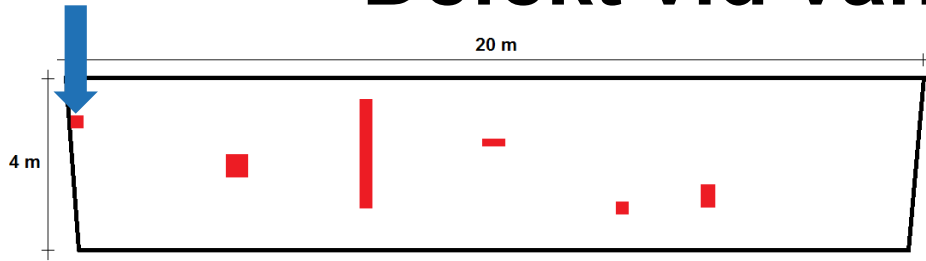
2024



2019



Defekt vid vänster anslutning



2019



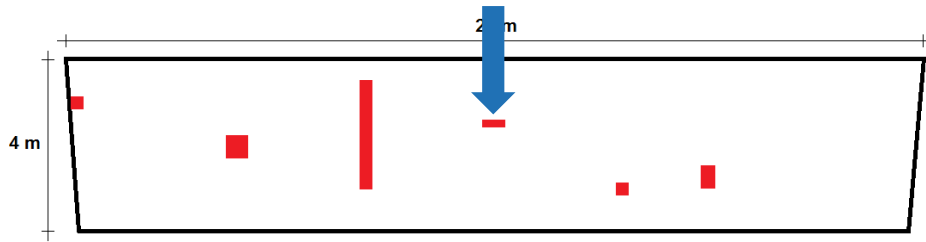
2024

VATTENFALL 



2024
Urspolning

Defekt centralt



2019

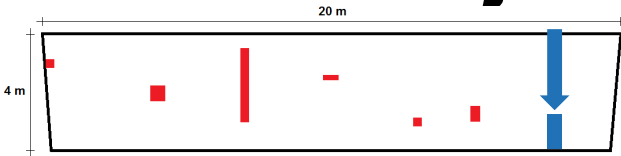


2024



2024
20% finmaterial i finfilter!
Språnggraderad

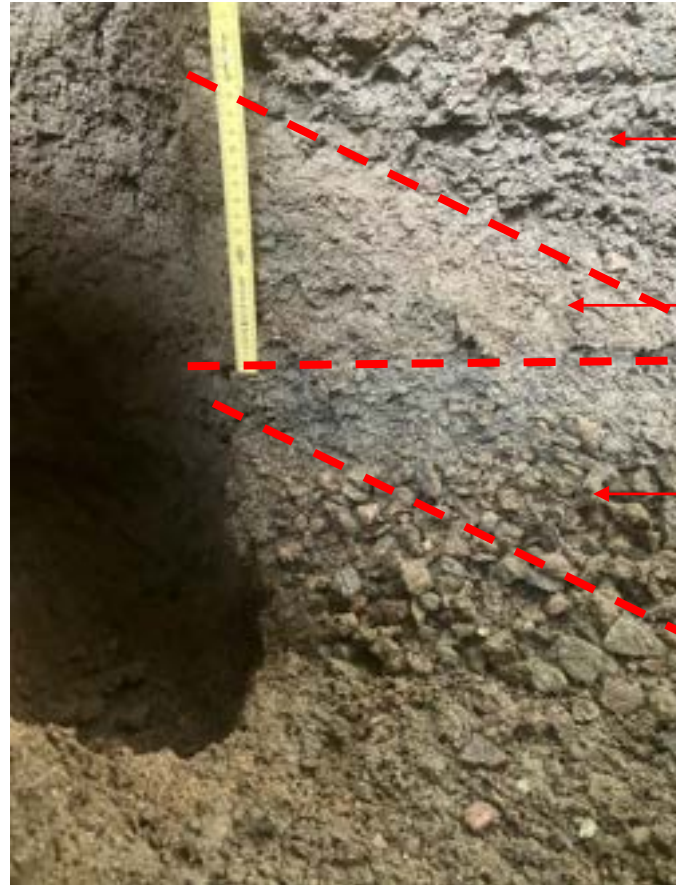
Sjunkhål under utveckling



Sjunkhålet har gått in i NS finfilter

Zon mellan sjunkhål – intakt tätjord

NS finfilter och tätjord liksom
”gifter sig” i denna zon

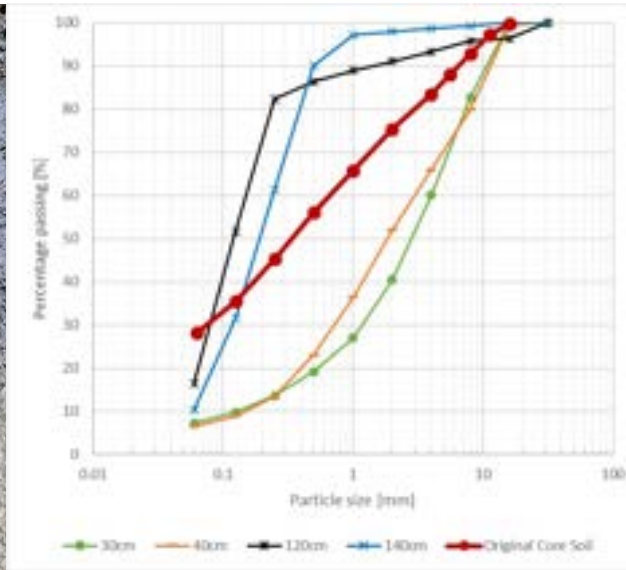


Finfilter

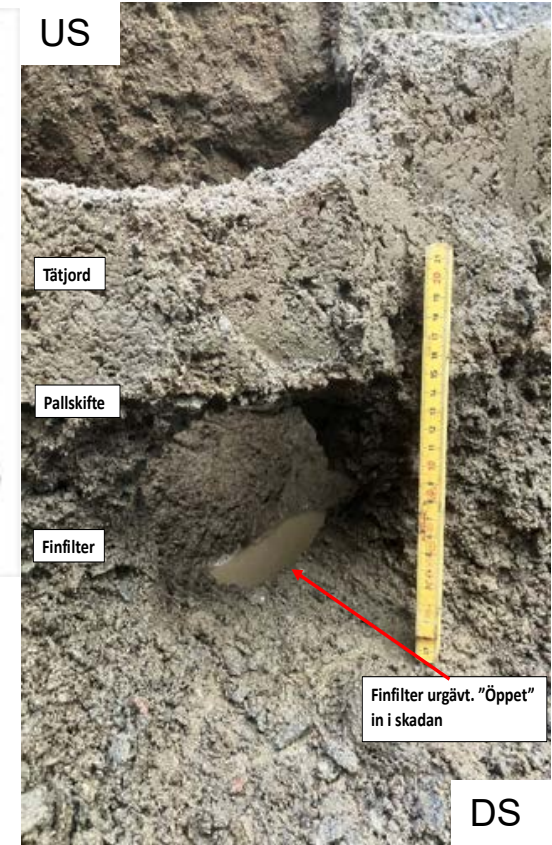
Tätjord

Finfilter

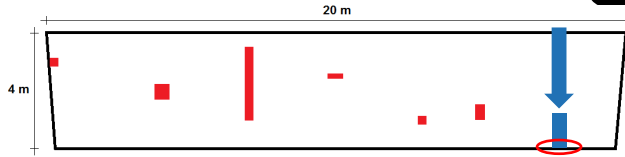
Sjunkhål under utveckling



Hydraulisk sortering?



Under sjunkhålet



NS



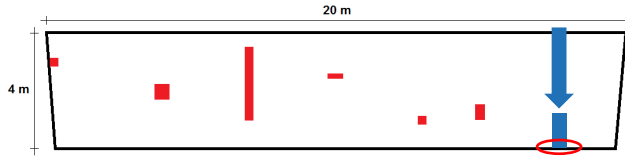
US



NS

US

Under sjunkhå



Under sjunkhå

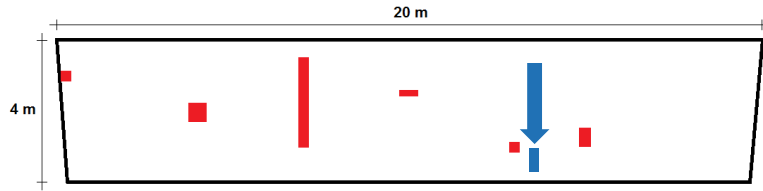


Kompositbild – det vita är rester från bentonittätning

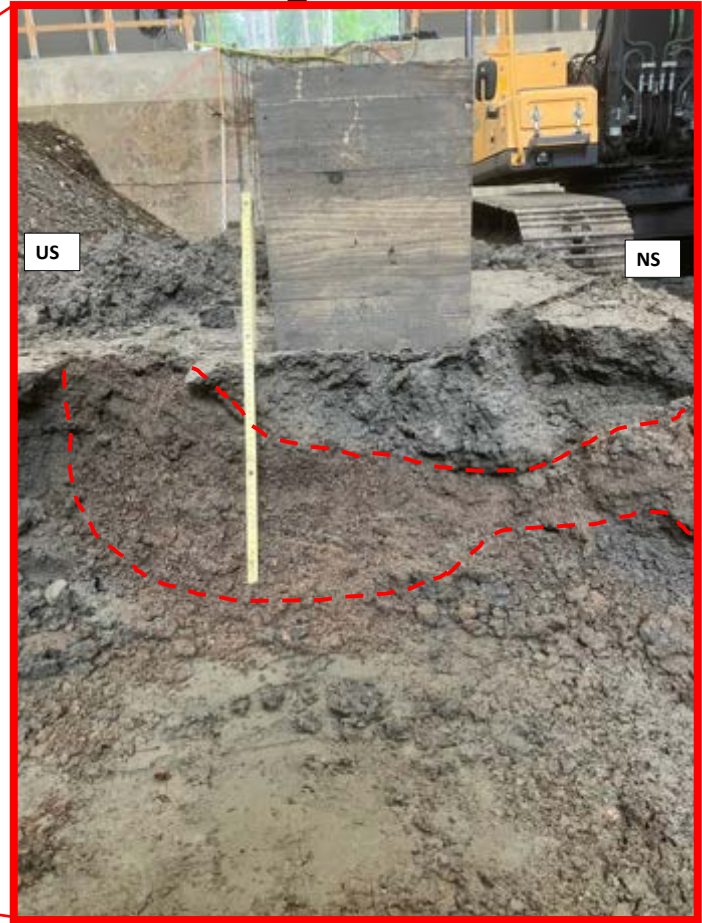
Under sjunkhå



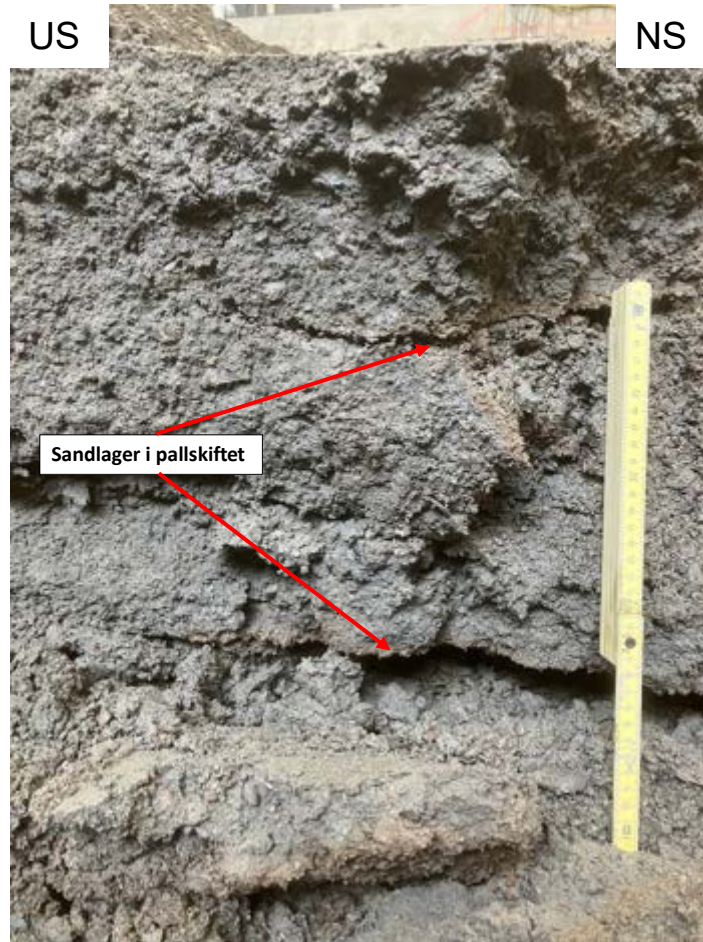
Sandigt lager genom tätjord



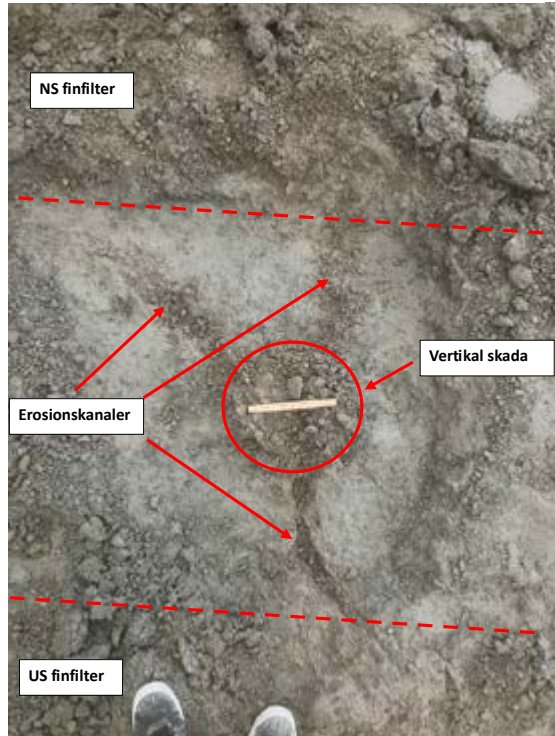
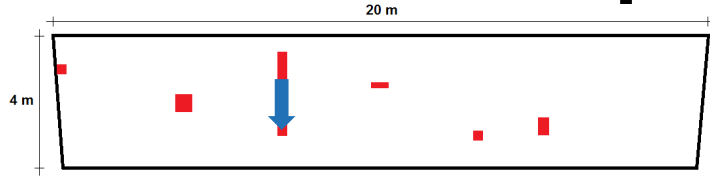
Träkub har
flyttats!!



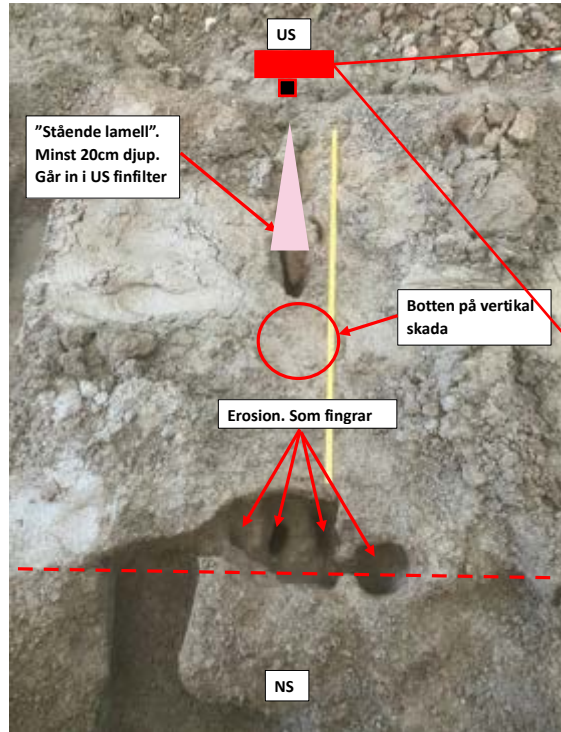
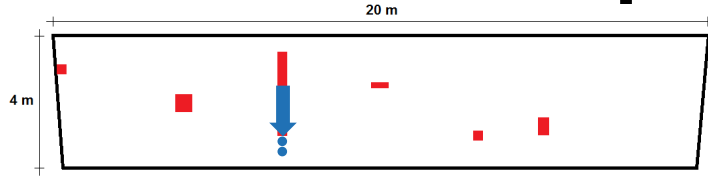
Initierad erosion i pallskiften



Piping genom tätjord



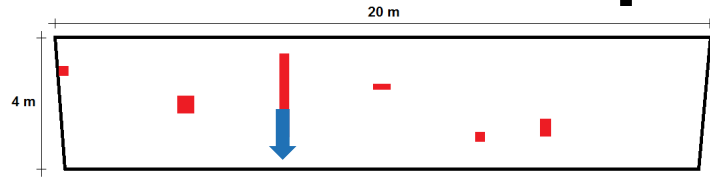
Piping genom tätjord



Ingen synbar kontakt mellan botten av vertikal defekt och de tre "pipesen"



Piping genom tätjord



Ovanifrån



Från sida. Foto taget mot höger anslutning

Erosion vid höger anslutning

50cm höjd



Kompositbild

Erosion vid höger anslutning



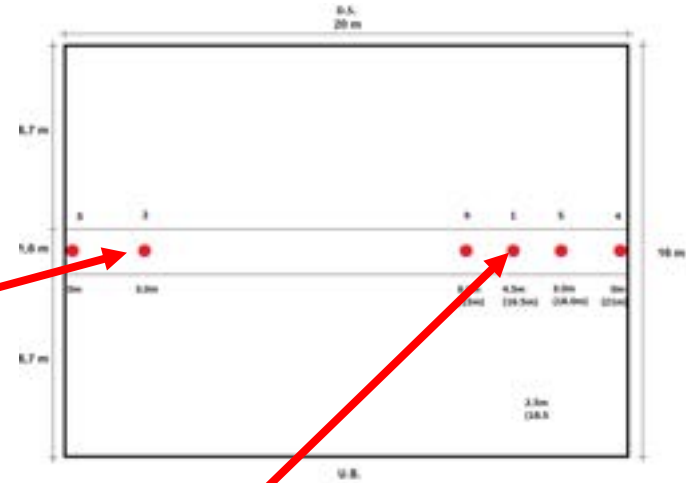
50cm höjd



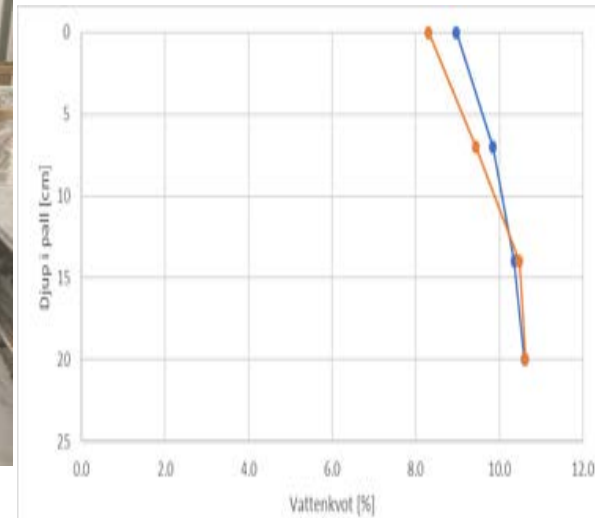
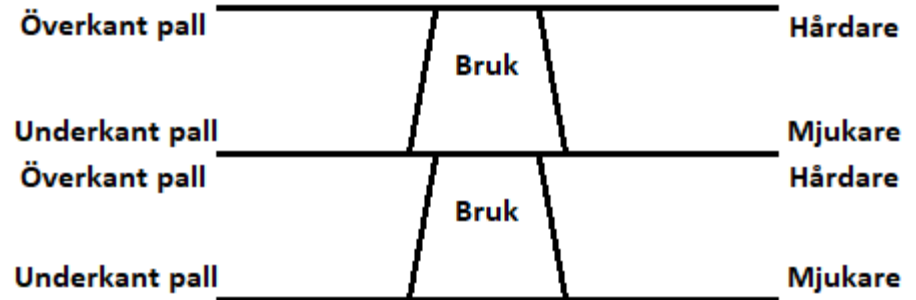
Ingen erosion vid vänster anslutning



Injekteringar



Injektering



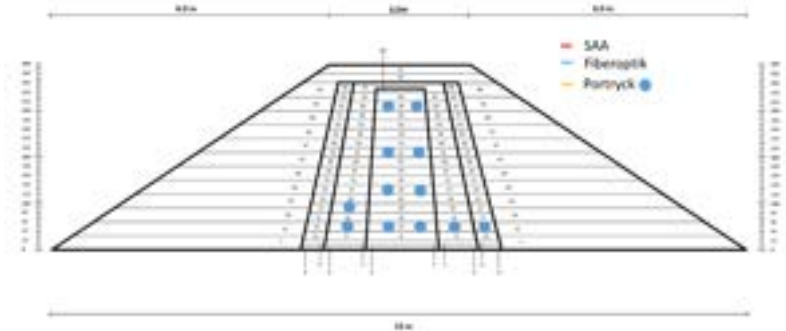
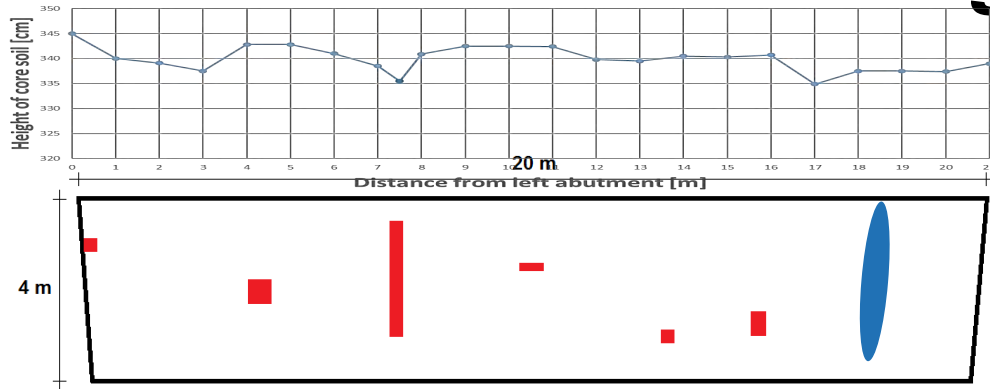
Injektering med FÖR höga tryck



Ursprungligt
injekteringshål

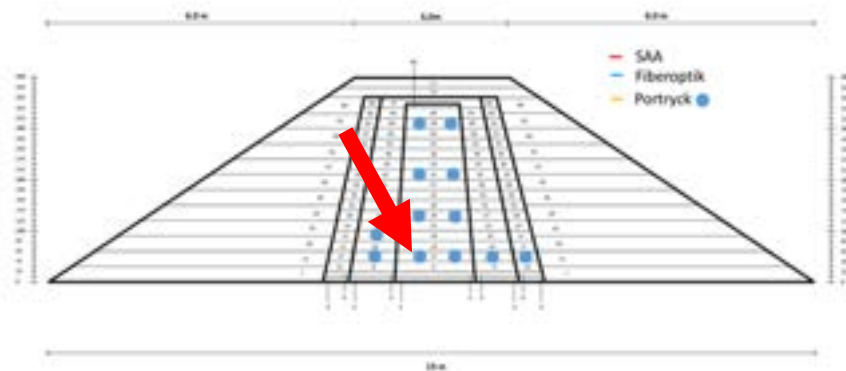


Sättningar



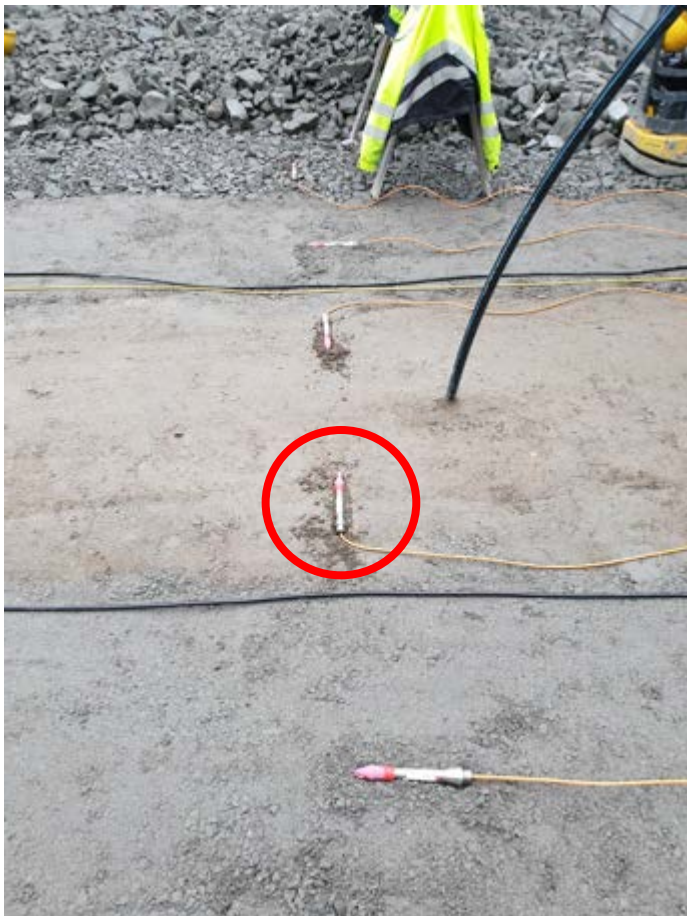
	Givare	Ursprungligt djup [m]	Nuvarande djup [m]	Diff [cm]	Höjd	Sättning [%]
NS Grov	Portrycksgivare 1	3.850	3.875	-2.5	0.260	-9.5
NS Fin	Portrycksgivare 2	3.863	3.894	-3.1	0.247	-12.4
NS Tät	Portrycksgivare 3	3.863	3.886	-2.3	0.247	-9.4
US Tät	Portrycksgivare 4	3.864	3.903	-3.9	0.246	-15.9
US Fin	Portrycksgivare 5	3.836	3.868	-3.2	0.274	-11.8
US Fin	Portrycksgivare 6	3.404				
NS Tät	Portrycksgivare 7	2.971	3.043	-7.2	1.139	-6.4
US Tät	Portrycksgivare 8	2.975	3.052	-7.7	1.135	-6.8
NS Tät	Portrycksgivare 9	2.105	2.211	-10.6	2.005	-5.3
US Tät	Portrycksgivare 10	2.125	2.236	-11.1	1.985	-5.6
NS Tät	Portrycksgivare 11	1.069	1.165	-9.6	3.041	-3.2
US Tät	Portrycksgivare 12	1.074	1.179	-10.5	3.036	-3.5

Sättningar

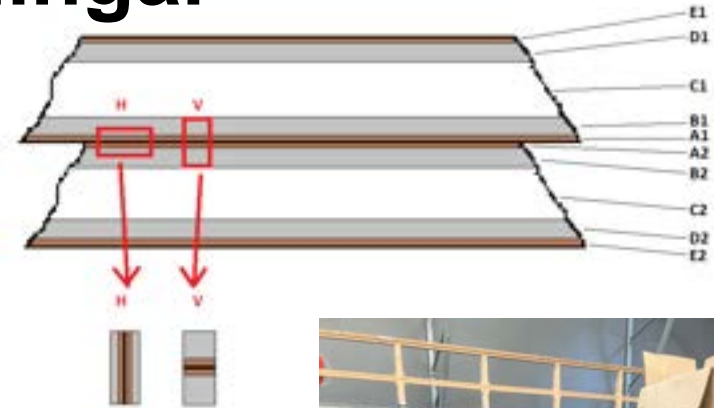
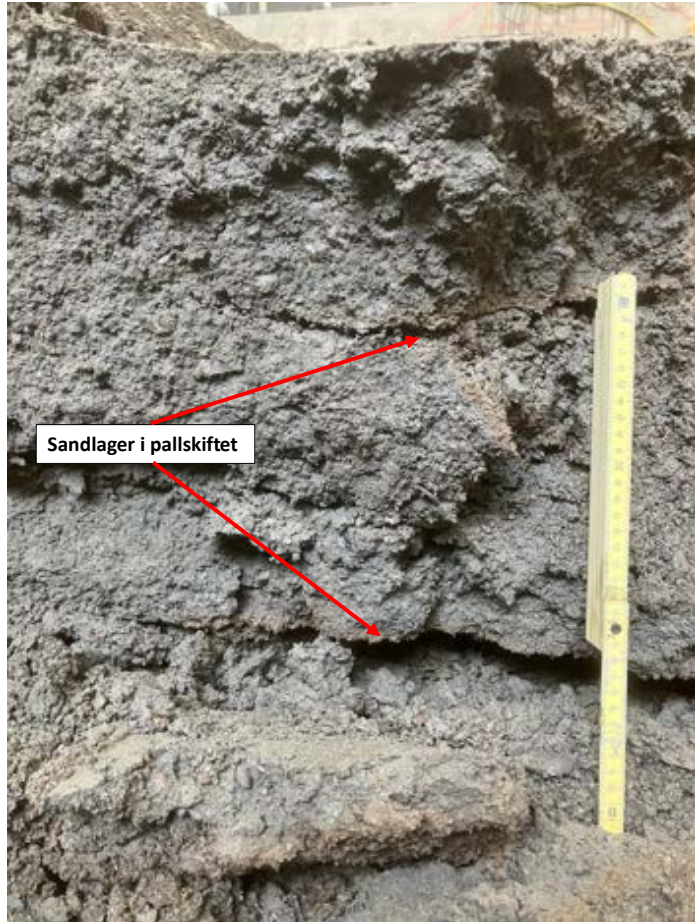


	Givare	Ursprungligt djup [m]	Nuvarande djup [m]	Diff [cm]	Höjd	Sättning [%]
NS Grov	Portrycksgivare 1	3.850	3.875	-2.5	0.260	-9.5
NS Fin	Portrycksgivare 2	3.863	3.894	-3.1	0.247	-12.4
NS Tät	Portrycksgivare 3	3.863	3.886	-2.3	0.247	-9.4
US Tät	Portrycksgivare 4	3.864	3.903	-3.9	0.246	-15.9
US Fin	Portrycksgivare 5	3.836	3.868	-3.2	0.274	-11.8
US Fin	Portrycksgivare 6	3.404				
NS Tät	Portrycksgivare 7	2.971	3.043	-7.2	1.139	-6.4
US Tät	Portrycksgivare 8	2.975	3.052	-7.7	1.135	-6.8
NS Tät	Portrycksgivare 9	2.105	2.211	-10.6	2.005	-5.3
US Tät	Portrycksgivare 10	2.125	2.236	-11.1	1.985	-5.6
NS Tät	Portrycksgivare 11	1.069	1.165	-9.6	3.041	-3.2
US Tät	Portrycksgivare 12	1.074	1.179	-10.5	3.036	-3.5

Sättningar



Provtagningar



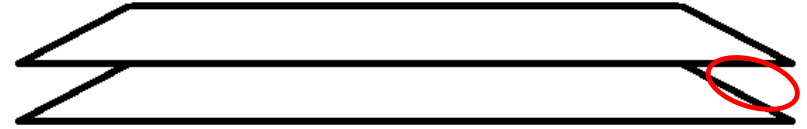
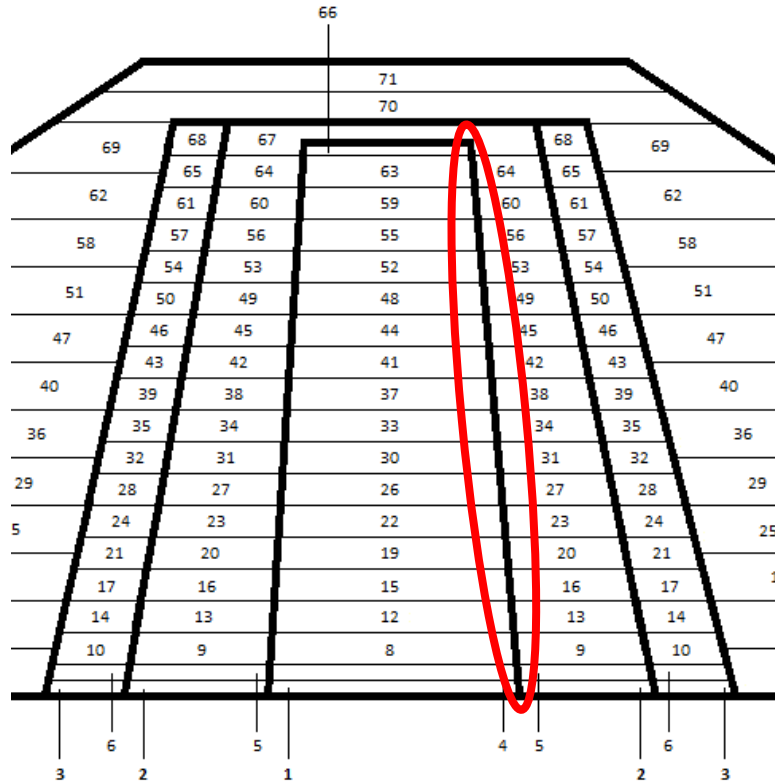
Hydraulisk konduktivitet

Djup [m]	Horisontellt		Vertikalt [10 ⁻⁸ m/s]
	Pallskiftet [10 ⁻⁸ m/s]	Mitt i pallen[10 ⁻⁸ m/s]	
1.2	47.5	8.7	3.4
2.1	1.6	1.0	0.8
3.2	3.7	0.8	1.2
3.8	2.1	0.7	0.7

Hor/ver hydraulisk konduktivitet	
Pallskiftet	Mitt i pallen
14.0	2.6
2.0	1.3
3.1	0.7
3.0	1.0

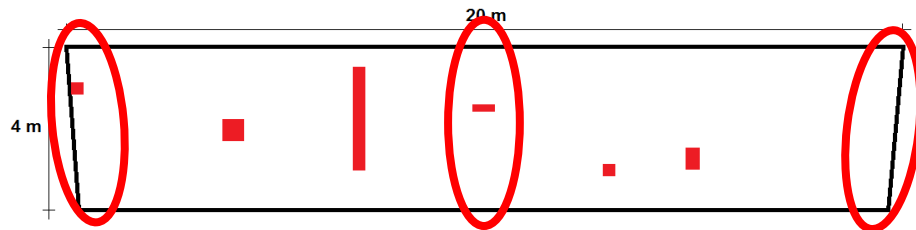
Så här många gånger mer
genomsläppligt är tätjorden
horisontellt jämfört med vertikalt

Siktning



Siktning finfilter

Nedströms



2019		% Skillnad		
Djup [m]	% finmtrl.(<0,063mm)	Vänster	Mitten	Höger
1.2	6.1	2	30	5
1.6	4.4	5	25	10
1.9	6.9	-28	38	120
2.3	7.4	21	21	20
2.6	5.7	13	41	-7
3	5.5	-26	44	56
3.4	6.5	8	21	30
3.8	7.2	33	36	57

Flödesbild vid anslutningar

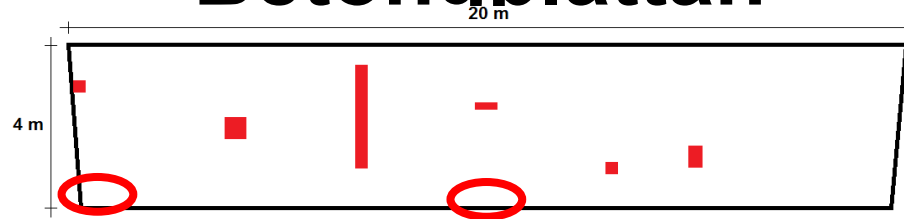


Vänster



Höger

Betonplattan



Grovfiltret



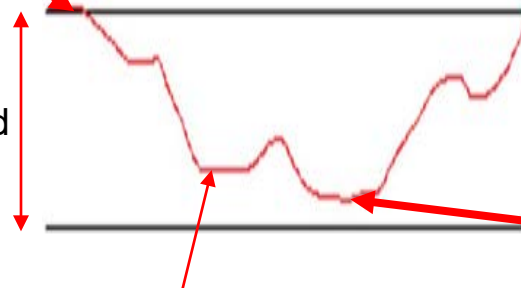
Densitet

"Samma" nivå



Toppen av pall - hårt

Pallhöjd



Grävmaskinens "snitt"



Botten av pall - mjukt

Densitet

- Den mjuka nedre delen av varje pall var lätt att ta bort
- Den hårdare övre delen av varje pall hade fortfarande kvar märken från upprivningen under byggskedet

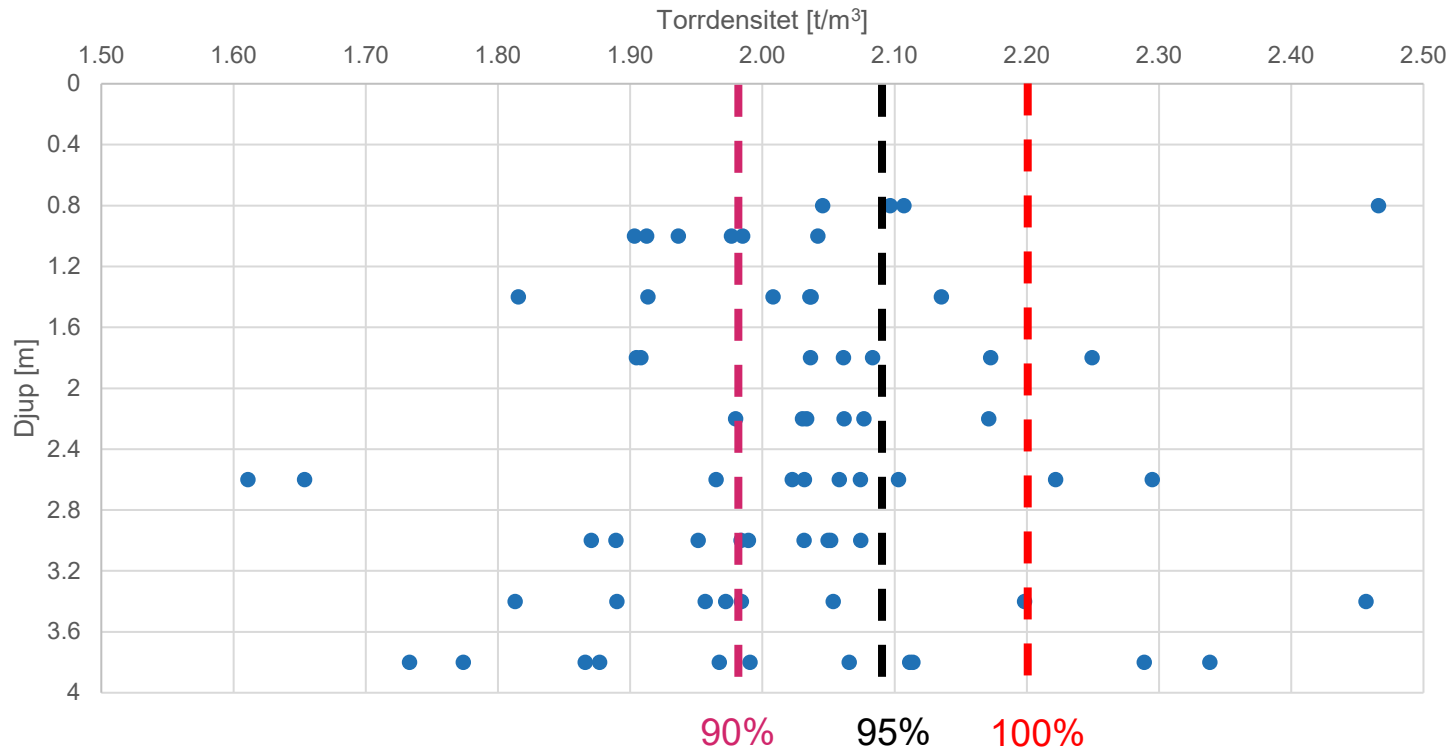


Hård överyta på underliggande pall



Mjuk underyta på överliggande pall

Densitet



Optimal torrdensitet $\sim 2,2\text{t/m}^3$

Vad händer nu?

- **Slutsatser om varför det blev sån omfattande skadebild?**
 - *Flertalet artiklar är på gång med förklaringsmodeller kring varför all erosion uppstod.*
- **Skalfaktorer?**
 - *Det som hände i testdammen kan hända i verkligheten. Konferensartikel presenteras i Zürich i sommar på ICPMG2026*
- **Testdammsprojektet som helhet?**
 - *SVC Syntesprojekt där ALLT (inklusive ovanstående artiklar) som gjorts inom testdammen ska sammanfattas i en rapport.*
- **Å sen då?**
 - *Ett nytt testdammsprojekt, med tillhörande PhD-projekt, planeras inför SVC:s nästa programperiod. Flera artiklar författas i detta nu. Etc...*