

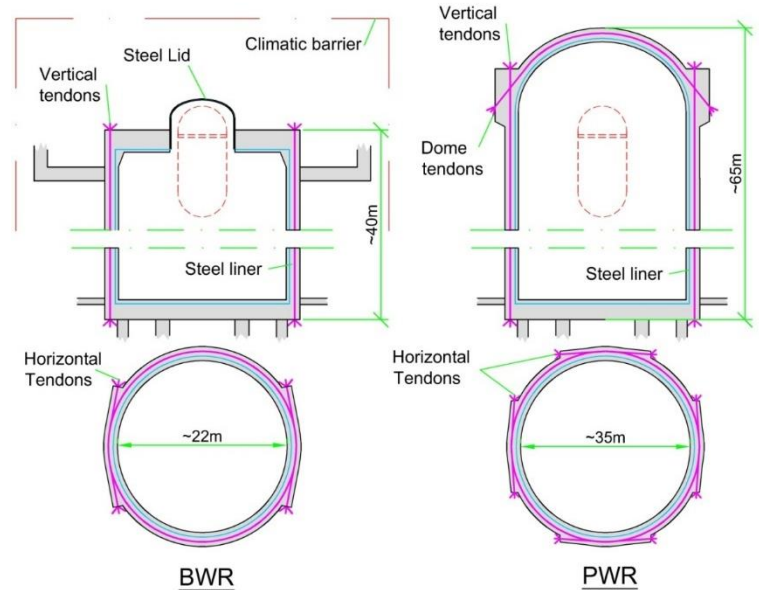
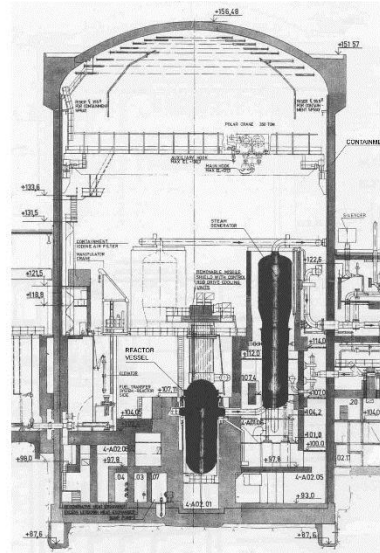
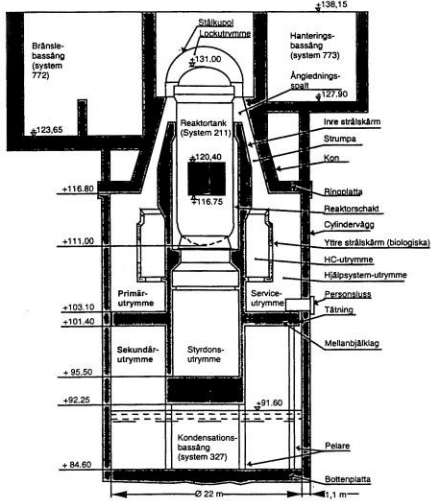
SPÄNNARMERING INOM KRAFTINDUSTRIN SAMT KORROSIONSSTUDIE AV BERGBULTAR

Kraftindustrins betongdag 20170422

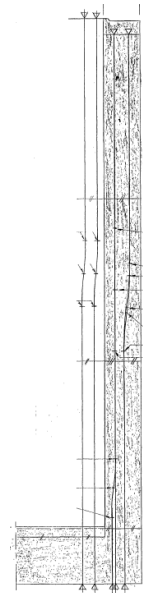
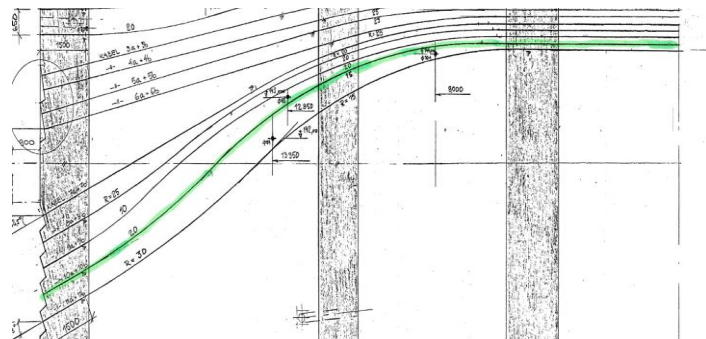
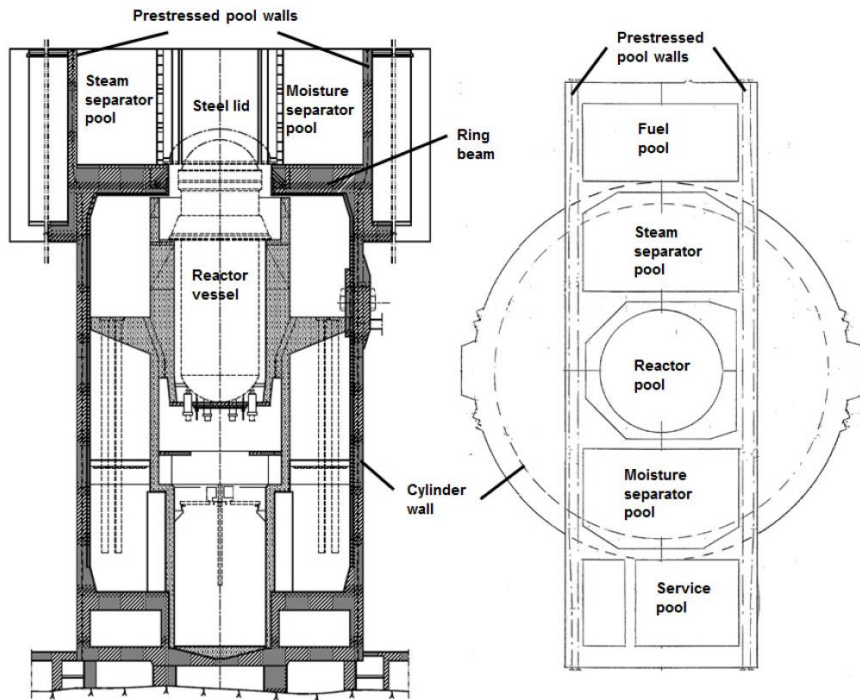
Peter Lundqvist – Vattenfall/Energiforsk

KÄRNMAGNET

Spännarmering används främst i reaktorinneslutningar

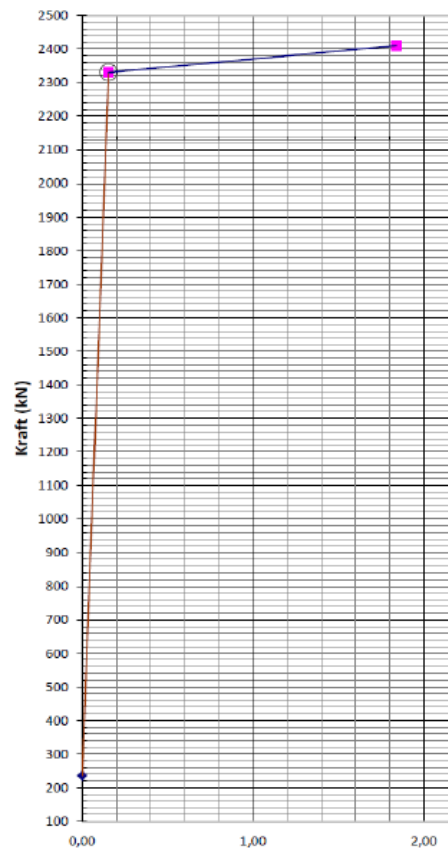
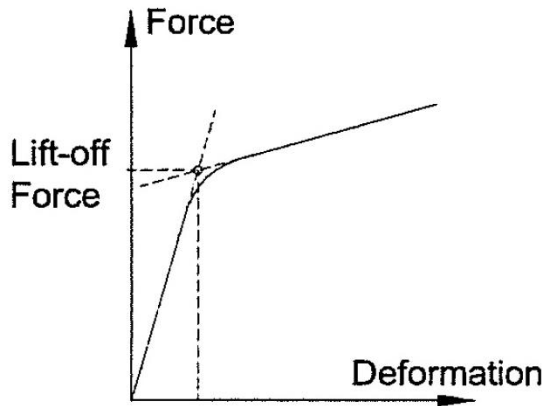
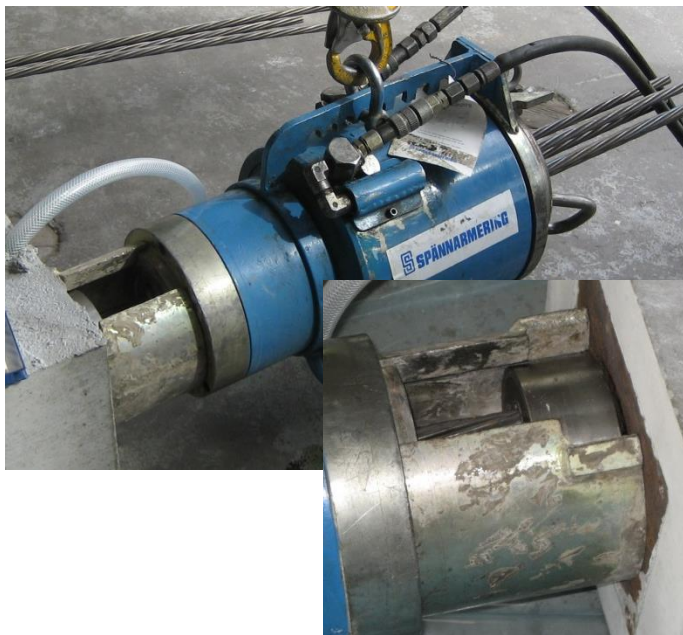


KÄRNMKRAFT



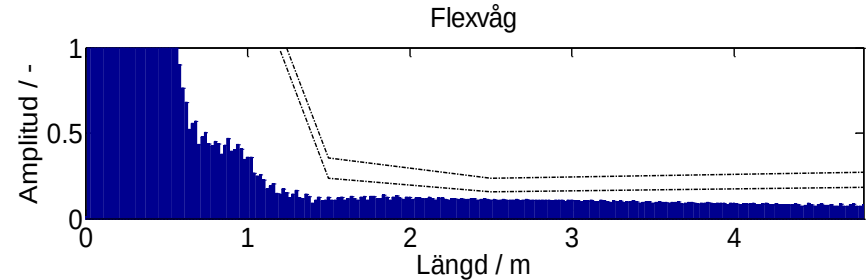
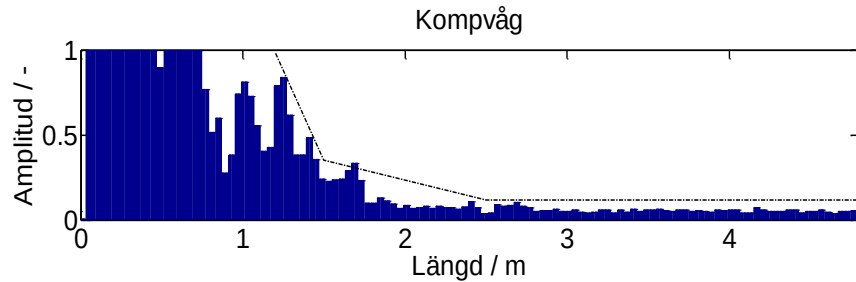
KÄRNKRAFT - ÖVERVAKNING

Kvarvarande spännkrafter mäts med domkraft:



SLUTFÖRVAR – STATUSÖVERVAKNING

- Mätningar med ultraljudsinstrument, (boltometer)
- Ger en indikation på konditionen hos ingjutningen
- Mätresultaten jämförs mot en referensmätning

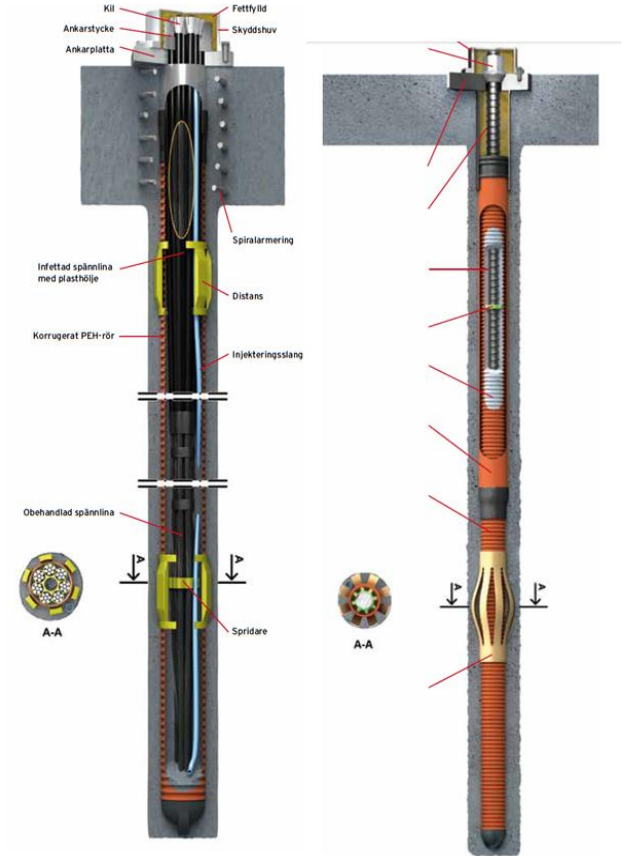


VATTENKRAFT

Spännarmering används inom vattenkraften för att:

- Öka stabiliteten för kraftverksdammar,
- Motverka sprickbildning i konstruktionerna,
- Förankra mekanisk utrustning

Spännkraftsmätningar med samma metodik som inom kärnkraften



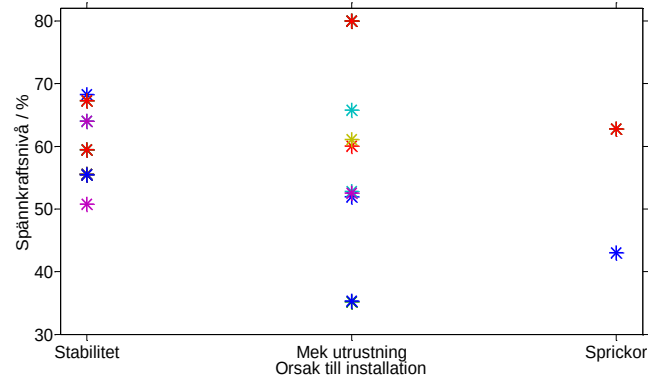
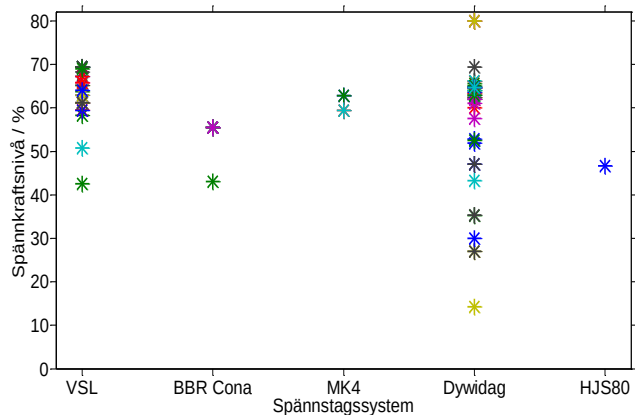
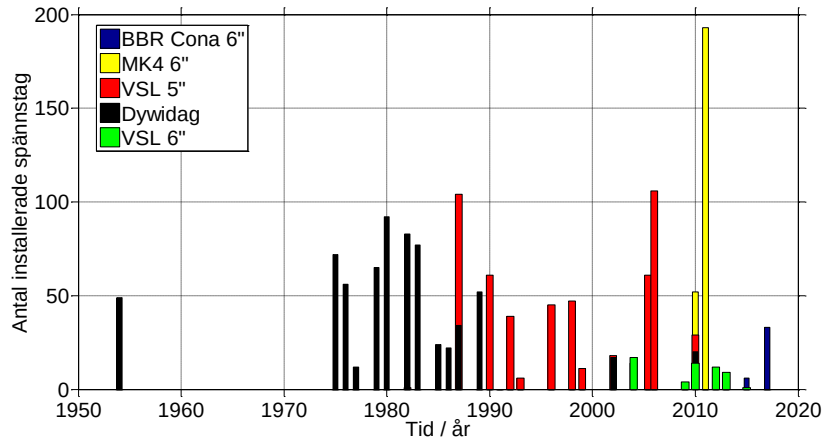
SPÄNNSTAG INOM VATTENKRAFTEN

Energiforskningsprojekt om spännarmering inom vattenkraften:

Sammanställning av information kring spännstag bl.a:

- Spännkabelsystem,
- Installationsår och orsak,
- Spännkrafter,
- Inspektionsprogram,
- Erfarenheter från installation och drift.

SPÄNNSTAG INOM VATTENKRAFTEN



SPÄNNSTAG INOM VATTENKRAFTEN

Identifierade framtida frågeställningar:

- Mätmetodiken med domkraft,
- Marginaler mellan applicerad spännkraft och teoretiskt värde
- Instrumentering,
- Inspektionsprogram.

KORROSIONPROVNING AV OLIKA TYPER AV BERGBULTAR



KORROSSIONSPROVNING AV OLIKA TYPER AV BERGBULTAR

Utförare:

Bror Sederholm, Patrik Reuterswärd, Swerea Kimab

Finansiärer:

Energiforsk, Trafikverket, BeFo, Nordic Galvanizers AB, Outokumpu stainless AB, Galvano A/S, Vik Östra A/S, SBUF

Syfte:

Fastställa korrosionshårdigheten hos olika typer av bergbultar utsatta för kloridhaltigt bergvatten. Fokus på bergbultar i tunnlar och bergrum

PROVPLATSER

Muskötunneln:

- 2,9 km lång vägtunnel,
- Förbinder Muskö med fastlandet,
- Provplatsen är lokaliserad ca 1,3 km från fastlandsmynningen, ca 60 muh.



Äspötunneln

- 3,6 km lång tunnel,
- Del av Äspölaboratoriet, sträcker sig ner till 460 muh
- Provplatsen är lokaliserad ca 2,6 km från mynningen, ca 350 muh.



PROVBULTAR

Fyra olika typer av bergbultar undersöktes, $l = 1\text{m}$, $\Phi = 20\text{ mm}$,

- Kolstål, S235JR,
- Varmförzinkat kolstål,
- Rostfritt stål,
- Epoxibelagt och varmförzinkat kolstål

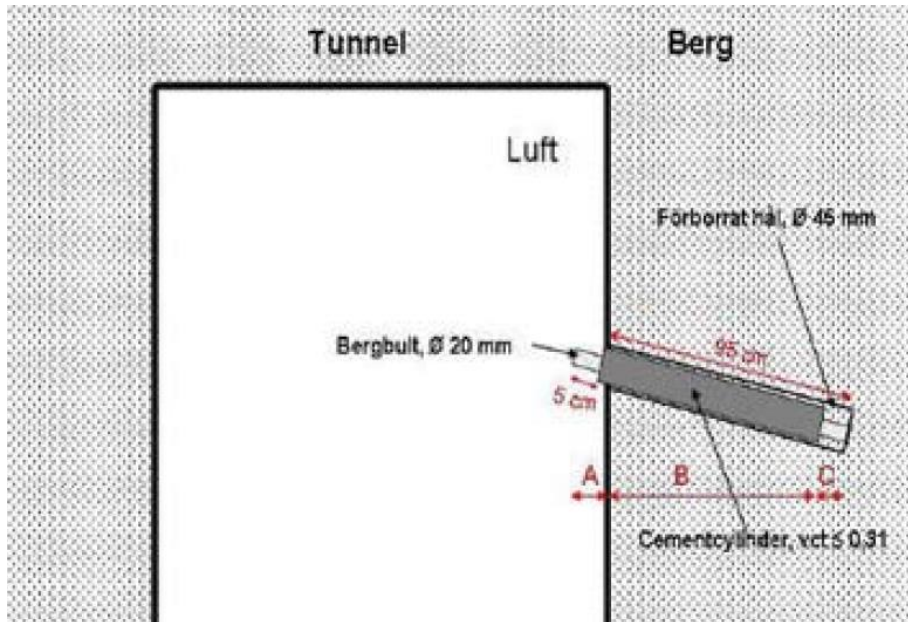
PROVKROPPAR

- Bergbultar ingjutna i anläggningscement, $v_{ct} \leq 0,31$,
- Ingjuten längd ca 900 mm,
- Diameter provkropp ca 42 mm,



ca 50 mm
utstick

PLACERING I BERG



EXPONERING

- Den inre fria änden utsattes för aggressivt sprickvatten,
- Den yttre bultänden är luftexponerad och utsattes för droppande bergvatten,
- Ett antal av de yttre bultändarna sprutades med 3% NaCl- lösning en gång i månaden under första året,
- Några epoxibelagda bergbultar skadades avsiktligt (rits),

Ett antal bergbultar analyserades efter 1 respektive 2 års exponering

UNDERSÖKNING

Kolstål och varmförzinkat kolstål:

- Massförlust av provstänger, (korrosionshastighet),
- Frätgropsdjup

Rostfritt stål:

- Okulär undersökning

Epoxibelagt varmförzinkat kolstål:

- Skikttjocklek,
- Rostgrad och rostutbredning
- Blåsbildning och avflagning
- Sprickbildning,

RESULTAT - KOLSTÅL

Korrosionshastigheter:

- 1 år: ca 2,5 μm ,
- 2 år: ca 2,7 μm ,
- 1 år + NaCl: ca 8,5 μm ,

Gropfrätning: (endast i yttre bultände)

- 1 år: ca 145 μm ,
- 2 år: ca 265 μm ,
- 1 år + NaCl: ca 440 μm ,

Fria bultändar



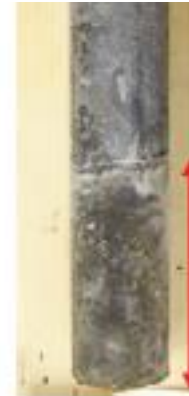
1 år



1 år + NaCl



2 år



Ingjuten bult, 2 år

Ände i berget, 2 år

RESULTAT – VARMFÖRZINKAT KOLSTÅL

Korrosionshastigheter (zink):

- 1 år: ca 6,3 μm ,
- 1 år + NaCl: ca 8,6 μm ,
- 2 år: ca 20 μm i berget och inre ände,
- 2 år: ca 3 μm i Äspö, ca 6 μm i Muskö

I vissa fall hade zinkskiktet helt korroderat bort för yttre änden och ingjuten del:



Inre bultändar



1 år



2 år

RESULTAT – ROSTFRITT STÅL

Inga synliga korrosionsangrepp varken efter 1 eller 2 år



Fri bultände 1 år + NaCl



Fria bultändar 2 år



Inre bultändar 2 år

RESULTAT – EPOXIBELAGT KOLSTÅL

Inga korrosionsangrepp, sprickor, blåsor eller defekter varken efter 1 eller 2 års exponering,

Rödrost i avsiktligt skadade fria bultändar exponerade för NaCl.



Fri bultände
(skada) 1 år + NaCl



Fri bultände
(oskadad) 1 år + NaCl



Inre bultände, 2år
skadad, oskadad



VATTENANALYS

Bergvattnets korrosivitet undersöktes i borrhålen:

- Efter 1 år ökade alkaliniteten och pH i borrhålen,
- Efter 2 år minskade både alkalinitet och pH mot ursprungliga nivåer

Risken för korrosion i borrhålen enligt DIN 50 929:

	Vattenprov före exponering	Vattenprov efter ett års exponering	Vattenprov efter två års exponering
Jämn korrosion, Muskö	Måttlig	Mycket liten	Måttlig
Jämn korrosion, Aspö	Måttlig	Mycket liten	Måttlig
Gropfrätning, Muskö	Hög	Mycket liten	Hög
Gropfrätning, Aspö	Hög	Liten	Hög

SLUTSATSER

- Cementingjutet kolstål uppvisar liten korrosion efter 2 års exponering i kloridhaltiga miljöer,
- P.g.a. minskande alkalinitet och pH är det sannolikt att korrosionshastigheten ökar,
- Varmförzinkning har sannolikt kort skyddsverkan p.g.a. snabb förbrukning av zinkskyddet,
- Kan höga kloridhalter inte uteslutas vid installation bör rostfria alternativt epoxibelagda varmförzinkade bergbultar användas för att uppnå lång teknisk livlängd.
- Epoxibelagda bergbultar ska kontrolleras innan installation för att säkerställa skyddets tillförlitlighet

SLUT!