



## informerer

Nr 11- 2005

### **Valg av stålqualiteter i svømmeanlegg.**

- hvorfor ruster rustfritt stål i bassengmiljø.

**Av forsker Tor Gunnar Eggen, SINTEF Materialer og kjemi**

*Svømme og badeanlegg er i dag stort sett kledd med keramiske fliser både i svømmebasseng, gangsoner og i dusj og garderobeanlegg. En del detaljer må imidlertid lages av metall. Korrosjon er derfor et aktuelt tema da det benyttes metall i armaturer, trapper, ramper, skilleveger, infrastruktur (ventilasjon, rør, festeordninger og lignende) der korrosjon kan være et problem.*

*Artikkelen vil belyse problemstillingen og hva vi anbefaler som riktig materialvalg.*

### **Hvorfor korroderer det i svømmehaller/badeanlegg?**

Årsaken til at en får korrosjon er fuktighet, luft (oksygen) og en del andre parametere som bestemmer om korrosjonsprosessen skal starte opp og hvor fort korrosjonen foregår. De viktigste av disse parametrene er:

- pH
- Temperatur
- Aggressive stoffer i første rekke klorider.
- Klorering

Det er lett å se at forutsetningene for korrosjon er til stede i badeanlegg. Her er det vann i bassenger og høy luftfuktighet som følge av åpne vannflater, dusjer, sprut og lek fra besøkende. Samtidig er temperaturen høy for å gi god komfort. Det kan også være innblandet sjøvann (klorider) og forurensninger fra besøkende som i noen tilfelle kan øke korrosjonen ytterligere. Klorering som benyttes for å ha kontroll med mikrobiell forurensning, øker også faren for korrosjon og sammen med aminer fra besøkende dannes kloraminer som kan gi spenningskorrosjon på rustfrie stål ved lav temperatur.

For å holde luftfuktigheten på et komfortabelt nivå skiftes luften ut ofte. Ligger anlegget nær sjøen vil ventilasjonsluften inneholde klorider som øker korrosjonsbelastningen ytterligere særlig i ventilasjonssystemet.

Metalliske materialer har god varmeledningsevne og varmekapasitet. Det gjør at overflatetemperaturen på metall ikke er i fase med temperatursyklusen i badet for øvrig. Det kan gi kondens og korrosjonsproblemer på metallflater selv om en har kontroll med luftfuktigheten i forøvrig.

Når det bygges et anlegg er en klar over disse forholdene, men likevel får en ofte problemer. Den viktigste årsaken til dette er at det generelt har blitt høyere temperatur i anleggene, at det er krav om mye mer utstyr og designdetaljer i metall kanskje med en spesiell overflatefinish / behandling slik at konsekvensene av litt rust/korrosjon er blitt mer synlige og uakseptable. Selv om en da har gode erfaringer fra eldre anlegg med bruk av et material har de samme valgene medført problemer i nyere anlegg.

## Hvor oppstår problemene?

I badeanlegg er det i hovedsak to grupper av materialvalg som er blitt og blir benyttet det er: C-stål som beskyttes med ulike typer belegg og Rustfrie material AISI 304 og 316

Før at C-stål ikke skal ruste må dette beskyttes med et sinkbelegg (Figur 1) og/eller et malingsystem. Allikevel er det fare for korrosjon i dette miljøet fordi slike system aldri kan gjennomføres hundre prosent i forbindelse med montering og bygging. Det finnes bestandig flensforbindelser med skruer og lignende der korrosjon starter. Belegget skades også ved bruk slik at blåtlagt C-stål begynner å ruste. Mulighet til vedlikeholdet er avgjørende slik at alle flater kan repareres på en skikkelig måte (Figur 2).



*Figur 1 Korrosjon av varmforsinket stål i badeanlegg. Hvite korrosjonsprodukt er og missfarging er ikke pent*



*Figur 2 Malt C-stål - korrosjon fra undersiden av flens umulig å komme til for vedlikehold*

Det mest vanlige stålet i badeanlegg er AISI 316 (syrefast rustfritt stål). Det finnes mange eksempler på at dette materialet har stått og står godt i dette miljøet. Det oppstår imidlertid problemer når temperaturen blir høyere enn tidligere, det benyttes innblanding av sjøvann eller anlegget ligger meget nær sjøen og/eller det velges overflatekvaliteter som ikke gir en blank passivert overflate (sammenlign Figur 3 og Figur 4) fra samme anlegg).



*Figur 3 Slørrust/overflate rust på slipt overflate (håndreil)*



*Figur 4 Blankpolerte overflater står bedre - overflaten har også hatt god tid til å passivere*

De mest korrosjonsutsatte områdene er sveiser, spalter og skruforbindelser. Overflaten blir ujevn og aktiv samtidig som sveiser og spalter er meget vanskelig å holde rene (Figure 5). Er området i tillegg utsatt for vannsprut kan det fort bli seende slik ut (Figur 6). Korrosjonsangrep av denne type er ikke styrkemessig noe problem men gir et visuelt meget dårlig inntrykk.



*Figur 5 Overflaterust på sveiser med en matt overflate*



*Figur 6 Sveiser i meget utsatt "plaskesone"*

Spaltkorrosjon og gropkorrosjon på infrastrukturen dersom det er benyttet rustfrie materialer, er et større problem fordi denne type korrosjon kan gi lekkasjer på rør og ventilasjonssystem. Under er et eksempel på spaltkorrosjon av et sluk i rustfritt stål (Figur 7). Det finnes eksempler på at gropkorrosjon i ventilasjonskanaler i syrefast stål har gjort at kanaler må skiftes etter bare noen år. Korrosjonen kommer fra innsiden der klorider i inntakslufta og i omlufta gjør at en får korrosjon når en samtidig får kondensasjon av fuktighet i anlegget under uheldige værforhold og/eller temperatur fluktuasjoner.

Blanding av materialer kan også skje. Under en hektisk avsluttende montering kan en risikere at det velges helt feil materialtype som gir galvanisk korrosjon eller stor høy generell korrosjon (Figur 8). Slikt bør ikke forekomme og gir fort et visuelt dårlig inntrykk.



*Figur 7 Korrosjon av sluk i spaltene under skrue festene*



*Figur 8 Servant tilkobling der feil material er blitt benyttet*

Et spesielt farlig form for korrosjon som kan opptre på rustfrie stål i svømmehaller er spenningskorrosjon (Figur 9). Spenningskorrosjon gir sprekker i materialet som dermed helt mister styrken og f. eks festelement for tak, belysning og himlinger kan ramle ned med de konsekvenser dette kan få (Se artikkel fra adresseavisen og Figur 10). Normalt forventer en ikke denne type korrosjon under 50 °C, men i badeanlegg har en fått slik korrosjon helt ned til 30 °C. Dette skyldes at det fra badegjestene forurenses med aminforbindelser som sammen med klor aktiverer denne type korrosjon ved lavere temperaturer.



*Figur 9 Klorid spenningskorrosjon i rustfritt stål (Ikke svømmehall)*



*Figur 10 Spenningskorrosjonsbrudd i festebøyer for akustiske plater i tak laget av AISI 316*

## Materialvalg for å beskytte seg på mot korrosjon

Korrosjon av armering i bygningskonstruksjonen er også påvist fordi membranen mot basseng svikter og betongoverdekningen over armeringen er i minste laget. Konsekvensene av armeringskorrosjon er store og krever opphugging og fornying av membran, betong og keramikk.

Det er i hovedsak 3 hensyn som må vurderes ved valg av material. Det er korrosjonsbestandighet, tilgjengelighet og pris.

Som nevnt tidligere blir syrefast stål AISI 316 benyttet i dag med de resultater som er vist over. Ulempen ved å velge et annet og bedre korrosjonsbestandig stål er at det blir vesentlig vanskeligere å finne de komponentene enn ønsker og at prisen blir høyere. Noen av problemene med AISI 316 kan reduseres ved bruk av rett overflatbehandling. Det anbefales glattest mulig og passiverte overflater.

Neste trinn på stigen av vanlig brukte korrosjonsbestandige stål er duplexstål (22 Cr 5 Ni Mo). Denne type stål vil ikke være utsatt for spenningskorrosjon under disse forholdene og generell bestandighet er noe bedre enn for AISI 316. Prismessig kan materialet være gunstig (lavt nikkelinnhold), men tilgjengelighet på komponenter er begrenset. (Andre korrosjonsbestandige stål, se vedlagt oversikt).

I rørsystem som skal transportere sjøvann eller blanding av sjøvann og ferskvann anbefaler en bruk av plast. I mindre deler der metall er nødvendig bør 254 SMO eller superdupleks (25 Cr 7 Ni Mo) benyttes.

Man har erfaring med at bruk av rustfritt stål i ventilasjonssystem kan gi groptæring og gjennomhulling. Ved bruk av forsinket malt C-stål vil en være sikret mot gjennomhulling over lang tid. Man kan ha noe korrosjon men angrepene er jevnt fordelt over hele flaten og vil maksimalt være 1-5  $\mu\text{m}$  / år på sink og 10 – 50  $\mu\text{m}$  på stål. Maling vil gi ytterligere beskyttelse.

Tabell 1 Korrosjonsklasser - NS EN12500:2000

## Description of typical atmospheric environments related to the estimation of corrosivity categories

Table E.1 — Description of typical environments related to the estimation of corrosivity categories

Corrosivity category (C)	Corrosivity	Typical environments (examples)	
		Indoor	Outdoor
C1	Very low	Heated spaces with low relative humidity and insignificant pollution, e.g. offices, schools, museums	Dry or cold zone, atmospheric environment with very low pollution and time of wetness, e.g. certain deserts, central Antarctica
C2	Low	Unheated spaces with varying temperature and relative humidity. Low frequency of condensation and low pollution, e.g. storage, rooms, sports halls	Temperate zone, atmospheric environment with low pollution ( $\text{SO}_2 < 12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), e.g. rural areas, small towns  Dry or cold zone, atmospheric environment with short time of wetness, e.g. deserts, sub-arctic areas
C3	Medium	Spaces with moderate frequency of condensation and moderate pollution from production process, e.g. food-processing plants, laundries, breweries, dairies	Temperate zone, atmospheric environment with medium pollution ( $\text{SO}_2$ : $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ to $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) or some effect of chlorides, e.g. urban areas, coastal areas with low deposition of chlorides  Tropical zone, atmosphere with low pollution
C4	High	Spaces with high frequency of condensation and high pollution from production process, e.g. industrial processing plants, swimming pools	Temperate zone, atmospheric environment with high pollution, ( $\text{SO}_2$ : $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ to $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) or substantial effect of chlorides, e.g. polluted urban areas, industrial areas, coastal areas, without spray of salt water, strong effect of deicing salts  Tropical zone, atmospheric environment with medium pollution

## Belegg

C-stål som eksponeres i badeanlegg må beskyttes. Korrosjonsklasse for badeanlegg er i henhold til NS EN12500:2000 – C4, se tabell 1. Vi anbefaler imidlertid at alt stål som skal benyttes forsinkes og males (dupleksbelegg) på samme måte som utvendige takplater. Sink gjør at eventuelle skader ikke får dramatisk visuell effekt-(spredning av rød rust over store områder –figur 2) og at holdbarheten blir tilstrekkelig.

## Katodisk vern

Katodisk vern med anoder kan benyttes for lokal beskyttelse av sluk og avløp der anoden kan gjemmes bort inne i sluket. Anoder virker bare i elektrolytt dvs. både anoden og flaten som skal beskyttes må være neddykket. Det er ingen hensikt å sette anoder på noe som eksponeres i luft. Det er også foreslått å beskytte armering med anoder. Dette kan gjøres men det må etableres elektrisk kontakt med armeringen og armeringen henge sammen elektrisk. Anoden må plasseres i bassenget og vil gi noe forurensing i form av korrosjonsprodukter. Brukes påtrykt strøm vil det på anoden utvikles fritt klor. Dette må det taes hensyn til.

## Drift og miljø

Innblanding av sjøvann øker korrosiviteten i badeanlegget. Bruk av sjøvann må derfor vurderes opp mot de ulemper dette gir korrosjonsmessig. Det er også klart at stadig inntørking av fuktige overflater gir oppkonsentrering av salter og økende korrosjon. Å skjerme konstruksjoner mot sprut som tørker inn er lurt. Videre vil hurtige temperaturvariasjoner kunne gi kondens på metalloverflater og bør derfor unngås.

Dersom en flate begynner å ruste, er det viktig at denne rusten fjernes raskt fordi rust kan initiere nye angrep andre steder på flaten.

Rust løses ikke av alkaliske vaskemidler slik at rusten må fjernes med sure vaskemidler – eller rens pasta (syre). Erfaringen er at korrosjonsbestandigheten øker med tiden slik at det er viktig med rengjøring den første tiden etter at et anlegg taes i bruk.

## Konstruksjonsdetaljer

Konstruere mot korrosjon bør alltid gjøres på korrosjonsutsatte konstruksjoner. I forbindelse med badeanlegg er dette viktige punkter:

- Lag sokler i keramikk/stein/betong
- Beskyttelse av utsatte overflater med ekstra belegg
- Hulrom lukkes helt – sveises igjen
- Vær nøye med sammenføyninger - vurder sjansen for spalter, vedlikehold, bruk av skruer
- Tilkost for vedlikehold og rengjøring
- Godt renhold etter byggefasen

## Konklusjon og oppsummering

Korrosjon i badeanlegg har øket de siste årene. Dette skyldes høyere temperaturer og mer bruk av rustfrie materialer med ugunstig overflatefinish enn tidligere. AISI 316 materialet er dominerende når det gjelder material i komponenter. Dvs. at materialvalget ikke er justert i forhold til øket belastning.

Farlig korrosjon skjer som spenningskorrosjon av festeelement. I slike element må benyttes andre material enn AISI 316 f. eks dupleksstål (22Cr 5 Ni Mo)

Badeanlegg skal benyttes i mange år. Stor oppmerksomhet må rettes mot å hindre armeringskorrosjon som medfører at hele anlegg må rehabiliteres med opphugging av flis og betongoverdekning.

## Stålkvaliteter.

Ulike land opererer med ulike benevnelser på stålkvaliteter. Tabell 2 gir en oversikt over sammenlignende kvaliteter.

Tabell 2: Korrosjonsbestandige stålkvaliteter (Kilde: Outokumpu Stainless – Steel Grades)

no	Application	Struct	International steel desination			Outokumpu steel name	Chemical composition, minimum values by EN, %						Korr. PRE 1)	
			EN	ASTM	JIS		C	N	Cr	Ni	Mo	Other		Product
39	HEAT AND CREEP	Ferrit	1.4713	–	–	4713	0,12	–	6,00	–	–	0,5Al	P	6
3	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Mart.	1.4021	S42010	SUS 420J1	4021	0,25	–	12,00	–	–	H N B R	–	12
4	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Mart.	1.4028	420	SUS 420J2	4028	0,35	–	12,00	–	–	–	N R	12
40	HEAT AND CREEP	Ferrit	1.4724	–	–	4724	0,12	–	12,00	–	–	0,7Al	P	12
5	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Mart.	1.4313	–	–	4313	0,05	0,02	12,00	3,50	0,30	–	P	13
1	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Ferritic	1.4016	430	SUS 430	4016	0,08	–	16,00	–	–	N B R	–	16
2	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Ferritic	1.4510	S43035	SUS 430LX	4510	0,05	–	16,00	–	–	Ti	R	16
12	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4310	301	SUS 301	4310	0,15	–	16,00	6,00	–	–	H C N B R	16
14	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4372	201	SUS 201	4372	0,15	0,05	16,00	3,50	–	5,5Mn	H C N R	17
18	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4541	321	SUS 321	4541	0,08	–	17,00	9,00	–	Ti	P H C N B R	17
19	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4305	303	SUS 303	4305	0,10	–	17,00	8,00	–	S	B R	17
20	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4303	305	SUS 305J1	4303	0,06	–	17,00	11,00	–	–	H C N B R	17
22	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4567	S30430	SUS XM7	4567	0,04	–	17,00	8,50	–	3Cu	B R	17
41	HEAT AND CREEP	Ferrit	1.4742	–	–	4742	0,12	–	17,00	–	–	0,7Al	P	17
43	HEAT AND CREEP	Austenitic	1.4948	304H	SUS 304	4948	0,08	–	17,00	8,00	–	–	P H C B R	17
44	HEAT AND CREEP	Austenitic	1.4878(1)	321H	SUS 321	4878	0,10	–	17,00	9,00	–	Ti	P H C N B R	17
15	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4301	304	SUS 304	4301	0,07	–	17,50	8,00	–	–	P H C N B R	18
16	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4307	304L	SUS 304L	4307	0,03	–	17,50	8,00	–	–	P H C N B R	18
6	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Mart.	1.4418	–	–	248 SV	0,06	0,02	15,00	4,00	0,80	–	P B R	18
21	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4306	304L	SUS 304L	4306	0,03	–	18,00	10,00	–	–	P H C N B R	18
13	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4318	301LN	SUS 301L	4318	0,03	0,10	16,50	6,00	–	–	P C	18
47	HEAT AND CREEP	Austenitic	1.4828	–	–	4828	0,20	–	19,00	11,00	–	1,5Si	P C N B R	19
17	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4311	304LN	SUS 304LN	4311	0,03	0,12	17,50	8,50	–	–	P H C N B R	19
45	HEAT AND CREEP	Austenitic	1.4818	S30415	–	153 MATM	0,08	0,12	18,00	9,00	–	1,0Si, Ce	P C N B R	20
48	HEAT AND CREEP	Austenitic	1.4835	S30815	–	253 MA®	0,12	0,12	20,00	10,00	–	1,4Si, Ce	P H C N B R	22
46	HEAT AND CREEP	Austenitic	1.4833(1)	309S(1)	SUH 309	4833	0,15	–	22,00	12,00	–	–	P H C N B R	22
42	HEAT AND CREEP	Ferrit	1.4762	–	–	4762	0,12	–	23,00	–	–	1,2Al	P	23
23	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4401	316	SUS 316	4401	0,07	–	16,50	10,00	2,00	–	P H C N B R	23
24	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4404	316L	SUS 316L	4404	0,03	–	16,50	10,00	2,00	–	P H C N B R	23
29	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4571	316Ti	SUS 316Ti	4571	0,08	–	16,50	10,50	2,00	Ti	P H C N B R	23
8	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Duplex	1.4362	S32304	–	SAF 2304®	0,03	0,05	22,00	3,50	0,10	–	P H C	23
49	HEAT AND CREEP	Austenitic	1.4845(1)	310S(1)	SUH 310	4845	0,10	–	24,00	19,00	–	–	P H C N B R	24
50	HEAT AND CREEP	Austenitic	1.4841	314	–	4841	0,02	–	24,00	19,00	–	–	P	24
7	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Duplex	1.4162	S32101	–	LDX 2101®	0,04	0,20	21,00	1,35	0,10	4Mn	–	25
25	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4436	316	SUS 316	4436	0,05	–	16,50	10,50	2,50	–	P H C N B R	25
26	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4432	316L	SUS 316L	4432	0,03	–	16,50	10,50	2,50	–	P H C N B R	25
27	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4406	316LN	SUS 316LN	4406	0,03	0,12	16,50	10,00	2,00	–	P H C N B R	25
30	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4435	316L	SUS 316L	4435	0,03	–	17,00	12,50	2,50	–	P H C N B R	25
51	HEAT AND CREEP	Austenitic	1.4854	S35315	–	353 MA®	0,08	0,12	24,00	34,00	–	1,2Si, Ce	P	26
28	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4429	S31653	SUS 316LN	4429	0,03	0,12	16,50	11,00	2,50	–	P	27
31	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4438	317L	SUS 317L	4438	0,03	–	17,50	13,00	3,00	–	P H C N B R	27
9	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Duplex	1.4462	S32205	–	2205	0,03	0,10	21,00	4,50	2,50	–	P H C B R	31
32	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4439	S31726	–	4439	0,03	0,12	16,50	12,50	4,00	–	P H C	32
33	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4466	S310050	–	725LN	0,02	0,10	24,00	21,00	2,00	–	P	32
34	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4539	N08904	–	904L	0,02	–	19,00	24,00	4,00	1,2Cu	P H C N B R	32
10	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Duplex	1.4501	S32760	–	4501	0,03	0,20	24,00	6,00	3,00	0,5W	P	37
11	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Duplex	1.4410	S32750	–	SAF 2507®	0,03	0,24	24,00	6,00	3,00	–	P C	38
35	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4529	N08926	–	4529	0,02	0,15	19,00	24,00	6,00	0,5Cu	P	41
37	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4565	S34565	–	4565	0,03	0,30	24,00	16,00	4,00	5Mn	P	42
36	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4547	S31254	–	254 SMO®	0,02	0,18	19,50	17,50	6,00	0,5Cu	P H C N B R	42
38	WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Austenitic	1.4652	S32654	–	654 SMO®	0,02	0,45	23,00	21,00	7,00	2Mn, Cu	On Request	53

## 1) Pitting Resistance Equivalent number (PRE)

$$PRE = \%Cr + 3.3 \times \%Mo + 16 \times \%N$$

Indikerer hvor bra korrosjonbestandiget et materiale har