AISI304 ja AISI316 korrosioon ujulate atmosfääris

Siiri Salin, Järelvolver OÜ

EKVÜ Tallinn 21.09.2023

Ettekande põhjus: OHUTUS

Ettekandes käsitletavad teemad:

1. Teraste eksitavad nimetused
2. Pingekorrosiooni pragunemine (SCC)
   (iseloomustus, eeltingimused, näited, statistika, põhjus)
3. Ujulate sisekliima eripärad
4. Milline on ujulate keskkonnaklass?
5. Teraste korrosioonikaitse lahendused
6. KVJVK näiteid projektidest

Keelepärased terminid on ebatäpsed ja eksitavad

- Terased – sulamid, mille põhikomponent on raud + muude elemendid (väävel, fosfor jne) + süsinik kuni 2,14%. (Üle 2,14% süsiniku korral on tegu malmiga). Viide: https://et.wikipedia.org/wiki/Teras
- AISI304 =1.4301 =A2 kui „veekindel“ ja „roostevaba“ (AISI – US; numbritega – EU)
- AISI316 =1.4401 =A4 kui „happekindel“

Roostevabal terase (AISI304) nimetus on eksitav, sest rooste tekib ikka (ka lihtsalt vee mõjul), küll veidi hiljem ja metalli eluiga on pikem, kuid täiesti roostevabaks seda terast lugeda ei saa. Seevastu roostevaba teras talub mitmeid kergeid happeid (nt apelsinimahl, kirurgiliste vahendite puhastuskemikaalid jt).

AISI-terased (nii roostevaba AISI304 kui ka happekindel AISI316) ei säili ujulate kloriididerikkas tugevalt happelises keskkonnas:

NB! Happekindel teras ujulate atmosfääris ei ole happekindel!

(On erandeid, aga sellest allpool.)

Pingekorrosiooni pragunemine / Stress corrosion cracking (SCC)

(P.3) Pingekorrosiooni pragunemise peamised kolm eeltingimust:

- Komponentide kõrged pingetasemed
  Tekivad rakendatud koormusest või keevitamisel või komponentide vormimisel tekkivatest jääkpingetest.
- Vastuvõtlikkus konkreetsete teraseklasside suhtes
  Terased, mille Ni sisaldus jääb ohtlikku vahemikku 7%...15%.
- Agressiivne keskkond siseujula atmosfääris olevatel pindadel
  Ujulate õhuruumis asuvatel pindadel moodustub soolade sadenemisest (Na-, Ca- ja Mg-koloriidid) tugevalt happeline keskkond tüüpiline pH=3...4, tüüpiline kloriidisisaldus 2%...5%. Aeg-ajalt on olnud ka suurem kloriidide sisaldus tuvastatud.“ (P.1.3, lk 333)
- Kõrge temperatuur intensiivistab SCC (temp. > +50 ºC)
  Kuni 1980. aastateni usuti, et pingekorrosiooni pragunemist ei saa tekkida temperatuuril alla +50 ºC.
  Hiljem tuvastati, et see saab toimuda ca +20 ºC korral juhul, kui suhteline õhuniiskus jääb üle 50-75 %.

NB! Tegu on kiire, materjali läbivalt kahjustav ja välispidisel vaatlusel mitte tuvastatava korrosiooniga!

Ujulate avariide statistika

Ujulates on toimunud SCC korrosiooni mõjul 5 rasket avariid: /Kasut.kirjandus nr 3, lk2/

Since 1985 there have been five incidences of stress corrosion cracking leading to the sudden catastrophic failure of suspended ceilings in swimming pools, which have led to a combined loss of 56 lives across Switzerland, the Netherlands and Russia:

- Uster indoor swimming pool (Zürich, Switzerland), 1985.
- Steenwijk municipal pool (Steenwijk, the Netherlands), 2001.
- Transvaal park (Moscow, Russia), 2004.
- Dolphin pool complex (Chusovoy, Russia), 2005.
- Zwembad Reeshof swimming pool (Tilburg, Netherlands), 2011.

In all of the cases, there was a catastrophic collapse of the suspended ceiling, which led to the crushing of people below, except in the case of Steenwijk as, thankfully, the ceiling collapsed during the night when the pool was closed.

In most cases the pools either had fasteners that were made of insufficiently coated carbon steels or were made from austenitic stainless steels (such as AISI 304 or AISI 316), which are susceptible to stress corrosion cracking.

Pingekorrosiooni pragunemise mõjul alla kukkunud ujula ripplagi:

Allpool fotol teras 1.4301 tähistab AISI304, aga sisuliselt sama käitub ka terase 1.4401 ehk AISI316.

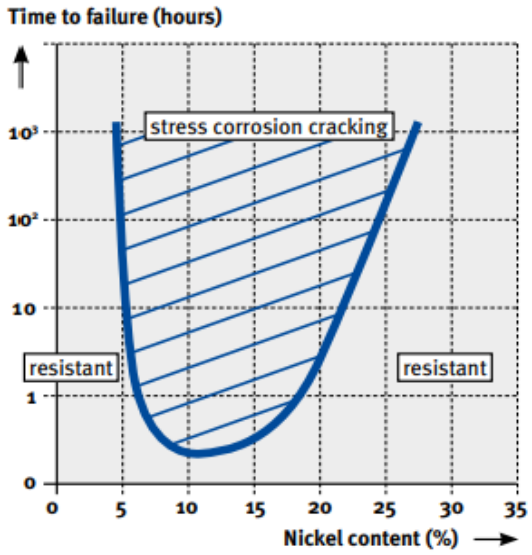
Fig. 1. Collapsed ceiling of Uster indoor swimming pool as a result of transcrystalline stress corrosion cracking of the suspended ceiling hangers, made from stainless steel 1.4301

Fig. 2. Fastening components of the suspended ceiling of the indoor swimming pool at Uster showing corrosion cracks; the brittle fracture behaviour can clearly be seen

/Kasut.kirjandus P.2, lk 332/

Nii AISI304 kui ka AISI316 on pingekorrosiooni pragunemisele vastuvõtlikud oma ebasoodsa Ni sisalduse poolest

Kahe terase võrdlus paremal pool tabelis, infoallolevalt lingilt:
https://fractory.com/et/erinevus-klassi-304-ja-316-roostevaba-terase-vahel/#Keemiline_koostis



With regard to stainless steels, stress corrosion cracking only occurs in austenitic grades and is related to their nickel content. Steel grades with a nickel content in the range between 7 % and 15 % are all susceptible to stress corrosion cracking, while austenitic stainless steel grades with high nickel and molybdenum contents are much more resistant to this kind of corrosion.

Duplex stainless steels are resistant to stress corrosion cracking. However, selective corrosion of the ferritic phase was observed for duplex grades resulting in superficial attacks in swimming pool environments. These materials are therefore not recommended for use in load bearing applications in indoor swimming pool atmospheres [1, 5, 11, 12].

Ferritic grades do not generally suffer from stress corrosion cracking, but their general corrosion resistance is not sufficiently high for such applications [13].

/Kasut.kirjandus nr 1, lk 7/

	AISI 304	AISI 316
Kroom (Cr)	17,5 – 19,5	16,5 – 18,5
Nikkel (Ni)	8 – 10,5	10 – 13
Molübdeen (Mo)	*Minimaalne*	*2-3*
Mangaan (Mn) *max*	2	2
Räni (Si) *max*	1	1
Lämmastik (N) *max*	0,11	0,11
Süsinik (C) *max*	0,07	0,07
Fosfor (P) *max*	0,045	0,045
Väävel (S) *max*	0,015	0,015
Raud (Fe) *max*	Ülejäänu	Ülejäänu

Ujulate sisekliima (P.2)

1.) Õhk niiske, soovitavalt RH<60%

2.) Vesi ja õhk valdavalt kergelt aluseline
pH=6,5...8,0 (happeline <7,0 < aluseline)

Typical conditions found in indoor swimming pools are [4]:

- air temperature usually 0–4 °C higher than pool water temperature;
- relative humidity between 40 % and 80 %, ideally under 60 %
- air speed in proximity of users <0.10 m/s.

Ülal tekst vastavalt /Kasut.kirjandus nr 1, lk 4/

https://www.terviseamet.ee/sites/default/files/content-editor/vanaveeb/Kasulikku/Keskkonnatervis/MAG_fuks_kuus.pdf

Tabel 1. Seadusaktide võrdlus

Füüsikalis-keemilised näitajad	Ühik	VVM80/2007		LÄTI Nr37/13.01.2009		СанПиН 2.1.2.1188-03		SOOME 315/2002		DIN 19643	
Basseini tarbeks võetava vee, sh lisatava vee vastavus nõuetele		Joogiveele kehtestatud nõuded		Joogiveele kehtestatud nõuded		Joogiveele kehtestatud nõuded (lubatud erandid kooskõlastades)				Joogiveele kehtestatud nõuded	
Värvus	kraad	<15	1x kuus			20	1x päevas	-		1/m 0,5	1x kuus
Hägusus	NHÜ	< 2	3x tööpäevas	vesi peab olema selge	3x päevas	< 2	1x päevas	≤ 0,4	4 proovi aastas + 1 lisaproov 5000 külastuse kohta	0,5	1x kuus
pH		6,7 – 8,0	3x tööpäevas	7,2 – 8,0 oleneb desinf ainest	3x päevas	< 7,8	iga 4h järel	6,5 – 7,6	4 proovi aastas + 1 lisaproov 5000 külastuse kohta	6,5 – 7,6	1x kuus

3.) Õhuruumis paiknevad pinnad on tugevalt happeline keskkond pH= 3...4

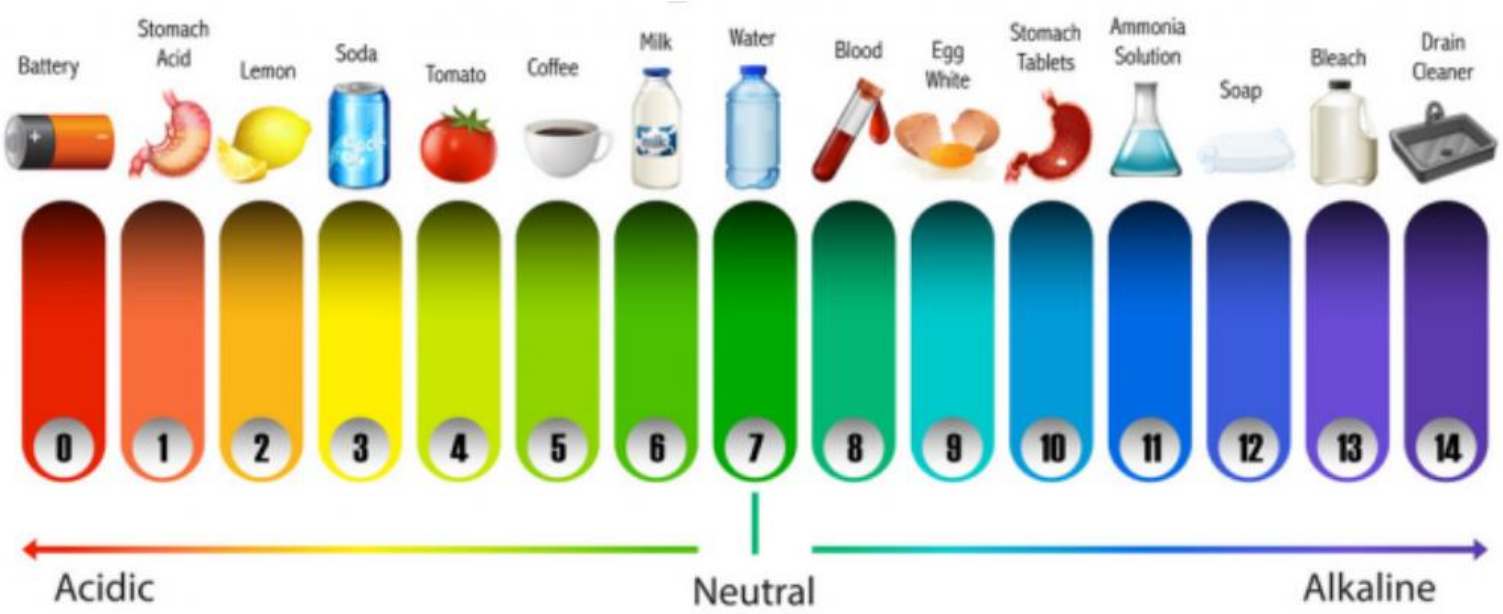
Ained pH skaalal:

Mis juhtub AISI316 kausiga, kui kodustes tingimustes lasta selles aastaid seista:

a) apelsinimahlal;

b) basseiniveel ???

SCC kodustes tingimustes esile kutsuda ei õnnestu, see saab toimuda vaid ujula siseruumi atmosfääris.



pH 3,5 apelisinimahl

pH 2...3 Coca-Cola, Sprite jt

pH 1 akuhape ja maohape

Siseujulate materjalide valiku juhend Rootsis

- „Safe use of stainless steel in swimming pool environments“/Kasut. kirjandus nr 1, lk 8,9/
- EN 13451-1: 2020 „Swimming pool equipment - Part 1: General safety requirements and test methods for equipment installed in pools for public use“

4.1 Components not regularly cleaned

As structural parts in swimming pool environments may be subjected to stress corrosion cracking, an informed decision should be made when material selection is undertaken. For all structural parts not subject to regular cleaning and solely made of stainless steel, the following materials are suitable according to EN 13451-1 [15]:

- 1.4565 (X2CrNiMnMoNb25-18-5-4)
- 1.4529 (X1NiCrMoCuN25-20-7)
- 1.4547 (X1CrNiMoCuN20-18-7)

4.2 Components that are regularly cleaned

Where the parts and components of swimming pool equipment are easily accessible and subject to regular cleaning, the following stainless steel grades, in addition to those listed in Table 2, are suitable:

- 1.4401 (X5CrNiMo17-12-2)
- 1.4404 (X2CrNiMo17-12-2)
- 1.4578 (X3CrNiCuMo17-11-3-2)
- 1.4571 (X6CrNiMoTi17-12-2)
- 1.4439 (X2CrNiMoN17-13-5)
- 1.4462 (X2CrNiMoN22-5-3)

Milline on ujulate keskkonnaklass?

Vastavalt standardile:

EVS-EN 12944-2:2017
„Värvid ja lakid. Teraskonstruktsioonide korrosioonitõrje kaitsvate värvkattesüsteemidega. Osa 2: Keskkondade klassifikatsioon“ Tabel 1 järgi:

- Niiskuse ehk vee järgi: C4
- Korrosiivsuse järgi on keskkonnaklass: CX (ehk siis korrodeerivuse kategooria: ekstreemne)

Tabel 1 — Atmosfäärikorrodeerivuse kategooriad ja tüüpiliste keskkondade näited

Korrodeerivuse kategooria	Massikadu pinnaühiku kohta / paksuse kadu (1-aastase kokkupuute järel)				Näited tüüpiliste keskkondade kohta (ainult teatmeline)	
	Madalsüsinikteras		Tsink		Välised	Sisemised
	Massikadu g/m²	Paksuse kadu µm	Massikadu g/m²	Paksuse kadu µm		
C1 väga madal	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	—	Köetud hooned puhta siseõhuga, nt kontorid, kauplused, koolid, hotellid.
C2 madal	> 10 kuni 200	> 1,3 kuni 25	> 0,7 kuni 5	> 0,1 kuni 0,7	Madala saastetasemega atmosfäär: enamasti maapiirkondades	Kütmata hooned, kus võib tekkida kondensatsioon, nt depood, spordihallid.
C3 keskmine	> 200 kuni 400	> 25 kuni 50	> 5 kuni 15	> 0,7 kuni 2,1	Tööstuspiirkonna- ja linnaatmosfäär, mõõdukas SO2 saaste; rannikualad madala soolsusega	Tootmisruumid kõrge niiskuse ja mõningase õhusaastega, nt toiduainete töötlemise tsehhid, pesumajad, pruulikojad, meiereid.
C4 kõrge	> 400 kuni 650	> 50 kuni 80	> 15 kuni 30	> 2,1 kuni 4,2	Tööstuspiirkonnad ja keskmise soolsusega rannikualad	Keemiatehased, ujulad, ranniku laeva- ja paaditehased.
C5 väga kõrge	> 650 kuni 1500	> 80 kuni 200	> 30 kuni 60	> 4,2 kuni 8,4	Kõrge niiskusega ja agressiivse atmosfääriga tööstuspiirkonnad ning kõrge soolsusega rannikualad	Hooned või piirkonnad peaaegu pideva kondensniiskusega ja tugeva saastega.
CX ekstreemne	> 1500 kuni 5500	> 200 kuni 700	> 60 kuni 180	> 8,4 kuni 25	Kõrge soolsusega avamerealad ning ekstreemse niiskuse ja agressiivse atmosfääriga tööstuspiirkonnad ning subtroopilised ja troopilised atmosfäärid	Ekstreemse niiskuse ja agressiivse atmosfääriga tööstuspiirkonnad.
MÄRKUS Korrodeerivuse kategooriatele toodud kao väärtused on samad mis standardis ISO 9223.						

HILTI ei näe ette ujulates AISI304 ega AISI316 materjalidest riputussüsteeme: /Kasut.kirjandus nr 5, lk 37/

Environmental conditions	Coating/ material	Carbon steel with or without phosphating	Electro-galvanized	Duplex-coated carbon steel	HDG/ sherardized 45-50 µm	A2 AISI 304	A4 AISI 316	HCR, e.g. 1.4529
	Fastened part							
Dry indoor	Steel (zinc-coated, painted), aluminum, stainless steel	■	■	■	■	■	■	■
Indoor with temporary condensation	Steel (zinc-coated, painted), aluminum	–	–	■	■	■	■	■
	Stainless steel			–	–			
Outdoor with low pollution	Steel (zinc-coated, painted), aluminum	–	–	□ [2]	□ [2]	■ [2]	■	■
	Stainless steel			–	–			
Outdoor with mode-rate concentration of pollutants (1-10km)	Steel (zinc-coated, painted), aluminum	–	–	□ [2]	□ [2]	■ [2]	■	■
	Stainless steel			–	–			
Coastal areas (0-1km)	Steel (zinc-coated, painted), aluminum, stainless steel	–	–	–	–	–	■	■
Outdoor, areas with heavy industrial pollution	Steel (zinc-coated, painted), aluminum, stainless steel	–	–	–	–	–	■	■
Close proximity to roads	Steel (zinc-coated, painted), aluminum, stainless steel	–	–	–	–	–	■	■
Special applications				**Consult experts**				■

■ = expected lifetime of anchors made from this material is typically satisfactory in the specified environment based on the typically expected lifetime of a building. The assumed service life in European Technical Assessments is 50 years for concrete anchors, 25 years for power-driven fasteners, steel and sandwich panel screws, and 10 years for flat roof insulation screws.

□ = a decrease in the expected lifetime of non-stainless fasteners in these atmospheres must be taken into account (≤ 25 years). Higher expected lifetime needs a specific assessment.

Rootsis on lubatud kasutada AISI304 keskkonnaklassis C1 ja AISI316 keskkonnaklassis C2: /Kasut.kirjandus nr 2, lk 333/

Table 1. Stainless steels, classed in groups with increasing resistance to pitting and crevice corrosion in accordance with SIA recommendation 179 [5]

Tabelle 1. Nichtrostende Stähle, geordnet nach zunehmender Beständigkeit gegenüber Loch- und Spaltkorrosion gemäß SIA Empfehlung 179 [5]

Type of steel	Corrosion resistance class*)	Abbreviated name	Material no.	PREn**)	Applications
CrNi steels	I	X5CrNi18-10	1.4301	18	humid areas
		X4CrNi18-12	1.4303	18	
		X6CrNiTi18-10	1.4541	18	
		X2CrNi19-10	1.4306	19	
CrNiMo steels	II	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	24	mild outdoor climate, weathered
		X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	24	
		X2CrNiMo17-12-2	1.4404	24	
		X3CrNiMo17-13-3	1.4436	26	
		X2CrNiMo18-14-3	1.4435	27	
		X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	30	
		X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	32	
	III	X2NiCrMoCu25-20-5	1.4539	35	outdoor climate, unweathered
		X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	37	industrial atmosphere, weathered
		X2CrNiMoN22-5-3	1.4462***)	37	
	IV	X1NiCrMoCuN25-20-7	1.4529	47	aggressive media, indoor swimming pools, tunnels, sewage treatment plants
		X1CrNiMoCuN20-18-7	1.4547	48	
		X2CrNiMnMoNbN25-18-5-4	1.4565	50	
Special materials e.g. nickel-based or titanium alloy		NiCr21Mo14W	2.4602	(66)	combination of aggressive media, chemical industry
		NiMo16Cr15W	2.4819	(68)	
		NiMo16Cr16Ti	2.4610	(69)	

*) in accordance with SIA 179 [5]

**) Pitting Resistance Equivalent number = %Cr + 3.3 * %Mo + 30 * %N

***) ferritic-austenitic structure

Lahendus: kinnitite korrosioonikaitse /Kasut.kirjandus nr 2, lk 335/

Zn on passiivne materjal kloriidide suhtes. Mõlemad fotod on tehtud samas ujulas.
NB! Zn korral tuleb arvestada niiskuse mõjul tekkiva Zn-kaoga (keskkonnaklassi C4 alusel).

Fig. 4. Stainless steel fastener with severe corrosion phenomena. After removal of the component it could be broken by hand due to stress corrosion cracking

Fig. 5. Galvanized steel components which were used in the same swimming pool building as the shown stainless steel components of Fig. 4. Only weak corrosion phenomena at the cutting edges could be seen

Mis materjalidest praegu ujulates kinnitid projekteeritakse?

1. Galvaniseeritud teras
Sobib kuumtsingitud teras ehk hot-tip galvanized steel: Zn=ca 40 µm;
(Ei sobi elektriliselt galvaniseeritud ehk electrical galvanized steel:
Zn= ca 10 µm, kaitse ca 2,5 aastat)

2. Duplex coating: Zn teras + värv
3. Stainless steel:
AISI316 igapäevaselt puhastatavana
AISI304 korral tegu tõenäoliselt veaga
4. Other: eriterased (ülikallid)

Paremal tabel /Kasut.kirjandus nr 2, lk 335/

Materials and Corrosion *54*, 331–338 (2003)

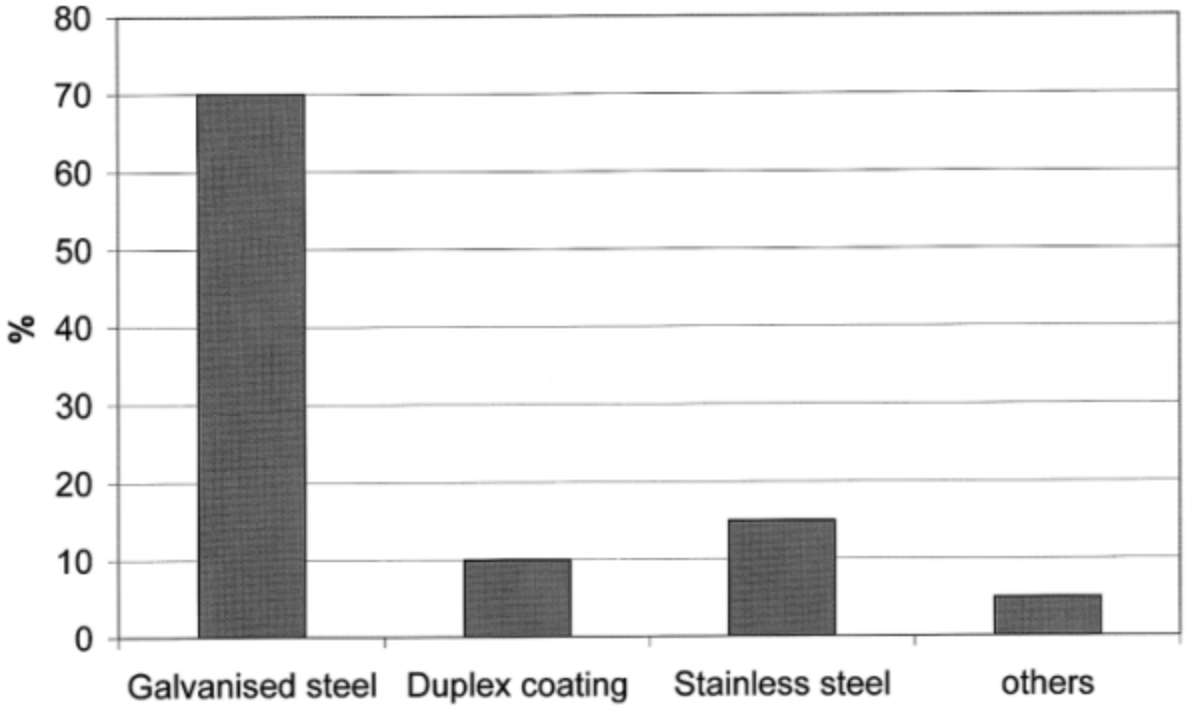


Fig. 3. Percentage distribution of the materials used for fastening components for suspended ceilings (on the basis of inspections carried out by EMPA on more than 150 indoor swimming pools in Switzerland). Galvanized steel, accounting for approx. 80% of fastenings, is the most widely used material

Kuumtsinkimine ja terase koostises räni (Si) mõju Zn-kihi paksusele

2.0.1 Tsingikihi paksus riputusliinil

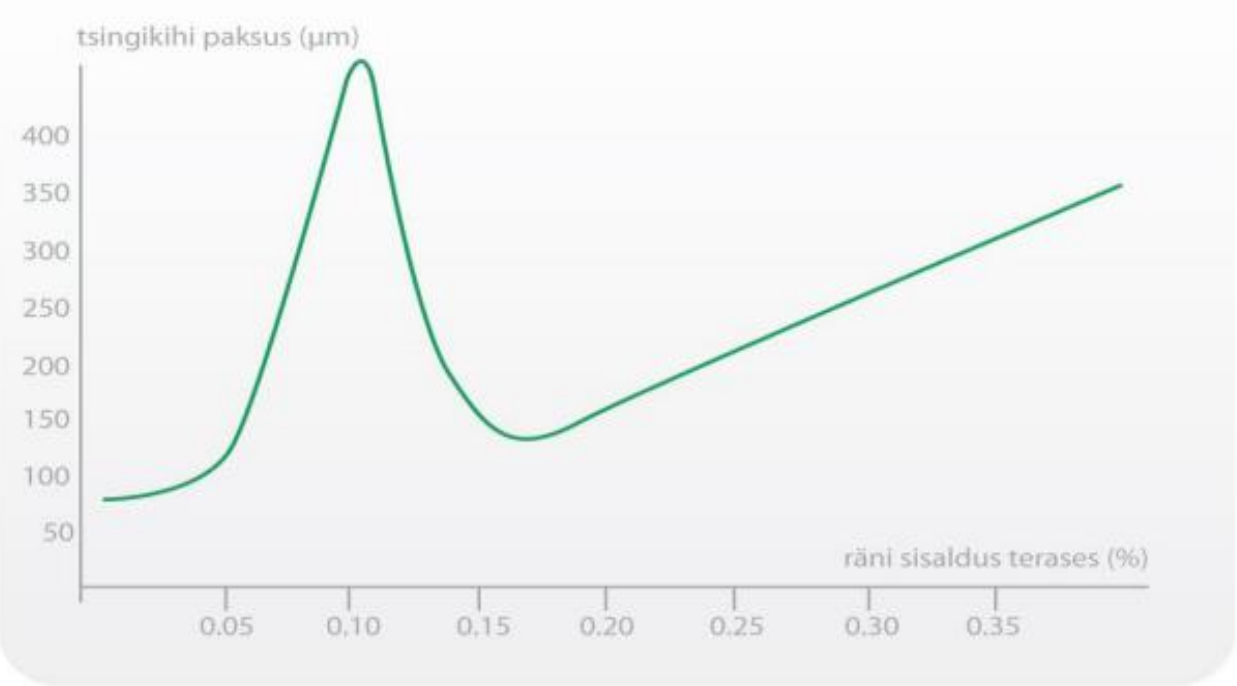
materjali paksus	lokaalne kihi paksus (min) µm	kihi paksus (min) µm
teras > 6mm	70	85
teras > 3mm kuni ≤ 6mm	55	70
teras ≥ 1.5mm kuni ≤ 3mm	45	55
teras < 1.5mm	35	45
valutooted ≥ 6mm	70	80
valutooted < 6mm	60	70

2.0.2 Tsingikihi paksus tsentrifuugimisel

materjali paksus	lokaalne kihi paksus (min) µm	kihi paksus (min) µm
keermetega tooted:		
≥ 20mm Ø	45	55
≥ 6mm to < 20mm Ø	35	45
≥ 6mm Ø	20	25
muud tooted (sh valutooted)		
≥ 3mm	45	55
< 3mm	35	45

C1-C5 kvaliteedi klasside tsingikihi paksuse nõuded arvutatakse vastavalt sellele, kui mitu aastat soovib klient, et antaks tootele vastu pidamise garantiid.

Info Zinkpot kodulehelt: https://zincpot.ee/tehnilised-nouded/ /Kasut.kirjandus nr 7/



Räni (Si) mõju tsingikihi paksusele

Korrosioonide võrdlus erinevast materjalist kinnititel

AISI304 ja AISI316: SCC

- kiire ja agressiivne;
- kahjustab kandurit läbivalt;
- välisel vaatlusel pole tuvastatav (välispinnale roostet ei teki, on tuvastatav vaid mikroskoobiga)

-> KIIRE, ÜLIOHTLIK

Zn-kattega teras: pruun rooste

+ Zn-kaitseb aastaid (kuumtsinkimisel > 40µm);
+ Zn-kaitsekihi hävimisel tekib terase pinnale „rebasekarva“ pruun rooste, mis hoiatab ette;
+ pruun rooste loob omakorda kaitsekihi, mistõttu edasine korrosioon aeglustub

-> AEGLANE, oluliselt OHUTUM

Zn-kattega tavateras on kuluoptimaalne lahendus!

Näide 1: Kinnitite korrosioonikaitse

Tehnosüsteemide eeldatavaks eluiga on 25-aastat, seetõttu ka kinnitite kaitse peab tagama sama pika eluea, selleks KVJVK-tehnosüsteemide teraskinnitid kaitsta 2-kihilisena ehk Duplex-süsteemina: **Zn 45 µm + värv 30 µm.**

- Esmalt vajalik Zn-kaitsekiht 45 µm, saadakse tehaselaselt kuumgalvaniseerimis teel, mis tagab kinnitile C4 keskkonnas aastase 4,2 µm tsingikao korral 45:4,2=10 aastase kaitse (tsingikadu saab siin arvestada tavapärase C4 keskkonnaklassi järgi, sest uuringute puhul ujulas Zn-kadu ujulates reeglina ei ületa seda).
- Teiseks tuleb kinnitid täiendavalt värvida kloori taluva värviga kihipakusega 30 µm.
  (Värvikiht peab tagama C4 keskkonnas, kaitsetaseme High ehk 15-aastaks).
  NB! Kinnitite värviparandused teostada paigaldusjärgselt!

NB! KVJVK projektis esitada hoolduse jaotis ja määrata kinnitite ning toruliidete korrosiooni kontrolltsüklid.

Tabel 1 — Atmosfäärikorrodeerivuse kategooriad ja tüüpiliste keskkondade näited

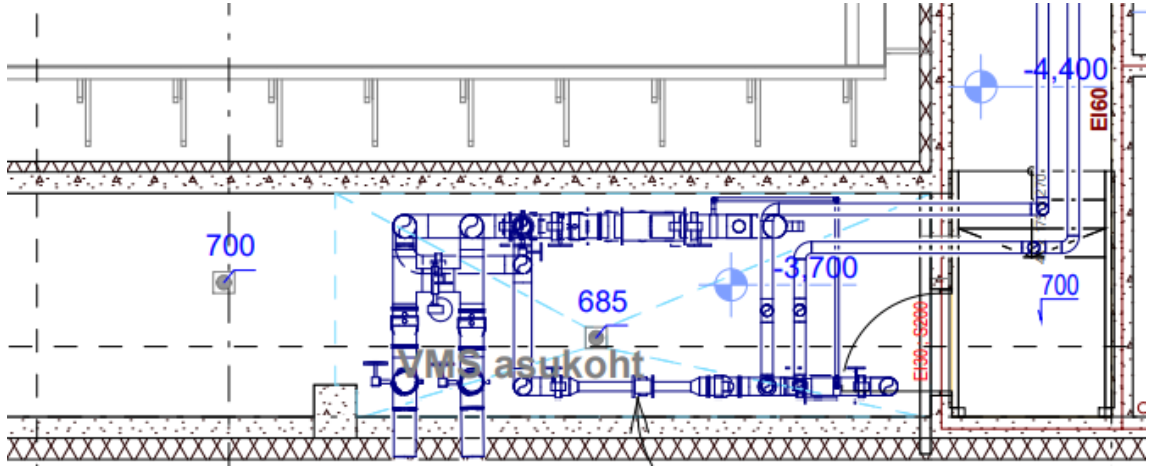
Korrodeerivuse kategooria	Massikadu pinnaühiku kohta / paksuse kadu (1-aastase kokkupuute järel)				Näited tüüpiliste keskkondade kohta (ainult teatmeline)	
	Madalsüsinikteras		Tsink		Välised	Sisemised
	Massikadu g/m²	Paksuse kadu µm	Massikadu g/m²	Paksuse kadu µm		
C4 kõrge	> 400 kuni 650	> 50 kuni 80	> 15 kuni 30	> 2,1 kuni 4,2	Tööstuspiirkonnad ja keskmise soolsusega rannikualad	Keemiatehased, ujulad, ranniku laeva- ja paaditehased.

Näide 2: Torustike korrosioonikaitse

Ujula seletuskirjas: „Veemõõdusõlm on ette nähtud roostevabadest terastorudest AISI316 ning äärikühendustega ja kõik veemõõdusõlme elemendid sh sulgeseadmed, tagasilöögiklapid ja muud liitmikud peavad samuti olema roostevabast terasest.“ – Vaidluskoht: kas AISI304 või AISI316?

AS Tallinna Vesi tehnilised tingimused: https://tallinnavesi.ee/wp-content/uploads/2022/07/Veemoodusolm_tehnilised-nouded_10.06.2022.pdf
„Suuremate kui DN40 veearvestite puhul peab veemõõdusõlm olema koostatud roostevabast terasest torudest.“

„Märgtõusutorustik peab olema roostevaba (nt tsingitud teras) “ – Vaidluskoht: kumb neist või plast?



Võimalikud meetmed:

- Veesisend AISI316 -> PE-toru
  BN! Võimalik vaid juhul kui veesisend ei varusta SPR-süsteemi!
- Veemõõdusõlm teha ruumiks
  + ventilatsioon õuest-õue;
- Veemõõdusõlmest väljuvad SPR-i torud värvida:

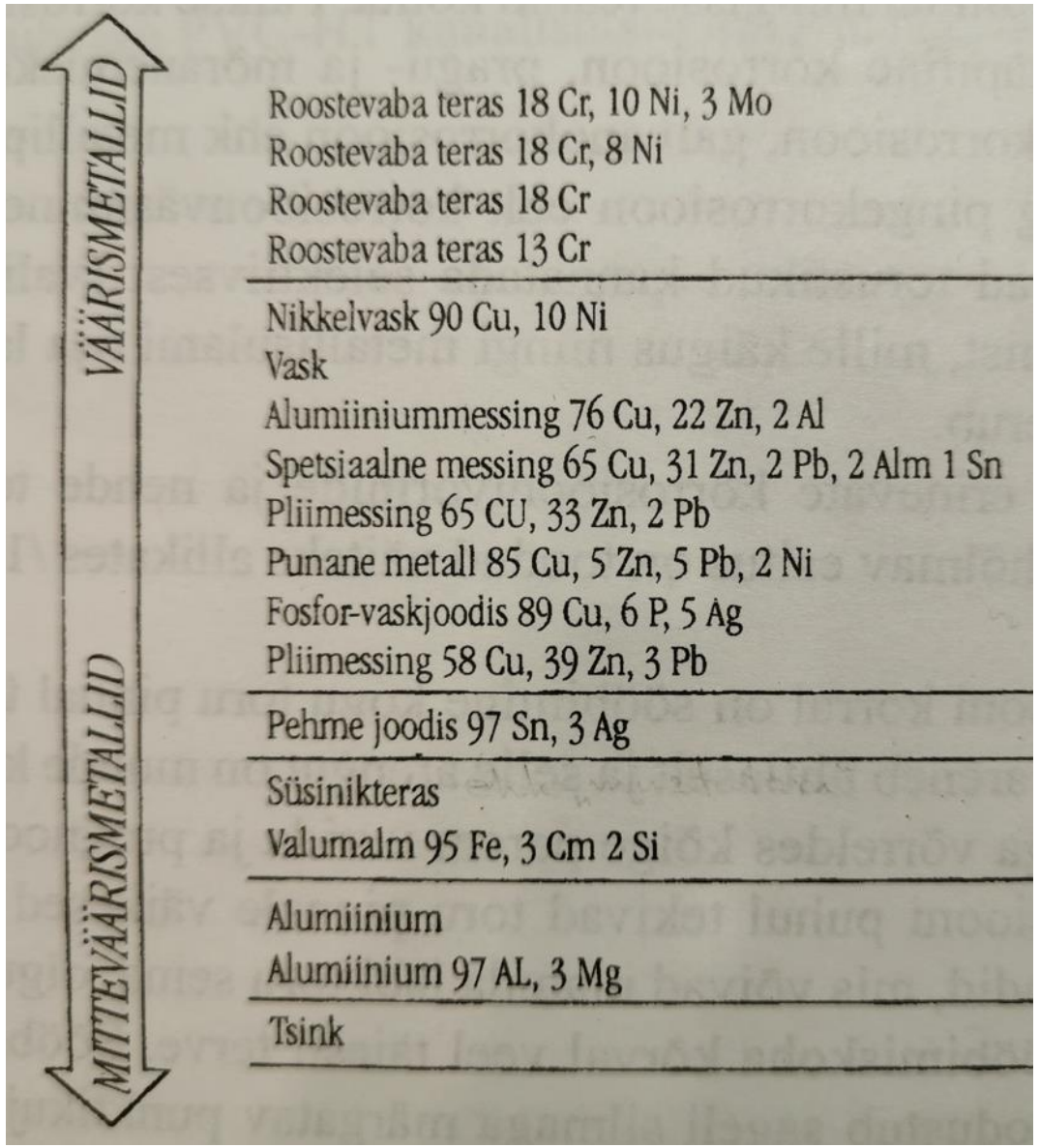
a.) Kui need oleks tavaterasest Zn-tud torud, siis katta ühe kihi kloori taluva värviga (enamus värve);

b.) Kui on AISI teras, siis 2-3 kihi kloori taluva värviga (enamus värve).
(Ideaalis tootja oskab öelda, mis värv sobiv ja kui paks värvikiht (µm) tagab nt C4 keskkonnaklassis 15.aastat kaitset).

Miks on Zn hea?

NB! AISI + Zn –> galvanokorrosioon, mil metallide potentsiaali reas sööbib vähemväärtuslik Zn katoodina.

- Miks eri metallidest toru ja kinniti vahele on nõutud tihend?
  Vältimaks müra, aga ka vältimaks galvanokorrosiooni.
- Miks ehitatakse kogu tehnosüsteem ühest torumargist?
  Kui liited ja toru samalt tootjalt, siis säilib tootja garantii.
  Aga samas väheneb ka võimalus, et süsteem ehitatakse eri materjalidest (nt vask Cu paigaldatud enne Zn terastoru), mis võib põhjustada galvanokorrosiooni.
- Miks piiratakse vee- ja küttetorudel voolukiiruseid?
  Piirata takistuse ja hoidmaks müra kontrolli all.
  Aga samas välditakse ka torustiku sisepinna erosiooni.
- Miks tehnosüsteemid, nt veemõõdusõlm maandatakse?
  Vältimaks võimalikku elektrilööki seadmete rikkeolukorras.
  Aga ühtlasi kaitseb potentsiaaliühtlustus ka veevarustussüsteemi metalltorustikku korrosiooni eest.



„Vee- ja kanalisatsioonitorustike remont“ “Ehitame“ Tln, 1999. Metallide pingerida lk 32

Kasutatud kirjandus:

1. „The_European_Stainless_Steel_Development_Association-Safe_use_swimmingpools_en.pdf“
2. „[3] -Material_selection_of_safety-relevant_components_in_indoor_ swimming_pools_en.pdf“
3. „Famous_failures_series_Part1-stress_corrosion_cracking.pdf“
4. „EVS-EN ISO 12944-2_2017_tabel 1.png“
5. „HILTI_Corrosion_handbook.pdf“
6. „Roostevaba_teras_kinnitusvahendid.pdf“
7. „AS_Paldiski_Tsingipada-Näpunäited_kuumtsinkimiseks.pdf“
8. „Stress_Corrosion_Cracking_pages_199-214.docx“

Tänan!