

Vandens kokybės rekomendacijos variu lituotiems plokšteliniams šilumokaičiams

Suvestinė

Danfoss centralizuoto šildymo padalinys parengė šias rekomendacijas, vadovaujantis p. Marie Louise Petersen, Danfoss Industri Service atstovės ataskaita „Technologija, skirta vandens iš čiaupo ir centralizuoto šildymo termofikacinio vandens kokybei užtikrinti, naudojamo grynu variu lituotuose nerūdijančio plieno (EN No. 1.4404 ~ AISI 316L) plokšteliniuose šilumokaičiuose“. Vanduo, tekantis šiuose plokšteliniuose šilumokaičiuose, labai skirsis priklausomai nuo jo taikymo pobūdžio, taigi, kai kuriais atvejais, korozija gali tapti problema.

Jei nevykdomos šios vandens kokybės rekomendacijos, Danfoss centralizuoto šildymo padalinys negali priimti garantinių išpareigojimų skundų, pareikštų dėl vandens sukeltos korozijos, atvejais.

Svarbu pabrėžti, jog vandens savybės dar negarantuoja, kad nesusidarys korozija, bet jos turi būti laikomos priemone, padedančia vandens tiekimo sistemose išvengti kritiškiausių situacijų susidarymo. Žemiau pateiktose 1 ir 2 lentelėse yra parodyta kritinių vandens rodiklių suvestinė ir jais rekomenduojamos apribojimų vertės. Apribojimai galioja tiktai grynu variu lituotuose nerūdijančio plieno (EN No. 1.4404 ~ AISI 316L) plokšteliniuose šilumokaičiuose.

1 lentelė. Rekomenduojamos ribinės vertės vandens iš čiaupo kokybei antrinėje pusėje.

| Rodiklis | Rekomenduojamos buitinio vandens iš čiaupo kokybei antriniame kontūre |
|------------------------------------|---|
| Temperatūra | Priklauso nuo vandens sudėties, bet žemesnė už 60°C minimizuoja nerūdijančio plieno korozijos riziką ir vario, naudojamo plokštelių litavimui, išplovimą. |
| Vandenilio jonų koncentracija (pH) | 7 - 9 |
| Šarmingumas | 60 mg/ltr < [HXO ₃ ⁻] < 300 mg/l |
| Laidumas | < 500 μS/cm |
| Kietumas | [Ca ²⁺ , Mg ²⁺]/[HXO ₃ ⁻] > 0,5 |
| Chloridai | 1000 mg/l esant 25 °C 300 mg/l esant 50 °C 100 mg/l esant 80 °C 0 mg/l esant T > 100 °C |
| Sulfatai | [ΣO ₄ ²⁻] < 100 mg/l ir [HXO ₃ ⁻]/[ΣO ₄ ²⁻] > 1 |
| Nitratai | [NO ₃ ⁻] < 100 mg/l |
| Fluoridai | < 0,5 mg/l |

Jei neparuoštas vanduo iš čiaupo naudojamas kaip centralizuoto šildymo sistemų papildymui tiekiamas vanduo, daugelis vandens kokybės ribinių verčių atitiks vandeniui iš čiaupo antriniame kontūre nustatytus reikalavimus.

2 lentelė. Termofikacinio vandens kokybės rekomenduojamos ribinės vertės pirminiame kontūre.

| Termofikacinio vandens kokybės rekomenduojamos ribinės vertės pirminiame kontūre | | | | |
|--|--------------------------|------------------------|--|------------------------|
| Kokybės klasė | Neparuoštas | Suminkštintas | Iš dalies sugėlintas | Gėlas |
| Papildomai tiekiamas vanduo | Vanduo iš čiaupo | Suminkštintas | Suminkštintas ir/arba iš dalies sugėlintas | Gėlas |
| Išorinė išvaizda | Švarus | Švarus | Švarus | Švarus |
| Kvapo slenkstis | Priimtinas vartotojams | Priimtinas vartotojams | Priimtinas vartotojams | Priimtinas vartotojams |
| Suspenduotos dalelės (drumstumas) | <10 mg/l | <10 mg/l | <5 mg/l | <1 mg/l |
| Alyva ir tepalai | <1 mg/l | <1 mg/l | <1 mg/l | <1 mg/l |
| Vandenilio jonų koncentracija (pH) esant 25°C | Palyginkite su 1 lentele | 9,8 ± 0,2 | 9,8 ± 0,2 | 9,8 ± 0,2 |
| Liekamasis vandens kietumas | Palyginkite su 1 lentele | <0,5 °dH | <0,2 °dH | <0,1 °dH |
| Savitasis elektros laidumas esant 25°C | Palyginkite su 1 lentele | <1500 µS/cm | <500 µS/cm | <25 µS/cm |
| Deguonis | | <0,02 mg/l | <0,02 mg/l | <0,02 mg/l |
| Chloridai | Palyginkite su 1 lentele | <300 mg/l | <50 mg/l | <3 mg/l |
| Sulfatai | Palyginkite su 1 lentele | | | <2 mg/l |
| Sulfidai | <1 mg/l | <1 mg/l | <1 mg/l | <1 mg/l |
| Nitratai | Palyginkite su 1 lentele | | | |
| Fluoridai | Palyginkite su 1 lentele | | | |
| Amonis | | <10 mg/l | <5 mg/l | <5 mg/l |
| Bendroji geležis | | <0,1 mg/l | <0,1 mg/l | <0,05 mg/l |
| Bendras vario kiekis | | <0,02 mg/l | <0,02 mg/l | <0,01 mg/l |

Ižanga

Danfoss centralizuoto šildymo padalinys parengė šias rekomendacijas, skirtas vandens iš čiaupo ir centralizuoto šildymo termofikacinio vandens kokybei užtikrinti, naudojamo grynu variu lituotuose nerūdijančio plieno (EN No. 1.4404 ~ AISI 316L) plokšteliniuose šilumokaičiuose. Plokšteliniuose šilumokaičiuose tekantis vanduo labai skirsis priklausomai nuo jo taikymo pobūdžio, taigi, kai kuriais atvejais, korozija gali tapti problema.

Techninių sąlygų vandens kokybei užtikrinti parengimas gali apriboti vandens sukeltos korozijos riziką.

Paprastai vanduo iš čiaupo cirkuliuoja antriniame kontūre, o šilumnešio terpė (pvz. termofikacinis vanduo) cirkuliuoja pirminiame šilumokaičio kontūre.

Korozija

Eksploatacijos metu plokšteliniuose šilumokaičiuose gali susidaryti daugelio rūšių korozija. Šioje ataskaitoje nėra pateikiamas smulkus skirtingų korozijos rūšių aprašymas, tačiau 3 lentelėje yra išvardintos dažniausiai pasitaikančios korozijos rūšys.^[3]

3 lentelė. Tipinės korozijos reiškiniai grynu variu lituotuose nerūdijančio plieno plokšteliuose šilumokaičiuose. ^[3]

| Korozijos rūšis | Aprašymas |
|-----------------------------|--|
| Vietinė korozija | Paprastai šilumokaitis neturi įtrūkių, bet įtrūkiai gali susiformuoti po nuodegomis, kitokių rūšių nuosėdomis, taip pat po nekokybiškai sulituotomis jungtimis. |
| Bendroji korozija | Jei susidaro bendroji korozija, šiuo atveju koroduos būtent varis, o ne nerūdijantis plienas. Jei rūdija varinis sulitavimas, to poveikyje šilumokaitis praras savo sandarumą ir jame susidarys nuotėkis. |
| Galvaninė korozija | Aplinkos vandenyje esantis metalinis kontaktas tarp vario ir nerūdijančio plieno gali sužadinti korozijos protrūkį labiau elektriškai neigiamame metale, šiuo atveju – varyje. |
| Įtempties korozija | Nerūdijančiame pliene gali susiformuoti įtempties korozija, jei yra tempimo įtempiai ir didelis chloridų kiekis. Temperatūros didinimas dar labiau didins įtempties korozijos riziką, taigi įtempties korozija dažnai susidaro temperatūrai viršijus 60 °C. ^[6] |
| Tarpgrūdelinė korozija | Neteisingo terminio apdirbimo metu nerūdijančiame pliene gali susiformuoti tarpgrūdelinė korozija dėl chromo karbido susidarymo grūdelių ribose. Plotai su sumažėjusiu chromo kiekiu bus jautrūs korozijai. |
| Skystasis metalo trapėjimas | Jei litavimo proceso metu susidaro pernelyg aukšta litavimo temperatūra, varis pasklinda nerūdijančiame pliene, tokiu būdu sumažindamas nerūdijančio plieno plokštelių stiprumą. |

Vandens savybės

Antrinis kontūras – vanduo iš čiaupo

Tipiniai vandens iš čiaupo rodikliai, sąlygojantys plokštelinio šilumokaičio suminį atsparumą korozijai, yra šie: temperatūra, pH, laidumas, kietumas, šarmingumas bei chloridų, sulfatų ir nitratų koncentracija.

Kadangi vario atsparumas korozijai buitiniame vandenyje apskritai yra žemesnis už nerūdijančio plieno (EN Nr. 1.4404), tai vandens rodiklius iš esmės nulems vario korozijos parametrai. Nerūdijančio plieno korozija geriamajame vandenyje susidaro tikrai esant didelei chloridų koncentracijai vandenyje iš čiaupo ir aukštai temperatūrai.

Pateikiame pačių svarbiausių vandens parametru ir jo savybių aprašymą.

- **Temperatūra:** Apskritai temperatūros pakėlimas padidins daugumos metalų korozijos greitį. Panašu, kad karštame vandenyje nedidelių korozijos opų varijų susidarymo tikimybė yra didesnė, kai temperatūra viršija 60°C. Taip pat padidėja įtemptinio korozinio pleišėjimo rizika nerūdijančiame pliene, kai temperatūra viršija 60°C, bei korozijos opų susidarymas ir plyšinė korozija nerūdijančiame pliene yra taip pat priklausomi nuo temperatūros (žiūrėkite skyrių apie chloridus).^[2, 5, 6]
- **pH:** Bendroji vario korozija daugiausiai priklauso nuo vandenilio jonų koncentracijos (pH), taigi korozijos rizika yra žemiausia, jei pH yra palaikomas virš 7,5, bet mažesnis už 9,0.^[1, 2, 3] Tačiau galima tikėtis, kad normaliam vandenyje iš čiaupo pH vertė bus apie 7, bet rekomenduojama vengti vandens, kuriame pH yra mažesnis už 7.
- **Šarmingumas:** Jei vandenilio karbonato HXO_3^- kiekis vandenyje yra labai žemas, t.y. mažesnis už 60 mg/l, vario korozijos reakcijos produktai ištirps ir pateks į sistemą. Taip pat rekomenduojama neviršyti 300 mg/l HXO_3^- koncentracijos.^[1, 2, 3]
- **Savitasis elektros laidumas:** Didelis buitinio vandens laidumas reiškia, kad vandenyje yra didelė joninių dalelių koncentracija. Iš esmės, vandens iš čiaupo laidžio padidėjimas padidins ir daugumos metalų korozijos greitį. Visumoje didžiausia tinkama ribinė laidžio vertė yra 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.^[4]
- **Kietumas:** Varis turi polinkį į koroziją labai minkštame vandenyje, dėl to $[\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}] / [\text{HXO}_3^-]$ santykis turėtų būti didesnis už 0,5.^[3]
- **Chloridai:** Chloridų buvimas geriamajame vandenyje padidins nerūdijančio plieno vietinės korozijos riziką. Ribinė vertė priklausys nuo temperatūros pagal 4 lentelę.^[3]

4 lentelė. Rekomenduojamos chlorido ribinės vertės, esant įvairioms temperatūrų reikšmėms.^[3]

| Chlorido ribinės vertės |
|-------------------------|
| 1000 mg/l esant 25°C |
| 300 mg/l esant 50°C |
| 100 mg/l esant 80°C |
| 0 mg/l esant T > 100 °C |

- **Sulfatai:** Didelė sulfatų koncentracija padidins nedidelių korozijos opų susidarymo varyje riziką. Didžiausia rekomenduojama sulfatų koncentracija yra 100 mg/l, tačiau korozija gali susidaryti ir esant mažesnėms koncentracijoms, jeigu santykis $\text{HXO}_3^- / [\Sigma\text{O}_4^{2-}]$ bus mažesnis už 1. ^[1,2]
- **Nitratai:** Nitratų jonai daro panašią įtaką kaip ir sulfatai, taigi rekomenduojama didžiausia nitratų koncentracija būtų 100 mg/l. ^[1,4]

Dėl bakteriologinių priežasčių į daugelyje butyje naudojamo vandens tiekimo įrenginių būtina papildomai pridėti chloro. Chloras yra stipriai oksiduojantis elementas ir jis silpnina nerūdijančio plieno atsparumą korozijai. Alfa Laval kompanija rekomenduoja, kad laisvojo aktyviojo chloro koncentracija būtų mažesnė už 0,5 mg/l, siekiant išvengti nerūdijančio plieno korozijos 316L (= EN Nr. 1.4404). ^[3]

Pirminis kontūras – termofikacinis vanduo

Termofikacinio vandens specifikacija pateikiama DFF rekomendacijose (*Danske Fjernvarmeværkers Forening*). Rekomendacijose aptariami vandens ruošimo bei korozijos prevencijos aspektai centralizuoto šildymo sistemose. ^[7]

DFF rekomendacijose yra išskiriami keturi vandens tipai, kurie cirkuliuoja centralizuoto šildymo sistemose:

1) Neapdorotas vanduo iš čiaupo, 2) Suminkštintas vanduo, 3) Dalinai sugėlintas vanduo, 4) Gėlas vanduo. Termofikacinio vandens charakteristikos priklausys nuo sistemų papildymui tiekiamo vandens pasirinkimo, kaip nurodyta 5 lentelėje.

5 lentelė. Termofikacinio vandens charakteristikos pagal DFF rekomendacijas. ^[7]

| Kokybės klasė | | Neparuoštas | Suminkštintas | Dalinai sugėlintas | Gėlas |
|--|-------|------------------------|------------------------|--|------------------------|
| Papildomai tiekiamas vanduo | | Vanduo iš čiaupo | Suminkštintas | Suminkštintas ir/arba dalinai sugėlintas | Gėlas |
| Išorinė išvaizda | | Švarus | Švarus | Švarus | Švarus |
| Kvapo slenkstis | | Priimtinas vartotojams | Priimtinas vartotojams | Priimtinas vartotojams | Priimtinas vartotojams |
| Suspenduotos dalelės (drumstumas) | mg/l | <10 | <10 | <5 | <1 |
| Naftos produktai ir tepalai | mg/l | <1 | <1 | <1 | <1 |
| pH esant 25°C | | | 9,8 ± 0,2 | 9,8 ± 0,2 | 9,8 ± 0,2 |
| Liekamasis vandens kietumas* | °dH | | <0,5 | <0,2 | <0,1 |
| Savitasis elektros laidumas esant 25°C | µS/cm | | <1500 | <500 | <25 |
| Deguonis | mg/l | | <0,02 | <0,02 | <0,02 |
| Chloridai | mg/l | <300 ** | <300 ** | <50 ** | <3 |
| Sulfatai | mg/l | | | | <2 |
| Amonis | mg/l | | <10 | <5 | <5 |
| Bendroji geležis | mg/l | | <0,1 | <0,1 | <0,05 |
| Bendras vario kiekis | mg/l | | <0,02 | <0,02 | <0,01 |

- * Tolimesni liekamojo vandens kietumo reikalavimai gali būti reikalingi, nagrinėjant kaitinamuosius paviršius ir katilų konstrukcijas.
- ** Chloridai ir temperatūra nustato specialius reikalavimus nerūdijančio plieno atsparumui korozijai – žiūrėkite 4 lentelę.

5 lentelėje nurodytos ribos būtų tinkamas būdas išvengti korozijos plokštelinio šilumokaičio pirminiame kontūre, tačiau yra rekomenduojama reikalavimus neparuoštam vandeniui padidinti tiek, kad jie sutaptų su antriniame kontūre naudojamo vandens iš čiaupo reikalavimais.

Patys svarbiausi rodikliai, įtakojantys nerūdijančio plieno atsparumą korozijai termofikacinio vandens sistemoje, yra chloridai, temperatūra ir deguonies kiekis. Priimtina chloridų ribinė vertė priklausys nuo papildomai tiekiamo vandens pasirinkimo, kaip nurodyta 5 lentelėje. Be to, jeigu deguonies kiekis yra didelis, nerūdijančio plieno korozijos rizika didės. Nors yra pageidaujama, kad deguonies kiekis būtų mažesnis už 0,02 mg/l, praktikoje dažnai šis kiekis yra didesnis. Neparuoštame termofikaciniame vandenyje su dideliu deguonies kiekiu, laikui bėgant, pastarojo kiekis paprastai mažės, nes jis bus naudojamas sistemos viduje vykstančiuose korozijos procesuose.

Patys svarbiausi veiksniai apribojantys vario korozijos riziką būtų naudoti terpę be deguonies (žemiau 0,02 mg/l), silpnas šarmines terpes (kurių pH mažesnis už 10) ir palaikyti amonio ir sulfidų kiekį mažesni už minimalias ribines vertes.

Centralizuotam šildymui rekomenduojama naudoti vandenį, kuris buvo suminkštintas arba gėlintas, ir kurio pH rodiklis siekia maždaug 9-9,5, o deguonis būtų arba iš jo pašalintas, arba chemiškai surištas. Specialus dėmesys turi būti skiriamas kai kuriems chemikalams, kurie naudojami pH suformavimui ir/ arba kaip deguonies rišikliai.

pH rodiklio suformavimui reikia vengti naudoti amonį dėl galimos vario ir žalvario korozijos rizikos. Vietoje jo naudokite natrio hidroksidą (NaOH) arba trivalentį natrio fosfatą (Na₃PO₄), kad padidintumėte vandens pH.

Natrio sulfitas (Na₂SO₃) buvo plačiai naudojamas kaip deguonies rišiklis, bet jo reiktų vengti tose sistemose, kuriose yra vario ir nerūdijančio plieno. Deguonies surišimo proceso metu sulfitas virsta sulfatu. Sulfatas gali veikti kaip kai kurias bakterijas maitinanti medžiaga, kuri sumažina sulfatų kiekį, paverčiant juos į sulfidus ir sukuria vario ir nerūdijančio plieno koroziją sukeliančias sąlygas. Vietoje jo galima naudoti tokius organinius deguonies rišiklius, kaip taninai.

Didelė sulfidų koncentracija vandenyje gali sukurti bakteriologines problemas termofikacinio vandens sistemoje. Taigi, rekomenduojama vandenyje palaikyti minimalų sulfidų kiekį.

Kartais į vandenį yra dedami kiti deguonies rišikliai. Kai kurie jų pavyzdžiai: vitaminas C ir metilo etilo ketoksimas (MEKO). Taip pat į vandenį gali būti įdedama biocidų, kad sistemoje būtų kontroliuojamas bakterijų formavimasis. Kartais į vandenį gali būti įdedama tensidų, kad sistemoje sumažėtų trintis.

Išvada

Danfoss centralizuoto šildymo padalinys parengė šias rekomendacijas, vadovaujantis p. Marie Louise Petersen, Danfoss Industri Service atstovės, ataskaita „Technologija, skirta vandens iš čiaupo ir centralizuoto šildymo termofikacinio vandens kokybei užtikrinti, naudojamo grynu variu lituotuose nerūdijančio plieno (EN Nr. 1.4404 ~ AISI 316L) plokšteliniuose šilumokaičiuose“. Jei nesilaikoma šių vandens kokybės rekomendacijų, Danfoss centralizuoto šildymo padalinys negali prisiimti garantinių įsipareigojimų skundų, pareikštų dėl vandens sukeltos korozijos.

Svarbu pabrėžti, kad vandens savybės dar negarantuoja, kad nesusidarys korozija, bet tai turi būti laikoma priemone, padedančia vandens sistemose išvengti kritiškiausių situacijų susidarymo. Žemiau pateiktose 6 ir 7 lentelėse yra parodyta kritinių vandens rodiklių suvestinė ir rekomenduojami apribojimai. Apribojimai galioja tiksliai grynu variu lituotuose nerūdijančio plieno (EN Nr. 1.4404 ~ AISI 316L) plokšteliniuose šilumokaičiuose.

Vandenyje esančių medžiagų ir nešvarumų nusėdimas gali sumažinti šilumos perdavimo gebą plokšteliniuose šilumokaičiuose.

Kieto vandens išildymas virš 55°C sukels stiprų kalkių nusėdimą (Ca^{2+}), o tai matysis kaip ant plokštelių paviršiaus susidarantis kalkių sluoksnis.

Šios nuosėdos gali būti pašalinamos, šilumokaičius nuplaunant įvairių rūšių skysčiais priklausomai nuo nuosėdų sudėties. Danfoss rekomenduoja šilumokaičių praplovimui naudoti specialų plovimo skystį, panašų į Kaloxi, ir tam skirtus plovimo įrenginius, pvz., plačiai naudojamą TermoRens arba kitų tiekėjų, pvz., Alfa Laval.

Šilumokaičių praplovimas pašalina nuosėdas ir padidina šilumos perdavimą, tačiau praplovimas taip pat gali ir sumažinti šilumokaičio eksploatacijos laiką.

Danfoss įmonė netaiko garantinių išipareigojimų šilumokaičiams, kurių sandarumas pažeistas dėl plovimo, kuris buvo būtinas dėl prastos vandens kokybės.

6 lentelė. Rekomenduojamos ribinės vertės vandens iš čiaupo kokybei antrinėje pusėje.

| Rodiklis | Rekomenduojamos buitinio vandens iš čiaupo kokybei antriniame kontūre |
|------------------------------------|---|
| Temperatūra | Priklauso nuo vandens sudėties, bet žemesnė už 60°C minimizuoja nerūdijančio plieno korozijos riziką ir vario, naudojamo plokštelių litavimui, išplovimą. |
| Vandenilio jonų koncentracija (pH) | 7 - 9 |
| Šarmingumas | 60 mg/ltr < $[\text{HXO}_3^-]$ < 300 mg/l |
| Laidumas | < 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| Kietumas | $[\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}]/[\text{HXO}_3^-] > 0,5$ |
| Chloridai | 1000 mg/l esant 25 °C 300 mg/l esant 50 °C 100 mg/l esant 80 °C 0 mg/l esant T > 100 °C |
| Sulfatai | $[\Sigma\text{O}_4^{2-}] < 100 \text{ mg/l}$ ir $[\text{HXO}_3^-]/[\Sigma\text{O}_4^{2-}] > 1$ |
| Nitratai | $[\text{NO}_3^-] < 100 \text{ mg/l}$ |
| Fluoridai | < 0,5 mg/l |

7 lentelė. Termofikacinio vandens kokybės rekomenduojamos ribinės vertės pirminiame kontūre.

| Kokybės klasė | Neparuoštas | Suminkštintas | Iš dalies sugėlintas | Gėlas |
|---|--------------------------|------------------------|--|------------------------|
| Papildomai tiekiamas vanduo | Vanduo iš čiaupo | Suminkštintas | Suminkštintas ir/arba iš dalies sugėlintas | Gėlas |
| Išorinė išvaizda | Švarus | Švarus | Švarus | Švarus |
| Kvapo slenkstis | Priimtinas vartotojams | Priimtinas vartotojams | Priimtinas vartotojams | Priimtinas vartotojams |
| Suspenduotos dalelės (drumstumas) | <10 mg/l | <10 mg/l | <5 mg/l | <1 mg/l |
| Alyva ir tepalai | <1 mg/l | <1 mg/l | <1 mg/l | <1 mg/l |
| Vandenilio jonų koncentracija (pH) esant 25°C | Palyginkite su 1 lentele | 9,8 ± 0,2 | 9,8 ± 0,2 | 9,8 ± 0,2 |
| Liekamasis vandens kietumas | Palyginkite su 1 lentele | <0,5 °dH | <0,2 °dH | <0,1 °dH |
| Savitasis elektros laidumas esant 25°C | Palyginkite su 1 lentele | <1500 µS/cm | <500 µS/cm | <25 µS/cm |
| Deguonis | | <0,02 mg/l | <0,02 mg/l | <0,02 mg/l |
| Chloridai | Palyginkite su 1 lentele | <300 mg/l | <50 mg/l | <3 mg/l |
| Sulfatai | Palyginkite su 1 lentele | | | <2 mg/l |
| Sulfidai | <1 mg/l | <1 mg/l | <1 mg/l | <1 mg/l |
| Nitratai | Palyginkite su 1 lentele | | | |
| Fluoridai | Palyginkite su 1 lentele | | | |
| Amonis | | <10 mg/l | <5 mg/l | <5 mg/l |
| Bendroji geležis | | <0,1 mg/l | <0,1 mg/l | <0,05 mg/l |
| Bendras vario kiekis | | <0,02 mg/l | <0,02 mg/l | <0,01 mg/l |