

## Happidiffuusiokeskustelu - Defused

### Mikä on ongelma"?

Aiemmissa artikkeleissa olemme käyneet läpi joustavilla PEX-muoviletkuilla varustettujen Radiant Panel Heating Systems -järjestelmien ominaisuuksia, etuja ja periaatteita. Nämä järjestelmät toimivat erittäin hyvin, mutta vaativat perustiedot yhteensopivista tuotteista ja oikeasta suunnittelusta. 1970-luvulla, nykyaikaisten paneelilämmitysjärjestelmien kehittämisen ensimmäisellä vuosikymmenellä, tieto oli vielä rajallista ja virheitä tehtiin. Yksi erityinen kysymys johti laajaan keskusteluun. Toisaalta monet uskoivat, että asia voitaisiin jättää huomioimatta, kun taas toiset ennustivat suuria epäonnistumisia ja teollisuuden kuolemaa. Kumpikaan heistä ei ollut oikeassa. Ongelmana oli hapen diffuusio muoviputkien seinien läpi.

Tämän "ongelman" vuoksi 80-luvun alussa kehitettiin suulakepuristustekniikoita muoviputkien varustamiseksi sopivilla esteillä hapen tunkeutumisen vähentämiseksi minimiin. PEX-putket lämmitykseen on yleensä varustettu tällaisilla esteillä, ja tämän käytännön olisi pitänyt poistaa ongelma. Vielä nykyäänkin asennuksia tehdään tunnettuja tosiasioita huomioimatta. Alan uudet ihmiset voivat haastaa tai julistaa epäuskoa. Tämän artikkelin tarkoituksena on tarjota asiaan liittyvää tietoa.

Ensinnäkin lyhyt kuvaus käsiteltävästä ongelmasta: muoviputket eivät ole läpäisemättömiä - toisin kuin metalliputket. Siksi happimolekyylit tunkeutuvat letkun seinämän läpi "suljetun" vesikiertoisen säteilevän lattiajärjestelmän kiertoveteen. Putken seinämän läpi ja järjestelmään kulkevan hapen määrä tunnetaan hyvin kaikille materiaaleille ja kasvaa lämpötilan myötä. Tyypillisessä järjestelmässä, jossa muoviputket toimivat jatkuvasti 100 °F:ssa, tämä hapen diffuusio johtaa noin 1 unssin syntymiseen. korroosiotuotteet (Magneetti-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) 100 jalkaa kohti putkea vuosittain (10 kertaa enemmän EPDM-kumiletkuissa). Eli jos järjestelmissä on rautapitoisia materiaaleja, kuten teräsputkia, teräspumppuja tai teräskattiloita. Jos veden laatu on hyvä, tapahtuu yleistä korroosiota. Syntynyt liete koostuu hienorakeisesta metallioksidista, joka normaalisti kulkeutuu helposti veden mukana. Se asettuu pääasiassa sinne, missä veden virtausnopeus on alhainen. Lietteen määrä kuitenkin kertyy vuosien mittaan ja johtaa kiertohäiriöihin ja muihin korroosioon liittyviin ongelmiin. Kun vesi on syövyttävämpää, pistekorroosiosta johtuvat ongelmat ilmenevät todennäköisesti aikaisin.

Tämä näyttäisi olevan hyvin tunnettu ja hyvin kuvattu tapahtuma, eikö niin? Ei! Vuosien ajan ja joskus jopa nykyäänkin on niitä, jotka kyseenalaistavat tosiasiat ja niiden seuraukset. Tästä syystä saattaa olla syytä katsoa, mitä historia kertoo.

### Kuinka kaikki alkoi

Tämä oli happidiffuusiokeskustelun alku: Suuressa saksalaisessa ammattilehdessä: "Sanitär und Heizungstechnik" (LVI- ja lämmitystekniikat) Marraskuun 1979 numerossa oli haastattelu Mr. Hans Viessmann, Viessmann GmbH:n toimitusjohtaja, yksi niistä

maailman johtavia kattiloiden valmistajia. Artikkelin otsikko oli "Der Markt ist aufnahmefähig für moderne Einrichtungen" (markkinat ovat vastaanottavaisia nykyaikaisille laitteille). Tässä on käännös sivun 956 lopusta:

Haastattelija: Lattialämmitykseen liittyvä ongelma: Tänään olemme vihdoinkin ymmärtäneet, että ilman käyttö lämmitysjärjestelmissä on kiellettävä, ja täytämme tämän vaatimuksen suljetuilla kierrätysjärjestelmillä. Säteilevien lattialämmitysjärjestelmien muoviputkien kautta kuitenkin palaa happea, ja te, kattiloiden valmistajat, kärsitte tästä johtuvasta ongelmasta. Miten on tilanne takuiden ja takuiden kanssa, koska tuotteesi on vaarassa?" (Tässä on lihavoitu otsikko:) **Happidiffuusiovastuu on säteilevien lattioiden toimittajilla.**

Viessmann: "Tilanne on pohjimmiltaan selvä: olemassa olevan teknisen käytännön mukaan suljetun kierron lämmitysjärjestelmiin ei saa päästää ilmaa ja siten happea. Jokainen, joka toimittaa lämmitystuotteita, jotka kuormittavat vettä hapella, toimii vastoin teknisiä määräyksiä ja on vastuussa siitä aiheutuvista korvausvaatimuksista. Vaarassa ei ole vain kattila, vaan kaikki muut rautapitoiset osat, kuten patterit, lämmityselementit ja putket.

Tutkimus ja standardien kehittäminen aloitettiin tämän artikkelin jälkeen, mutta hapen diffuusion vaikutuksia ja sen vaikutuksia lämmitysjärjestelmiin oli tutkittu Skandinavian maissa jo vuodesta 1974 lähtien. Tämä artikkeli herätti kuitenkin massiivisen keskustelun ja laaja tutkimus alkoi Manner-Euroopassa. Koska lattialämmitys oli saanut suuren osuuden kyseisestä markkinapaikasta, oli hyvin luonnollista, että asia sai niin suuret mittasuhteet. Mahdollisia suuria vastuuriskejä oli ilmennyt. Alkuvuodesta 1980 Saksan insinöörien liitto julkaisi raportin numero 388 (VDI-Bericht Nr. 388, 1980): "Korroosio vesikiertoisissa lämmitysjärjestelmissä, joka johtuu hapen diffuusiosta muoviputkien läpi". Pääkirjailija oli Dipl.-Chem. CL Kruse Dortmundin valtion materiaalitestausinstituutista. Raportissa kerrottiin käytännön kokemuksista (vioista) lämmitysjärjestelmistä, tieteellisestä taustasta, happidiffuusiomittauksista (mukaan lukien testimenetelmät) ja suositeltavia tapoja ongelmien välttämiseksi.

Tämä raportti selvensi muutamia kohtia: 1. Hapen diffuusiota muoviputkien kautta suljetuissa vesilämmitysjärjestelmissä ei voida jättää huomiotta. 2. Ei-hyväksyttävän hapetuksen suuruus kuvattiin. 3. Asian hallinnan standardi oli kehitettävä.

Jatkuva tutkimus tällä alalla antoi Dr. Kruselle pätevyyden professorin tutkintoon.

## Hapen diffuusiokeskustelu - Defused (jatkuu)

Vaikka standardin valmistelu aloitettiin jo vuonna 1980, DIN 4726 -luonnos oli valmis vasta vuonna 1985 (eli kolmas luonnos kesäkuussa 1985). Standardin soveltamisala oli siihen mennessä laajentunut kattamaan kaikki yleiset vaatimukset lattialämmityksen muoviputkille (PEX, PP & PB). Luonnos- ja valitusjaksot kestivät vuoteen 1987, jolloin lopulliset standardit julkaistiin. DIN 4727-29 ovat materiaaliikohtaisia standardeja (vastaavasti PP-, PB- ja PEX-standardeja varten), ja niitä on muutettu standardissa DIN 4726 esitettyjen lattialämmityksen muoviputkien yleisiin vaatimuksiin.

### Mikä oli tulos?

Mitä DIN 4726 oikeastaan sanoo?

Standardin viimeisellä sivulla on selitykset, joten perusteet selviävät. Seuraavassa on käännös osiosta, jossa kuvataan heidän huomioitaan: "Lämmitysjärjestelmistä saadut kokemukset ovat jo pitkään osoittaneet, että rautametallien vesikiertoisten järjestelmien korroosiotasot ovat hyväksyttäviä järjestelmän veden vaihdon tasolla (makeaan veteen) vuodessa. Tämä vastaa happimäärää 0,05 g/(kuutiometri \* vrk). Tämän määrän kaksinkertaistamiselle annetaan "salaus" (mittausvirheiden salliessa), jotta "tiiveysvaatimus" on 0,1 grammaa (kuutiometriä ja päivää kohti). Muoviputkien on täytettävä tämä vaatimus sen jälkeen, kun niitä on lämpösyklistetty välillä 70 °C (158 °F) - 20 °C (68 °F) 28 päivää tiiviisti kierrettyinä, ja lopullinen läpäisevyysmittaus on suoritettu 40 °C:ssa (104 °F). F) (toistetaan 3 kertaa). Tyypillisesti esteettömän muoviputken sisään pääsee noin 5 grammaa; 50 kertaa enemmän kuin sallittu.

Putkelle, joka ei täytä tätä läpäisyvaatimusta, on suoritettava jompikumpi seuraavista toimenpiteistä: • korroosionkestäviä komponentteja tulee käyttää joko koko järjestelmässä tai ainakin osissa, jotka joutuvat kosketuksiin muoviputkien läpi virtaavan veden kanssa • korroosionesto lämmitysvedessä on käytettävä lisäaineita." Saksalainen DIN 4726 -standardi otettiin pian käyttöön teollisuudessa Saksassa ja kaikkialla Euroopassa. Muoviputkien sertifiointin hyväksyntäkriteerit sisälsivät tyypilliset DIN 4726:n vaatimukset. Ensimmäisestä ratkaisuvaihtoehdosta: happidiffuusiosululla varustettujen letkujen toimittamisesta tuli ylivoimaisesti eniten käytetty vaihtoehto. Käytännössä kaikki paneelilämmityspotket Euroopassa on varustettu DIN-hyväksytyillä happidiffuusioesteillä vuodesta 1985 lähtien. Vaihtoehtoisia menetelmiä, joissa käytetään korroosionkestäviä komponentteja tai lisäämällä ja ylläpitämällä korroosionestoaineita, käytetään harvoin. Euroopassa siirtymäkausi "paljasta" letkusta sulkuputkiin tapahtui vuosina 1982-1986. Sen jälkeen Euroopassa ei ole käyty "happikeskustelua". Hapen diffuusiosta ei tullut ongelma. Kauppa, asiantuntijat ja yleisö hyväksyivät DIN 4726 -standardin eritelmän. Tämän vaatimukset täyttävät järjestelmät toimivat hyvin, ja ongelmat tai väitteet ovat erittäin harvinaisia.

### Mitä tapahtui Yhdysvalloissa?

Polymeeriputkilla varustettujen säteilevien lattioiden käyttö alkoi elpyä Yhdysvalloissa 80-luvun puolivälissä. Kuten nuorella toimialalla usein tapahtuu, tietoa oli niukasti ja usein ristiriitaista. Ei kovin yllättävää, että hapen diffuusio tuli ongelmaksi, - taas!

Vaikka 15 vuoden laaja kokemus Euroopasta oli helposti saatavilla, Yhdysvaltain kauppa joutui kärsimään uudesta happikeskustelusta ja tuhansia järjestelmiä asennettiin ottamatta huomioon korroosiota.

Saatamme ihmetellä, mikä suoja talonmistajalla on, milloin ja jos hänen järjestelmänsä epäonnistuu hapen diffuusion aiheuttaman korroosion vuoksi. Tavallisesti valmistaja voidaan saattaa vastuuseen vain, jos yleinen teollinen tekninen tietämys myyntihetkellä osoitti, että materiaalin ominaisuus saattaa olla sopimaton tuotteen käyttötarkoituksen kannalta. USA:n teollinen tietämys näytti olevan tässä asiassa aivan erilainen kuin Euroopassa...

Nyt hapenläpäisevyyttä koskeva keskustelu on periaatteessa ohi Yhdysvalloissa. Hydronics Institute hyväksyi hapen diffuusiota koskevan DIN 4726:n tekstin kesällä 1992. Muut toimialajärjestöt (kuten RPA) omaksuivat myöhemmin saman standardin. Ei ole enää kysymystä siitä, mitä yleinen teollinen tekninen tietämys on. Voimme onnitella yhdysvaltalaisista asunnonomistajaa oikeudesta saada lattialämmitysjärjestelmä, jota korroosio ei kuluta ennenaikaisesti.

### Mitä kuuluu, kun kaikki ei ole niin normaalia?

DIN-standardi 4726 määrittelee, että sulkuputkien on oltava vähintään 50 kertaa tiukempi kuin esteettömän letkun (PEX, polybuteeni, polypropeeni) keskimääräinen tulos. "Normaalissa" lattialämmitysjärjestelmässä sisään päästetty hapen määrä vastasi 50 kertaa enemmän kuin mitä tähän mennessä kaikki kokemukset olivat pitäneet kohtuullisena. Kyseinen "kokemus" on seuraava: Hydronic lämmitysjärjestelmät selviäisivät normaalisti pitkään, vaikka kaikki järjestelmässä oleva vesi vaihdettaisiin kerran (tai jopa kahdesti) vuodessa. Useammat järjestelmien vaihdot tai täydennykset tai vastaava hapen lisäys ovat kokemuksen mukaan johtaneet komponenttien käyttöiän lyhenemiseen korroosion vuoksi.

Tämä oli kokemus ja tämä perustelu, joka johti siihen rajaan, jonka kaikki osapuolet hyväksyivät. DIN-standardin tarkoituksena oli kattaa useimmat järkevät "normaalit" asennukset.

Mutta monet järjestelmät eivät ole "normaaleja", ja hapen diffuusion standardoitu raja ei välttämättä päde aina. Keskustellaan muutamasta näistä esimerkeistä.

**Lämpötila:** Saksalainen standardi määrittelee diffuusiovaran lämpötilassa 104 °F (40 °C). Tämä on yleinen säteilyveden lämpötila betoni- ja kipsiasennuksissa jne. Mutta monet järjestelmät asennetaan sinne, missä lämpötila on huomattavasti korkeampi. Jotkut suunnittelijat hyväksyvät jopa 160 °F:n ja jopa korkeammat lämpötilat (lue "nidontasovellukset"). 160°F:ssa diffuusio on noin 2,5 kertaa suurempi kuin lämpötilassa

## Hapen diffuusiokeskustelu - Defused (jatkuu)

104°F ja 180°F yli 4 kertaa korkeampi. Näiden asennusten tulisi periaatteessa sallia 2,5 tms. 4 kertaa lyhyempi letkupituus kuin "normaalissa" järjestelmässä. Tai este, joka on 2,5-4 kertaa tiukempi kuin standardi määrää.

**Letkun määrä 1:** Mikä on "normaali" lattialämmitysjärjestelmä? Sitä ei ole määritelty, mutta kotikäyttöön tarkoitettulle pienelle kattilalle keskimäärin 1500 lineaalijalkaa letkua on melko tavallista. Monet näistä järjestelmistä voivat sisältää useita lämmönjakomenetelmiä, kuten pohjalevy, lämpöpatterit, tuuletinpatterit jne. Oletetaan, että määrittelemme "normaaliksi" 1500 lineaalisen jalan muoviputkea laatassa ja käytämme 6 patteria lämmitykseen muut alueet. Verrataan sitä järjestelmään (samassa talossa), jossa käytetään patterilämmitystä kaikissa paitsi 30 jalan kylpyhuoneessa lattiaosassa, jossa on säteilevä letku. 30 jalkaa on 50 kertaa pienempi kuin 1500 jalkaa, mikä tarkoittaa, että lattiassa oleva letku ei tarvitse happisulkua. Se täyttäisi edelleen DIN 4726:n tarkoituksen.

**Putken 2 määrä:** Jos samassa talossa vaihdoin kaikki patterit uuteen 1000 jalkaan säteilyputkiin, ylittämekö sallitun hapen diffuusion rajan? Periaatteessa kyllä (johtuen tavasta, jolla määritimme "normaalin" järjestelmän). Useimpien valmistajien putkien sulkuominaisuudet ylittävät kuitenkin "50 kertaa tiukempi" rajan, joten voimme silti olla kunnossa.

**Putken 3 määrä:** Yllä olevassa esimerkissä tarkastelimme teräskattilaa, pumppua ja joitain muita teräksestä valmistettuja laitteita. Oletetaan, että meillä on nyt kupariputkikattila, kupariputket ja venttiilit messingistä, joten ainoa rautateräskomponentti on pumppu. "Normaalisti" happi kuluu yleisessä korroosiossa kattiloiden teräspinnan ja muiden teräsosien yli.

Nyt ainoa jäljellä oleva komponentti happihyökkäykseen on pumppu! Happidiffuusiosteista huolimatta tämä komponentti on tuomittu epäonnistumaan korroosiohyökkäyksen vuoksi. Jos teräspintojen määrä on pienempi tai paljon pienempi kuin "normaalissa" tapauksessa, on turvallisempaa käyttää DIN 4726:n menetelmää 2, jolloin kaikki komponentit ovat korroosionkestäviä.

Teräksen ja letkun välinen suhde on luonnollisesti tärkeä. "Normaali" järjestelmä tarvitsee ainakin teräskattilan absorboimaan happea, joka tulee sisään sulkusuojatusta letkusta huolimatta.

Päinvastainen ääripää olisi, kun järjestelmässä on paljon terästä ja vähän putkia: käytettävissä on paljon teräspintoja imemään sisään tulevan pienen määrän happea. Pääsääntönä on: jos teräspintojen kokonaismäärä on 5 kertaa suurempi kuin muoviputkien pintojen, voidaan käyttää esteettömiä putkia.

**Veden laatu.** Vesikemiassa on suuria vaihteluita. Noin 20 eri kemikaalin pitoisuudet ratkaisevat käytetyn veden syövyttävyyden. Seurauksena voi olla ("huonoilla" vesillä), että ongelmia voi ilmetä siellä, missä niiden ei pitäisi. Mutta myös päinvastoin (sillä

"hyvät" veden ominaisuudet): pitkä aika ilman ongelmia, vaikka niitä pitäisikin odottaa. Yleensä useimmat veden ominaisuudet Yhdysvalloissa ovat melko "hyviä"; syövyttävät vedet ovat paljon yleisempiä Euroopassa. Tämä selittää osittain viivästyksen hapen diffuusiiongelman uudelleen löytämisessä Yhdysvalloissa. "Hyvä" veden laatu tarkoittaa, että pistekorroosion riski on pieni, mutta sen sijaan yleinen korroosio kuluttaa järjestelmään tulevan hapen. Yleinen korroosio tarkoittaa järjestelmän kaikkien teräspintojen erittäin hidasta ja tasaista kulumista. Jos järjestelmässä on vähän teräspintoja, se voi johtaa joidenkin osien rikkoutumiseen ajan myötä, mutta tämä ei ole "normaali" tapaus. Sen sijaan hidas eroosio tuottaa erittäin hienoja ruostehiukkasia, jotka muodostavat korroosiolietettä. Tämä liete laskeutuu pääasiassa alueille, joissa virtausnopeus on hidas, tai taskuihin. Jos hapen määrä on pieni, kuten käytettäessä sulkuputkia, lietettä on vähän eikä järjestelmässä ole häiriöitä. Jos käytetään esteetöntä letkua, muodostuu huomattavasti suurempia määriä lietettä, mikä voi johtaa venttiilien ja putkien tukkeutumiseen, pumppuongelmiin ja kiertohäiriöihin. Tämä ei tapahdu heti, mutta muutaman vuoden kuluttua ongelmia esiintyy hyvin todennäköisesti.

**Miksi DIN 4726:n menetelmä 3 on vähemmän hyväksytty** DIN 4726 ehdottaa korroosionestoaineiden käyttöä kolmantena ratkaisuna happidiffuusiiongelmaan. Korroosionestoaineet reagoivat tyypillisesti teräspintojen kanssa ja muodostavat ohuen kerroksen, johon happimolekyylit eivät pääse tunkeutumaan. Happitaso on alhainen järjestelmissä, joissa ei ole inhibiittoreita, koska suurin osa sisään tulevasta hapesta kuluu nopeasti yleisessä korroosioreaktiossa. Kun korroosionestoaineita lisätään, korroosioprosessi pysähtyy ja happitaso nousee verrattain korkealle tasolle. Nyt on erittäin tärkeää hallita ja ylläpitää korroosionestoaineiden tasoa koko järjestelmän käyttöajan ajan. Jos järjestelmässä ei ole tarpeeksi inhibiittoreita, yksi paikka on korroosion lähtökohta, ja kun käytettävissä on runsaasti happea, epäonnistumisen todennäköisyys kasvaa. Suurilla happipitoisuuksilla pistekorroosion riski kasvaa huomattavasti. Pistekorroosio on hyvin paikallista; prosessi ohjataan teräksen syvyyteen ja lopputuloksena voi olla neulanreikä.

En väitä, että "Menetelmä 3" ei voisi olla ratkaisu tai että se ei toimi. Mutta on erittäin tärkeää, että tällaisia järjestelmiä ylläpidetään erittäin hyvin. Tehokkaiden inhibiittorien määrän testejä tulee tehdä usein, useammin kuin kerran vuodessa. Koska on olemassa vaara, että joitain järjestelmiä ei valvota hyvin, tätä menetelmää tulisi käyttää hyvin valikoivasti.

Keskustelu hapen diffuusiosta ja sen seurauksista oli tarpeetonta Yhdysvalloissa. Laaja kokemus on ollut Euroopassa jo pitkään. Toivon, että yllä olevat selitykset antavat yleiskäsityksen suhteista ja edistävät hyvää järjestelmäsuunnittelua.