

PRINCIP DJELOVANJA RENODRY PASIVNOG SUSTAVA ZA ELIMINACIJU KAPILARNE VLAGE



Uvod

Kapilarna vlaga predstavlja jedan od najčešćih i najdestruktivnijih problema u građevinama. Radi se o procesu u kojem voda iz tla prodire u zidove putem kapilarnih pora u materijalima poput opeke, kamena i morta.

Ovaj proces dugoročno uzrokuje oštećenja konstrukcije, pojavu soli, degradaciju žbuke, razvoj plijesni te smanjenje toplinske učinkovitosti objekta. RENODRY sustav razvijen je kao pasivno rješenje koje bez električne energije djeluje na uzrok problema i omogućuje postupno i trajno isušivanje zidova.



Fizikalna osnova kapilarne vlage

Građevinski materijali imaju poroznu strukturu i negativno nabijene površine, dok je voda dipolna molekula.

Ova kombinacija omogućuje elektrostatičku interakciju između vode i stijenci kapilara. Kao posljedica toga dolazi do kapilarnog uspona vode, odnosno kretanja vlage kroz mikropore materijala čak i protiv gravitacije. Uz prisutnost soli i mineralnih tvari, ovaj proces dodatno se pojačava i ubrzava.



Električni fenomeni u vlažnim zidovima

Istraživanja pokazuju da vlaga u zidovima nije samo mehanički već i električni fenomen. U vlažnim zidovima dolazi do stvaranja napona, struja i promjena električnog otpora.

Što je zid vlažniji, to su izraženiji električni procesi unutar materijala. Ovi fenomeni ukazuju da se na kretanje vlage može utjecati promjenom električnih uvjeta unutar kapilarnog sustava zida.

Princip rada RENODRY sustava

RENODRY sustav koristi **patentiranu tehnologiju** temeljenu na planarnim spiralnim antenama (frekvencijski neovisnim rezonantnim strukturama) koje djeluju kao pasivni prijemno-odašiljački elementi. Ove antene kontinuirano prikupljaju elektromagnetsku energiju iz okoline te je unutar rezonantnog sustava transformiraju u oscilacije definiranih frekvencijskih karakteristika.

Važno je naglasiti da se pritom **ne radi o aktivnom elektromagnetskom zračenju u klasičnom smislu (poput radio ili telekomunikacijskih sustava)**, već o lokalnim, pasivno generiranim elektromagnetskim oscilacijama unutar samog rezonantnog sustava i njegove neposredne okoline. Sustav ne koristi vanjski izvor energije niti djeluje kao odašiljač visokofrekventnog zračenja.

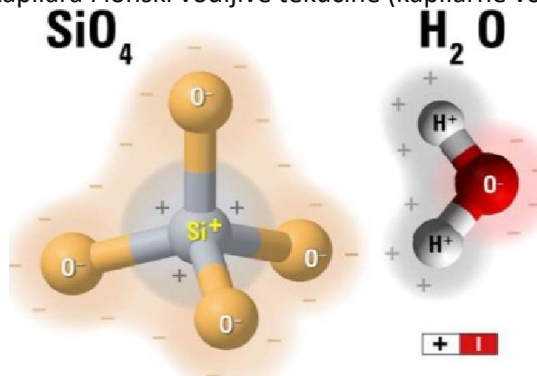
Generirane elektromagnetske oscilacije djeluju na elektrokinetičke procese u kapilarnom sustavu poroznih građevinskih materijala. Time dolazi do stabilizacije električnih potencijala i promjene uvjeta u tzv. električnom dvosloju (EDL) na granici između kapilarnih stijena i kapilarne tekućine.

Kao posljedica toga smanjuje se adhezijska sila između molekula vode i negativno nabijenih silikatnih površina, čime se narušava ravnoteža sila koja omogućuje kapilarni uspon. U takvim uvjetima kapilarni transport vlage više nije održiv, a dominantnu ulogu preuzima gravitacija.

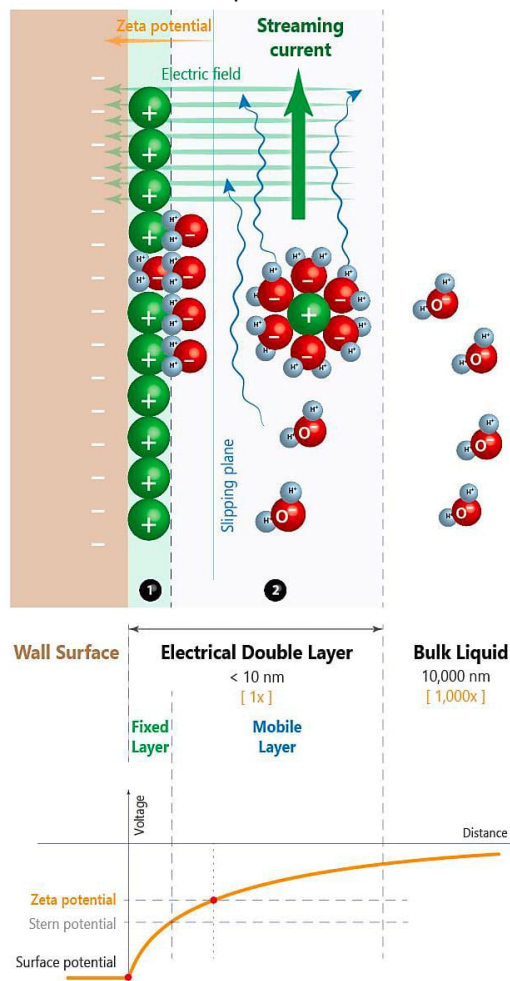
Rezultat je prekid daljnjeg kapilarnog podizanja vlage iz tla te postupna redistribucija i povlačenje postojeće vlage prema nižim zonama konstrukcije, uz istovremeno isparavanje vlage kroz površinu zida.

Mehanizam djelovanja na vlagu

Djelovanje sustava može se opisati kroz niz međusobno povezanih elektrokinetičkih, elektrokemijskih i transportnih procesa unutar kapilarnog sustava poroznih građevinskih materijala. U početnoj fazi dolazi do promjene uvjeta u električnom dvosloju (**Electric Double layer – EDL**) na granici između negativno nabijenih silikatnih površina kapilara i ionski vodljive tekućine (kapilarne vode s otopljenim solima).



U takvom sustavu, raspodjela naboja i tzv. **zeta potencijal (ζ-potential)** imaju ključnu ulogu u određivanju elektrokinetičkog ponašanja fluida. Stabilizacijom električnih potencijala unutar kapilarnog sustava dolazi do smanjenja zeta potencijala i promjene raspodjele ionskog oblaka u EDL-u, čime se izravno utječe na **ionsku mobilnost** i elektrokinetičke tokove unutar pora.



Posljedično dolazi do smanjenja elektrokinetičkih komponenti transporta tekućine unutar kapilarnog sustava, uključujući procese povezane s raspodjelom naboja, ionskom mobilnošću i interakcijama u električnom dvosloju (**Electrical Double Layer - EDL**). Time se smanjuje doprinos električno uvjetovanih tokova u ukupnom transportu vlage kroz mikro- i nanokapilare.

Važno je naglasiti **da se pritom ne radi o aktivnoj elektroosmozi u klasičnom smislu** (s vanjskim napajanjem i elektrodama), **niti o sustavu koji generira aktivno elektromagnetsko zračenje**. Sustav djeluje pasivno, bez vanjskog izvora energije, koristeći postojeće elektromagnetske i električne uvjete iz okoline koje putem rezonantnih struktura redistribuira i stabilizira na lokalnoj razini unutar materijala.

Kao posljedica toga dolazi do smanjenja ukupne kapilarne adhezije i narušavanja ravnoteže između adhezijskih, kohezijskih, kapilarnih i gravitacijskih sila.

Kako je pokazano u eksperimentalnim i terenskim istraživanjima, prisutnost vlage u poroznim materijalima uvijek je praćena pojavom električnih potencijala, struja i promjena električnog otpora, pri čemu promjene relativne vlažnosti izravno koreliraju s promjenama električnog potencijala u zidu. Ovi rezultati potvrđuju da električni fenomeni imaju značajnu ulogu u mehanizmima kapilarnog transporta vlage.

U uvjetima modificiranog električnog polja i smanjene elektrokinetičke aktivnosti, kapilarni tok postupno slabi jer više ne postoji dovoljan potencijal za održavanje uzlaznog kretanja tekućine unutar kapilarne mreže. Time se prekida kontinuirani dotok vlage iz tla.

U završnoj fazi gravitacija postaje dominantna sila u sustavu, što rezultira postupnom redistribucijom vlage prema nižim zonama konstrukcije. Paralelno s tim procesom odvija se prijelaz vlage iz tekuće u parnu fazu kroz procese **difuzije vodene pare (vapour diffusion)** i **isparavanja (evaporation)**, čime se uspostavlja kontinuirani proces sušenja materijala.

Ukupno gledano, sustav djeluje kroz modulaciju elektrokinetičkih uvjeta u kapilarnom sustavu, čime se smanjuje sposobnost materijala da transportira vlagu protiv gravitacije te se omogućuje prirodna stabilizacija i dugoročno isušivanje konstrukcije.

Proces isušivanja

Nakon instalacije sustava prestaje dotok nove vlage iz tla. Postojeća vlaga postupno se smanjuje prirodnim putem kroz proces isparavanja. Vrijeme isušivanja ovisi o debljini zida, količini vlage, sadržaju soli te uvjetima ventilacije. U većini slučajeva značajno poboljšanje vidljivo je unutar nekoliko mjeseci.



Prednosti sustava

Sustav je potpuno pasivan, ne zahtijeva energiju niti održavanje. Ne koristi kemikalije i ne zahtijeva građevinske zahvate. Siguran je za ljude i okoliš te omogućuje dugoročno rješenje problema vlage.

Ograničenja sustava

Sustav je namijenjen za kapilarnu vlagu. Ne rješava probleme poput curenja instalacija, kondenzacije ili prodora vode kroz konstrukciju. Takvi slučajevi zahtijevaju dodatne mjere sanacije.

Utjecaj na ljude, materijale i tehničke sustave

RENODRY sustav ne uzrokuje štetne učinke na ljude, životinje, drvene konstrukcije, elektroničke uređaje niti na sustave opskrbe vodom. Sustav je namijenjen za primjenu u različitim vrstama objekata te ne utječe negativno na funkcionalnost postojećih tehničkih instalacija i materijala.

Sukladnost proizvoda utvrđena je na temelju općih zahtjeva elektromagnetske kompatibilnosti (EMC). Ispitivanja su provedena u skladu s važećim međunarodnim normama:

- IEC 61000-4-2:2008 – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test
- IEC 61000-4-9:2016 – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-9: Testing and measurement techniques – Impulse magnetic field immunity test
- IEC 61000-4-10:2016 – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-10: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory magnetic field immunity test

Na temelju provedenih mjerenja i ispitivanja utvrđeno je da proizvod zadovoljava sve relevantne zahtjeve navedenih normi te uspješno prolazi propisane EMC testove.