



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tuomas Savolainen

---

## Epoksibetonin käyttö teollisuusympäristössä

Opinnäytetyö  
Syksy 2023  
Rakennusmestari (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Rakennusmestari (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Tuomas Savolainen

Työn nimi: Epoksibetonin käyttö teollisuusympäristössä

Ohjaaja: Jorma Tuomisto

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 25

Liitteiden lukumäärä: 5

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli epoksibetonin käyttö teollisessa ympäristössä. Määritellään, mitä epoksibetoni on, kuinka sitä valmistetaan ja käytetään sekä mihin käyttötarkoituksiin se soveltuu. Työssä kerrotaan lyhyesti erilaisista hartseista ja polymeeribetoneista, sekä käydään läpi epoksibetonin historiaa, ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia.

Toisessa osiossa käsitellään teollisuusympäristön asettamia haasteita ja niiden vaikutuksia rakennusmateriaaleille. Lisäksi käydään läpi yleisimpiä ratkaisuja, joilla näiltä vaurioilta pyritään suojautumaan. Työhön kuuluu myös tutkimusosio, jossa selvitetään Kokkolan suurteollisuusalueella käytettävän epoksibetonilaadun lujuusominaisuuksia ja haponkestävyyttä.

Tämä opinnäytetyö antaa tietoa rakentajille toistaiseksi melko tuntemattomasta rakennusmateriaalista ja sen käytöstä korjaus- ja uudisrakentamisessa haastavissa olosuhteissa.

Asiasanat: Epoksibetoni, Polymeeribetoni, Teollisuusympäristö

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author/s: Tuomas Savolainen

Title of thesis: Use of epoxy concrete in an industrial environment

Supervisor(s): Jorma Tuomisto

Year: 2023

Number of pages: 25

Number of appendices: 5

---

The aim of the thesis was the use of epoxy concrete in an industrial environment. The thesis defines what epoxy concrete is and explains how to produce it and what it is used for. The thesis contains a review of different types of resins and polymer concretes and briefly studies the history of epoxy concrete as a building material. The thesis also addresses the properties and uses of epoxy concrete.

The second chapter deals with challenges set by industrial environment and explains how they affect surrounding structures and materials. The most common ways to prevent the damages caused by these challenges are also reviewed. The thesis contains a research chapter paragraph in which the compressive strength and acid resistance of the particular type of epoxy concrete used in Kokkola industrial area is studied.

This thesis provides knowledge of a fairly unknown building material to all builders and explains how to use it in renovating old structures or building new ones in challenging environments.

Keywords: Epoxy concrete, polymer concrete, industrial environment

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva- ja taulukkoluetelo .....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 EPOKSIBETONI.....	8
2.1 Polymeeribetonit .....	8
2.2 Polymeeribetonien ominaisuuksista .....	9
2.3 Epoksi ja epoksibetoni .....	9
3 TEOLLISUUSYMPÄRISTÖN HAASTEET JA RAKENTEIDEN SUOJAAMINEN.....	11
3.1 Riskitekijät.....	11
3.2 Rakenteiden suojaaminen.....	12
4 EPOKSIBETONIN KÄYTTÖ .....	14
4.1 Työtekniikat.....	14
4.2 Rajoituksia .....	14
4.3 Turvallisuus.....	16
5 KOEKAPPALEET .....	17
5.1 Kovettumisolosuhteet.....	18
5.2 Mitatut puristuslujuudet .....	18
5.3 Haponkestävyys.....	21
6 POHDINTOJA .....	23
LÄHTEET .....	24
LIITTEET .....	25

## Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Epoksibetonista valettu konepeti.....	10
Kuva 2. Hapon aiheuttama betonivaurio.....	11
Kuva 3. Halkeilua epoksibetonirakenteessa.....	14
Kuva 4. Koekappaleiden valmistus.....	17
Kuva 5. Hiottuja koekappaleita.....	19
Kuva 6. Koekappaleet ennen puristuskokeita.....	19
Kuva 7. Koekappaleet rikkihappoliuoksessa.....	21
Kuva 8. Haponkestävyyskoe, viikko 1. ....	22
Kuva 9. Haponkestävyyskoe, viikko 12.....	22
Taulukko 1. Hintavertailu: Betonilaadut ja polymeeribetonit.....	15
Taulukko 2. Epoksibetonin sekoitussuhteet.....	18
Taulukko 3. Koekappaleiden puristuslujuudet.....	20
Taulukko 4. Koekappaleiden massojen muutos.....	21

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Hartsi</b>	Usean kemiallisen yhdisteen nestemäinen tai jähmeä seos, jolla ei ole sulamispistettä. Hartsit jaetaan kahteen pääryhmään: luonnonhartseihin ja synteettisiin hartseihin. Luonnonhartsit uutetaan erilaisilla menetelmillä elävistä tai kuolleista puista. Muoviteollisuudessa käytetään synteettisiä hartseja, jotka saadaan kovettumaan erilaisilla kemiallisilla kovetteilla. Näin valmistettuja muoveja kutsutaan kertamuoveiksi.
<b>Kermi</b>	Vettä läpipäästämätön materiaali, jota käytetään eristystarkoituksiin
<b>Kovetin</b>	Kertamuovin valmistuksessa käytettävä kemiallinen yhdiste, joka saa hartsin kovettumaan.
<b>Polymeeri</b>	Suurikokoinen molekyyli, joka koostuu useista pienistä, toistuvista molekyyleistä, monomeereista. Polymeerit voidaan jakaa synteettisiin ja luonnossa esiintyviin. Kaikille tuttuja polymeereja ovat esimerkiksi erilaiset muovit sekä kumi.
<b>SR-sementti</b>	Sulfaatin kestävä sementtilaatu. Käytetään kohteissa, joissa kemiallinen rasitus on suurta.

# 1 JOHDANTO

Teollisuusympäristössä rakennukset ja rakenteet ovat usein suuren kemiallisen rasituksen kohteena. Ei ole tavatonta, että yksittäistä rakennetta joudutaan korjaamaan jo vuoden tai kahden sisällä sen rakentamisesta. Tässä vaiheessa joudutaan usein myös tarkastelemaan vaihtoehtoisia rakennusteknisiä toteutustapoja tai rakennusmateriaaleja, jotta vastaavilta ongelmilta vältyttäisiin jatkossa. Yksi tällainen vaihtoehtoinen rakennusmateriaali on epoksibetoni, jonka käyttöä ja ominaisuuksia tarkastellaan tässä opinnäytetyössä.

Suomenkielisiä julkaisuja epoksibetoniin liittyen ei toistaiseksi ole, mutta englanninkielisiä artikkeleita aiheesta löytyy varsin kattavasti. Varhaisimpia tutkimuksia epoksibetonin ominaisuuksista ja käyttömahdollisuuksista on tehty jo 1950-luvulla Saksassa, Japanissa ja Yhdysvalloissa. Käytön yleisyyttä rakennusmateriaalina Suomessa on vaikea arvioida kirjallisuuden puutteen vuoksi. Kokkolan suurteollisuusalueella epoksibetonia on ilmeisesti alettu käyttämään joskus 90-luvulla.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli saada numeerista dataa epoksibetonin lujuusominaisuuksista. Tätä varten valettiin tehdasolosuhteissa koekappaleita, joiden puristuslujuus mitattiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun betonilaboratoriossa. Tutkittiin myös, mitä koekappaleille tapahtuu pitkäaikaisessa rikkihappoaltistuksessa. Työssä kerrotaan lyhyesti myös muista polymeeribetoneista, joihin epoksibetonikin kuuluu sekä käydään läpi sen käyttöä, valmistusta ja rajoitteita.

## 2 EPOKSIBETONI

### 2.1 Polymeeribetonit

Betonista puhuttaessa ymmärretään yleisesti kyseessä olevan sementin, karkean ja hienon kiviaineksen, sekä veden sekoitus, joka sitoutuu kovaan, kivimäiseen muotoon veden ja sementin kemiallisen reaktion seurauksena. Laajemmassa muodossaan termi voi kuitenkin tarkoittaa mitä tahansa mineraalisen runkoaineen ja sidosaineen sekoitusta, joka kovettuu lopulta kivimäiseen muotoon. Esimerkiksi asfaltti voidaan luokitella betoniksi, jonka sidosaineena käytetään bitumia.

Polymeeribetoni on yleisnimitys yhdisteille, joissa runkoaine sitoutuu yhteen polymeeristen sidosaineiden eli erilaisten hartsien avulla. Niiden tutkimus alkoi jo 1950-luvun lopulla, jolloin tehtiin ensimmäisiä kokeiluja hartsien käytöstä muun muassa betonipinnoitteena (Neffgen, 1985). Sen lisäksi, että hartsit tarttuvat todella lujasti ympäröiviin betoni- ja teräsrakenteisiin, havaittiin niillä olevan muitakin hyviä ominaisuuksia kuten korkea puristuslujuus ja hyvä kulumkestävyys. Polymeeribetonien edut kävivät varsin pian selviksi etenkin korjausrakentamisessa, jolloin niitä alettiin myös tutkia laajemmin.

Erilaisten polymeeribetonien ominaisuudet saattavat vaihdella huomattavasti koostumuksen mukaan. Suurin ominaisuuksiin vaikuttava tekijä on käytettävä hartsilaatu. Yleisimmät sidosaineena käytetyt polymeerit ovat polyesteri-, epoksi-, vinyylimesteri-, furaani- ja polyuretaanihartsit, sekä metyyliimetakrylaatti. Lopputuotteen ominaisuuksiin vaikuttaa suuresti myös hartsin määrä suhteessa runkoaineeseen. Riippuen runkoaineen hienoaineksen määrästä, optimaalinen hartsin osuus seoksessa on 10–20 painoprosenttia valmiin massan painosta. Runkoaineena käytetään tyypillisesti jotakin mineraalista ainesta, kuten hiekkaa ja soraa, mutta käytännössä sellaiseksi kelpaa mikä tahansa kova materiaali, joka sisältää sekä hienoa että karkeaa ainesta. Runkoaineksen laatu, rakeisuus ja hienoaineksen määrä vaikuttavat kaikki lopullisiin ominaisuuksiin. Sidosaineen valinnassa tulee ottaa huomioon korjaus- tai rakennuskohteen erityispiirteet sekä käytännön seikat, kuten aineen saatavuus ja hinta. Tavallisen betonin tapaan polymeeribetonin mekaanista lujuutta voidaan parantaa lisäämällä seokseen erilaisia kuituja. Kirjallisuudessa löytyy mainintoja teräs-, lasi-, propyleeni-, nailon-, ja hiilikuitujen käytöstä (Bedi, ym., 2014; Fowler, ym., 1986).



## 2.2 Polymeeribetonien ominaisuuksista

Kaikilla polymeeribetoneilla on korkea puristuslujuus ja hyvä kulutuskestävyys. Tieteellisissä julkaisuissa suurin osa mitatuista puristuslujuuksista sijoittuu välille 40–80 MPa, mutta myös yli 100 MPa:n lujuuksia on mitattu (Bedi, ym., 2014; Piratelli-Filho ja Shimabukuro, 2008; Vipulanandan ja Paul, 1993). Muita polymeeribetonien hyviä ominaisuuksia ovat korkea taivutuslujuus, kemikaali- ja haponkestävyys, sekä sään- ja jäätymisenkesto. Ne myös kovettuvat hyvin nopeasti. Huoneenlämmössä polymeeribetonit saavuttavat 28 päivän kypsyysslujuudessaan 80 prosenttia jo yhden vuorokauden kuluttua valamisesta (Bedi, ym., 2014). Kylmät valulosuhteet hidastavat kovettumista, mutta eivät estä sitä, kunhan lämpötila on 0 Celsius-asteen yläpuolella. Polymeeribetonit eivät myöskään juurikaan kutistu kovettuessaan, jos valu on täytetty kunnolla. Tämä on erinomainen ominaisuus esimerkiksi erilaisissa jälkivaluissa. Polymeeribetonit ovat myös käytännössä vedelle läpipääsemättömiä ja sietävät hyvin korkeita lämpötiloja (El-Hawary ja Abdel-Fattah, 2000).

## 2.3 Epoksi ja epoksibetoni

Epoksien käyttömahdollisuudet ovat hyvin monipuoliset. Erilaisia epoksihartseja voidaan valmistaa monella tavalla, mutta suurin osa kaupallisista epoksihartseista tuotetaan yhdistämällä epikloorihydridiä tiettyihin hydroksyyliiryhmän happoihin, joista yleisimpiä ovat erilaiset bisfenolit (Saarela, ym., 2007). Valmistuskaavaa on helppo muokata ja epoksivalmistajat tuottavat erilaisia epokseja haluttujen ominaisuuksien ja käyttötarkoituksen mukaan. Markkinoilla onkin erilaisia epokseja jopa useita satoja. Niistä valmistetaan muun muassa kovaa kulutusta kestäviä maaleja ja pinnoitteita, ja niitä voidaan käyttää myös jauhemaalauksessa metallipintojen päällystämiseen. Epoksista valmistetaan myös kovaa lujuutta vaativia liimoja ja sidosaineita, sekä erilaisia komposiitteja yhdistämällä sitä esimerkiksi lasi- tai hiilikuituihin. Rakennustuotealalla epoksihartseja käytetään muun muassa vanereiden valmistukseen. Epoksista tehdään myös taidetta, koruja ja eristeitä pienelektroniikkaan.

Yhdistämällä epoksihartsia mineraaliseen runkoaineeseen saadaan epoksibetonia, joka sopii tavanomaisen betonin sijaan käytettäväksi pienimuotoisiin rakenteisiin haastavissa olosuhteissa. Epoksibetoni onkin erityisen käyttökelpoinen materiaali teollisuusympäristössä, missä käytetään vahvoja happoja, emäksiä ja liuottimia. Tavallisimpia käyttökohteita ovat sähkömoottoreiden ja pumppujen koneperustukset, missä se toimii sekä suojana metalliosille, että tärinävaimentajana koneen käytön aikana. Kuvassa 1 on esimerkki tällaisesta koneperus-

tuksesta. Koska epoksibetonilla on hyvin pieni viskositeetti ja se tarttuu todella hyvin ympäröiviin rakenteisiin, voi sitä käyttää myös betonirakenteiden korjaamiseen. Muita yleisiä käyttötapoja ovat teräsrakenteiden jälkivalut ja erilaisten läpivientien tiivistysvalut. Korkean yksikköhinnan takia sen käyttö rajautuu lähinnä pieniin valuihin.



Kuva 1. Epoksibetonista valettu koneperustus

## 3 TEOLLISUUSYMPÄRISTÖN HAASTEET JA RAKENTEIDEN SUOJAMINEN

### 3.1 Riskitekijät

Teollisuudessa käytetään suuria määriä erilaisia happoja, emäksiä ja muita yhdisteitä, jotka asettavat ympäröiville rakenteille erityisvaatimuksia. Varsinkin rikkihappo merkittävänä prosessin osana aiheuttaa suuria haasteita betonirakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Rikkihapon sulfaattien aiheuttamat vauriot betonissa johtuvat sulfaatti-ionien reaktiosta sementin sisältämän trikalsiumalumiinaatin ja sen hydrataatiotuotteiden kanssa (Suomen Betoniyhdistys, i.a.). Reaktiossa sulfaatit reagoivat ensin sementin sisältämän kalsiumhydroksidin kanssa, minkä tuotteena saadaan kipsiä. Sen jälkeen kipsi ja sulfaatti-ionit synnyttävät reaktion kalsiumalumiinaattihydraattien kanssa, jolloin muodostuu ettringiittiä. Ettringiitin tilavuus on moninkertainen lähtöaineiden tilavuuteen verrattuna ja tämä johtaa vaurioihin betonirakenteissa.

Kuvassa 2 on esitetty yläpuolelta valuvan happoisen liuoksen aiheuttamia vaurioita betonirakenteessa. Liuosta on päässyt pinnoitteen alle muodostaen ettringiittiä. Seurauksena on puuromaista massaa, jolla ei ole enää minkäänlaista koossapitävää lujuutta.



Kuva 2. Hapon aiheuttama betonivaurio



Eri prosesseissa käytettävät raskaat koneet ja ajoneuvot aiheuttavat myös mekaanista kulumista toimintaympäristössä. Tiloja ja laitekokonaisuuksia suunniteltaessa on vielä otettava huomioon peruskäytön lisäksi erilaiset häiriötilat, laiterikot ja käyttövirheet siten, että vahingot rakenteisiin saadaan minimoitua.

Laiterikot sekä automaation tai sähkönsyötön häiriöt saavat aikaan käyttökatoja moottoreissa, pumpuissa tai muussa laitteistossa. Näistä seuraa usein erilaisia vuotoja ja ylivuotoja, jotka voivat syövyttää rakenteita tai aiheuttaa mittavaa korroosiota. Ratkeavat putkiliitokset tai vuotavat läpiviennit ja niistä ulos virtaavat liuokset saattavat syövyttää reiän betonista valettuun seinään, holviin, lattiaan tai perustukseen. Hapot syövyttävät olemattomiin myös tavalliset harjateräkset, joita käytetään teräsbetonirakenteissa. Erityisen hankalia ovat paikat, joissa vauriot pystytään havaitsemaan vasta pitkän ajan jälkeen vuodon alkamisesta. Tällaisia ovat esimerkiksi bitumikermillä pinnoitetut rakenteet, joissa kermin alle vuotaneet liuokset saattavat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa vahinkoa useita vuosia ennen ongelman havaitsemista.

Valtaosa tehdasympäristössä syntyvistä vauriosta johtuu käytön aikaisesta kulumisesta prosessin eri osissa, mutta myös käyttövirheistä, jotka johtuvat huolimattomasta toiminnasta prosessin tai huoltokatojen aikana. Nämä liittyvät useasti painavien taakkojen siirtelyyn tai raskaiden työkalujen ja ajoneuvojen käyttöön, jotka erityisesti ahtaissa tiloissa vaurioittavat helposti pinnoitteita, kannakkeita ja putkistoja. Myös rakentamisvaiheessa piilee aina virheen tai laiminlyönnin mahdollisuus, jos rakentaja ei ymmärrä rakenteiden ja ympäristön mekaniikkaa tai toteuttaa rakenteen huolimattomasti. Jotkut vauriot saattavat saada alkunsa jo suunnittelupöydällä, jos ei kaikkia vaikuttavia tekijöitä osata ottaa huomioon. Suunnittelussa on syvällisesti ymmärrettävä rakenteen käyttötarkoituksen lisäksi sen sijainti prosessissa, sekä otettava huomioon siihen liittyvän toimintaympäristön kaikki osaset huolto- ja korjaustarpeita myöden, jotta vahinkojen mahdollisuus voidaan minimoida. Rakentamisvaiheessa taas on varmistettava suunnitelmien ammattitaitoinen ja tinkimätön toteutus.

### **3.2 Rakenteiden suojaaminen**

Teollisuusympäristö asettaa monia haasteita käytettäville rakennusmateriaaleille. Betonirakenteita suunnitellessa on heti perustuksista lähtien otettava huomioon se mahdollisuus, että rakenne saattaa jossain vaiheessa joutua kosketuksiin niiden aineiden kanssa, mitä valmiis-

sa rakennuksessa tullaan käsittelemään. Betonirakenteissa voidaan käyttää esimerkiksi sulfaatin kestävää SR-sementtiä tai betoniin voidaan lisätä masuunikuonaa, joka myös parantaa betonin sulfaatinkestoa (Suomen Betoniyhdistys, i.a.). Näistä lisäaineista saatava hyöty jää kuitenkin hyvin rajalliseksi tilanteissa, joissa rakenne altistuu usein happamille liuksille. Siksi niitä pyritään suojaamaan erilaisilla pinnoiteratkaisuilla.

Pinnoiteratkaisut tehdään rakennetyypin sekä rasituksen määrän ja lajin mukaan. Teollisuudessa lattiat joutuvat monesti sekä suuren mekaanisen että kemiallisen rasituksen alle. Paljon käytettäviä lattiapinnoiteratkaisuja ovat akryyli-, epoksi- ja polyuretaanihartsit, mitkä kaikki kestävät erinomaisesti mekaanista ja kemiallista rasitusta. Muut ominaisuudet, kuten pinnan karheus ja elastisuus, kovuus, ulkonäkö, puhdistettavuus sekä tietysti hinta määrittävät sopivan pinnoitusmateriaalin tarpeen mukaan.

Rakenteissa, joissa kemiallinen rasitus on kovaa, mutta mekaaninen rasite ei ole määräävä tekijä, voidaan käyttää esimerkiksi erilaisia bitumikermiratkaisuja. Niitä voidaan kattojen lisäksi käyttää muun muassa varoaltaiden pohjien ja seinien vuoraamiseen, jolloin saadaan aikaan tiivis suoja betonisten allasrakenteiden päälle. Tällaisia erikoiskermejä valmistetaan moneen käyttötarkoitukseen. Ne ovat tavallista kattohuopaa jonkin verran paksumpia ja niihin on lisätty esimerkiksi lasikuitua tai erilaisia polymeerejä lisäominaisuuksien aikaansaamiseksi. Seinä- ja kattorakenteet, jotka altistuvat yleensä vain kevyelle rasitukselle kuten roiskeille ja kemikaalihuuruille, pääsääntöisesti maalataan syövyttäviä aineita hyvin kestävillä 2-komponenttimaaleilla.

## 4 EPOKSIBETONIN KÄYTTÖ

### 4.1 Työtekniikat

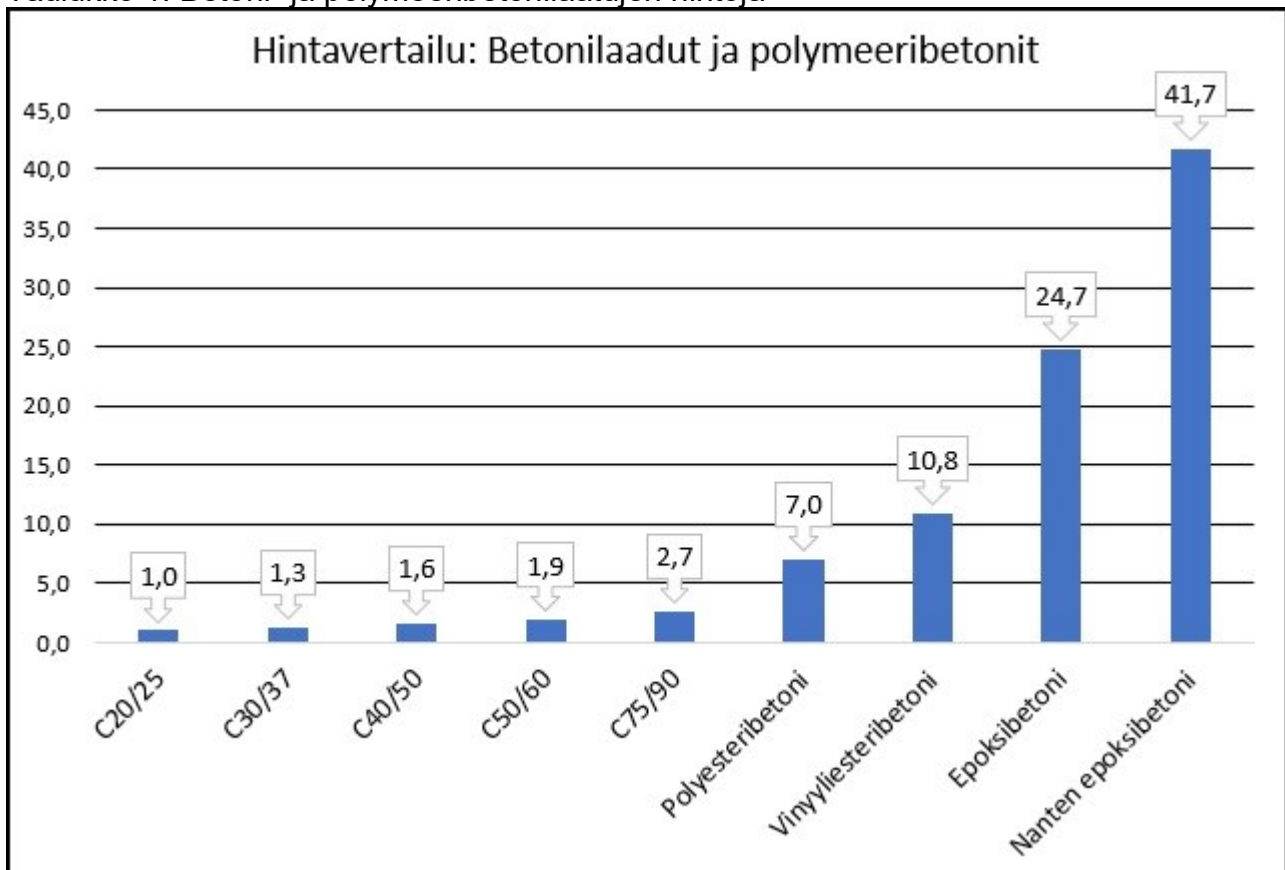
Epoksibetonilla on erittäin alhainen viskositeetti ja se tarttuu kovettuessaan erilaisiin pintoihin todella tiukasti. Epoksi on juotosbetoniin verrattuna vielä kertaluokkaa juoksevampaa, joten alhaisen viskositeetin takia muotin kaikki saumat on ehdottomasti tiivistettävä. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi silikonia, tiivistemassaa tai elastista rakennusliimaa. Muottimateriaalina voidaan käyttää sileäpintaisia materiaaleja, kuten muovi, teräs tai filmivaneri. Purkutyön helpottamiseksi muotin sisäpinta on syytä pyyhkiä kauttaaltaan esimerkiksi autovahalla. Valettava alusta on puhdistettava hyvin ennen valua, ettei muotin sisään jää aineksia, jotka voisivat vaikuttavaa kovettumisreaktioon. Tämä koskee myös vettä ja muita nesteitä. Eri hartseilla on erilaiset työstö- ja kovettumisajat, joten käytettävän tuotteen käyttöohjeet on luettava huolellisesti.

### 4.2 Rajoituksia

Suurin rajoittava tekijä epoksibetonin käytölle on sen korkea hinta. Kirjoitushetkellä (6/2023) rautakaupassa myytävä yhdistelmä 10 litraa hartsia ja 5 litraa kovetinta maksaa noin 400 euroa arvonlisäveroineen. Kuivabetonin kanssa valmiin valutuotteen litrahinta on 8 euron tuntumassa. Tietyissä käyttökohteissa tämä on kuitenkin huomattavasti halvempi vaihtoehto kuin tavanomainen betoni, sillä jatkuvat korjauskustannukset ylittävät nopeasti lyhyen tähtäimen säästöt.

Taulukossa 1 on vertailtu eri betonilaatujen ja polymeeribetonien suhteellista kuutiointia, missä halvimman betonilaadun C25/30 hinnaksi on asetettu 1. Betonihinnasto on saatu paikalliselta betonitehtaalta JA-KO Betoni Oy:ltä. Nanten epoksi on Fescon Oy:n tuotemerkki, jota myydään paikallisessa rautakaupassa. Muiden hartsien hintoja varten on vertailtu useita eri nettikauppoja, joista esimerkkikäyttöön valikoitui [composite24.fi](https://www.composite24.fi) -verkkokauppa, jonka valikoimassa on suurempiakin eriä erilaisia hartseja. Kaavioon on sisällytetty epoksibetonivaihtoehto myös tältä toimittajalta. Eri polymeeribetonien hinnanmuodostuksessa on oletettu hartsin määräksi 17,5 painoprosenttia kokonaismassasta. Massan tiheys on tällöin noin 2,17 tonnia per kuutiometri.

Taulukko 1. Betoni- ja polymeeribetonilaatujen hintoja



Valuolosuhteet luovat omat rajoitteensa epoksibetonin käytölle. Toisin kuin tavanomaisella betonilla valaessa, valualustan on ehdottomasti oltava kuiva, ja valu on suojattava ulkopuolisilta roiskeilta. Veden pääsy valun sekaan häiritsee kovettumisreaktiota, ja lopputuloksena on veden määrän mukaan lähinnä kumimaista massaa ja osin kokonaan kovettumatonta liisteriä.

Pakkasella ei epoksibetonia voida käyttää. Valun aikana lämpötilan on oltava yli 0 °C, jotta epoksibetonin kovettuminen käynnistyy. Liian korkea lämpötila taas alkaa vaikuttaa lujuusominaisuuksiin negatiivisesti. Daneshvar, Deix, ja Robisson (2021) tutkivat betoni-epoksibetoni rajapinnan leikkauslujuuden muutosta kovettumislämpötilan vaihdellessa 5 ja 55 °C välillä. Selkeitä lujuusominaisuuksien alenemia alettiin havaita, kun kovettumislämpötila ylitti 35 °C. Nämä tulokset ovat kuitenkin vahvasti riippuvaisia käytetystä epoksilaadusta. Jotkut epoksit vaativat jopa valun jälkeistä kuumennusta kunnollisen kovettumisen saavuttamiseksi lämpötilassa 60–80 °C.

Suurempia rakenteita valettaessa on epoksibetonin vetolujuutta kasvatettava halkeilun estämiseksi. Kuten kappaleessa 1.1. todettiin, tähän voidaan käyttää esimerkiksi teräs-, lasi-,

propyleeni-, nailon-, tai hiilikuituja. Kuvassa 3 on nähtävissä, kuinka varsin kookas ulkotiloissa oleva epoksibetoninen jälkivalu on lohkeillut siihen liitetyn koneen tärinän ja vuodenaikojen lämpötilan vaihtelusta johtuvan lämpölaajenemisen vaikutuksesta. Rakenteen koko pituussuunnassa on noin 1,5 metriä.



Kuva 3. Halkeilua epoksibetonirakenteessa

### 4.3 Turvallisuus

Epoksihartsit ja -kovettimet voivat aiheuttaa silmä- ja ihoärsytystä, ärsytysihottumaa ja pahimmillaan saavat aikaan allergisen kosketusihottuman (Työterveyslaitos, i.a.). Allergian kehittymistä ei voida ennustaa, vaan joillekin henkilöille se saattaa kehittyä jo yhdestä roiskeesta. Toiset taas eivät saa iho-oireita koskaan. Allergian kehittymisen jälkeen jo pienikin altistus saa aikaan hankalaa ihottumaa. Allergia syntyy suorasta kosketuksesta, joten aineiden joutumista iholle on vältettävä.



## 5 KOEKAPPALEET

Opinnäytetyötä varten valmistettiin bisfenoli F-pohjaisen 2-komponenttiepoksihartsin ja kiviabetonin sekoituksesta koekappaleita erilaisilla sekoitussuhteilla (kuva 4). Puristuskokeita varten valettiin 110 mm:n viemäriputkeen kolme koekappaletta viidellä eri seossuhteella. Näistä valettiin myös muovipikareihin erilliset kappaleet haponkestävyyden määrittämistä varten. Kutistuman mittaamiseksi valettiin pieni palkki työkohteissa yleisesti käytössä olevalla sekoitussuhteella, joka on noin 17,5 %. Mitattavaa kutistumaa ei havaittu, mikä on linjassa aiheen kirjallisuuden kanssa.



Kuva 4. Koekappaleiden valmistus

Hartsin ja epoksin tarkka mittaaminen osoittautui jokseenkin haasteelliseksi, koska kumpaakin jää annostelun jälkeen mitta-astioihin pieniä määriä liisterimäisen koostumuksen takia. Erillisen punnituksen tuloksena mitta-astiaan voitiin todeta jäävän kumpaakin komponenttia 1–2 painoprosenttia. Tästä syystä epoksin osuus lopputuotteessa jäi todennäköisesti hieman aiottua pienemmäksi. Kuvaajan 2 viimeisessä sarakkeessa on pyritty ottamaan huomioon tämän mittavirheen vaikutus kertomalla mitatut hartsin ja kovetteen määrät luvulla 0,98. Todellinen epoksin osuus on suurella todennäköisyydellä laskennallisen ja virhekorjatun arvon välissä.

Taulukko 2. Epoksibetonin sekoitussuhteet

	Hartsin määrä (dl)	Kovettimen määrä (dl)	Yhteismassa (kg)	Kuivabetonin määrä (kg)	Epoksin osuus paino-%	Mittavirhekorjattu epoksin osuus (%)
	11,00	5,50	1,75	5,90	22,87	22,52 %
	10,00	5,00	1,59	6,00	20,95	20,48 %
	9,00	4,50	1,43	6,10	19,01	18,44 %
	8,00	4,00	1,27	6,20	17,03	16,39 %
	7,00	3,50	1,11	6,20	15,22	14,54 %
Palkki	40,00	20,00	6,36	30,00	17,50	17,21 %

Kovetin = 1,048 g/cm <sup>3</sup>
Hartsi = 1,085 g/cm <sup>3</sup>
Kuivabetoni C30 = 2,03 g/cm <sup>3</sup>

Alun perin tarkoituksena oli valmistaa myös 13-prosenttinen seos, mutta kappaleita valettaessa sen huomattiin olevan käytännössä mahdotonta. 15-prosenttinen seos oli jo hyvin hankala saada sekoittumaan, eikä se enää juurikaan tiivistynyt muotissa, kuten muut valut. Jäljempänä todetaan tämän johtaneen myös huomattavasti alhaisempiin lujuusominaisuuksiin.

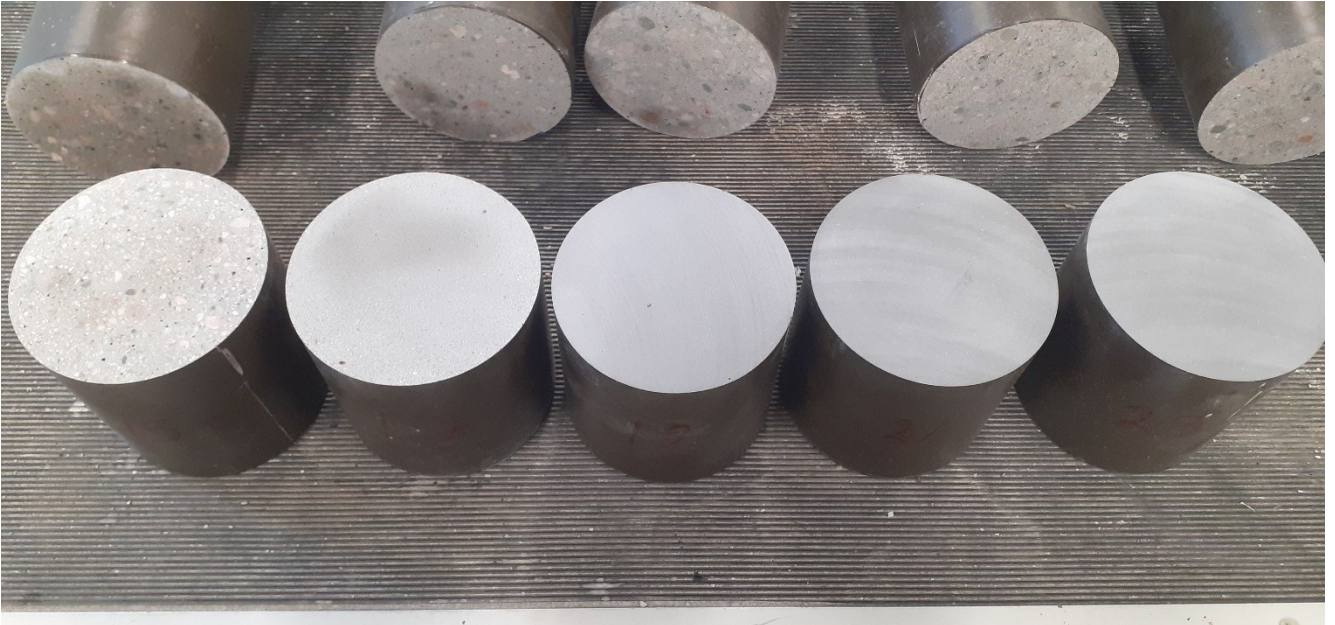
### 5.1 Kovettumisolosuhteet

Koekappaleet valettiin sinkkitehtaan sisällä elektrolyysilaitoksella, mihin ne myös jätettiin kovettumaan. Näin pyrittiin saamaan mahdollisimman todenmukaista dataa niissä olosuhteissa, missä epoksibetonia käytetään. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että valuun sekoittui erilaisia rikkikaasuja sekä muita epäpuhtauksia ja lämpötila vaihteli 28 päivän kovettumisajanjakson aikana -2,8 ja +17,7 Celsius-asteen välillä. Suuri vaihteluväli johtui lähellä sijainneesta nosto-ovesta, joka on hyvin aktiivisessa käytössä. Epoksibetonin lujuudenkehitys määräytyy käytännössä ensimmäisen seitsemän päivänä aikana ja tällöin lämpötila vaihteli +7 ja +17,7 Celsius-asteen välillä. Lämpötilaa seurattiin päivittäin digitaalisella lämpömittarilla, joka näytti vallitsevan lämpötilan lisäksi edellisen vuorokauden ylimmän ja alimman lämpötilan.

### 5.2 Mitatut puristuslujuudet

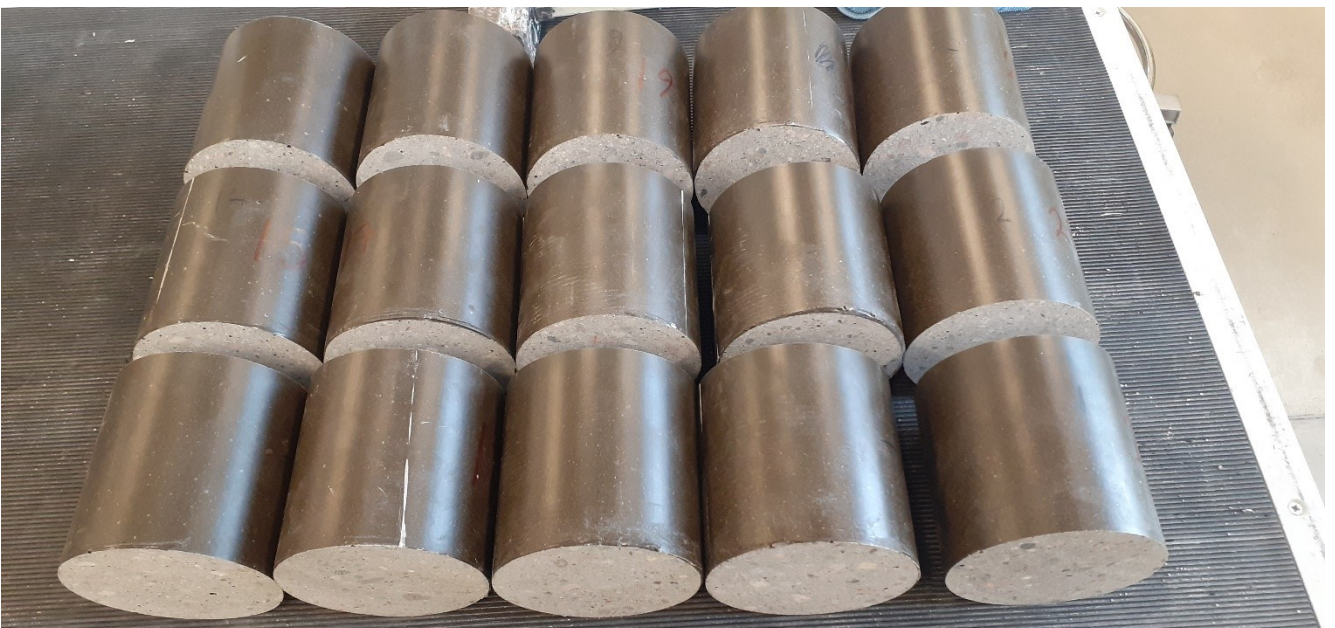
Koekappaleiden puristuslujuus määritettiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun betonilaboratoriossa. Lieriöiden päät hiottiin epätasaisuuksista, jotta puristuskokeessa paine jakautuu tasaisesti koko lieriön pään alalle (kuvat 5 ja 6).





Kuva 5. Hiottuja koekappaleita

Kappaleet mitattiin työntömitalla useasta kohdasta keskiarvoisten dimensioiden määrittämiseksi, mistä saatiin mahdollisimman tarkka lukuarvo lieriöiden poikkileikkauksen pinta-alalle. Puristuskokeessa koekappaletta puristetaan vakiokuormitusnopeudella kappaleen murtumiseen asti (Suomen standardisoimisliitto, i.a.). Murtokuorman perusteella lasketaan kappaleelle puristuslujuus standardin EN 12390-3 mukaisesti. Lieriöiden pituuden ja halkaisijan suhde oli 1.



Kuva 6. Koekappaleet ennen puristuskokeita

Puristuslujuuden arvo  $f_c$  määritetään kaavalla

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (1)$$

Missä

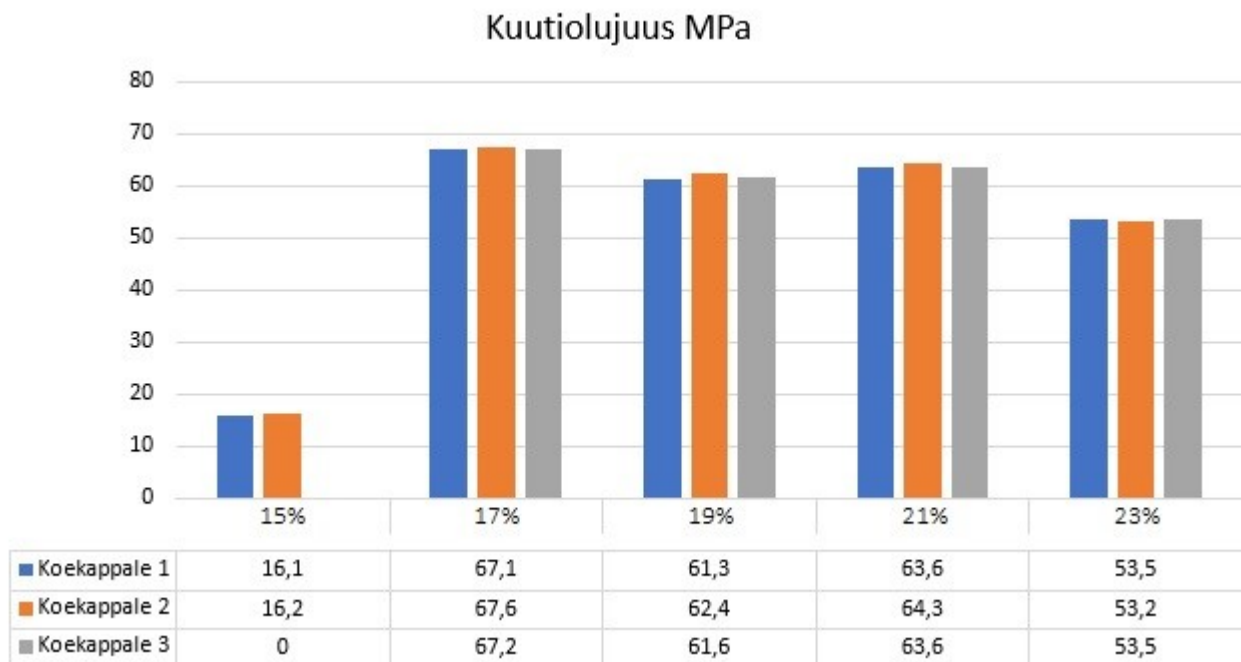
$f_c$  on kappaleen puristuslujuus [MPa]

$F$  on koekappaleen murtokuorma [N]

$A_c$  on kappaleen poikkileikkauspinta-ala [ $mm^2$ ]

Seuraavassa taulukossa on havainnollistettu mittausten tulokset. Puristuslujuuden arvoa korjattiin betoninormien §5.2.3.2 mukaisella lieriön koosta riippuvalla kertoimella 1,05. Prosenttiluku pylväiden alla kertoo koekappaleen epoksikonsentraation ja kolme lukua sen alla merkitsevät jokainen yhtä kolmesta samalla seoksella valmistettua koekappaletta ja sen mitattua puristuslujuutta.

Taulukko 3. Koekappaleiden puristuslujuudet



### 5.3 Haponkestävyys

Haponkestävyyden tutkimiseksi valettiin omat koekappaleet, joita liotettiin 15-prosenttisessa rikkihappoliuoksessa 12 viikon ajan (kuva 7). Kappaleet punnittiin viikon välein ja muutoksia arvioitiin silmämääräisesti.



Kuva 7. Koekappaleet rikkihappoliuoksessa

Taulukosta 4 nähdään, että kokeen aikana kappaleisiin imeytyi vähäisiä määriä liuosta.

Taulukko 4. Koekappaleiden massojen muutos

	Aika (d)	Epoksikappaleet, massa grammoina				
		15 %	17 %	19 %	21 %	23 %
	0	708,18	691,79	677,95	674,85	646,55
	7	709,68	694,07	679,69	676,77	648,17
	14	710,34	695,25	680,73	677,74	649,12
	21	710,77	696,17	681,54	678,60	649,90
	28	711,39	697,21	682,37	679,46	650,69
	35	711,68	697,99	682,94	680,06	651,31
	42	712,24	698,76	683,58	680,67	651,83
	49	712,64	699,44	684,08	681,22	652,33
	56	713,16	700,26	684,72	681,86	652,93
	63	713,51	700,91	685,23	682,38	653,36
	70	713,92	701,60	685,71	682,86	653,85
	77	714,41	702,28	686,21	683,43	654,33
	84	714,74	702,94	686,66	683,86	654,78
Massan muutos		0,93 %	1,61 %	1,28 %	1,34 %	1,27 %

Hieman yllättäen massan muutos oli vähäisintä epoksikonsentraatioiltaan heikoimmassa kappaleessa. Todennäköisesti tämä johtui siitä, että kappale menetti jonkin verran massaansa



ympäröivään liuokseen kokeen aikana. Koekappaleita ympäröivässä rikkihapossa ei kuitenkaan tapahtunut näkyvää samentumaa tai muuta muutosta missään vaiheessa koetta. Silmämääräisesti voitiin havaita, että kappaleiden pinnassa tapahtui pieniä muutoksia: kappaleet vaihtoivat väriään vaaleammaksi ja pintaan ilmestyi epätasaisuuksia (kuvat 8 ja 9).



Kuva 8. Haponkestävyyskoe, viikko 1



Kuva 9. Haponkestävyyskoe, viikko 12

Tutkimuksen jälkeen voidaan todeta, että nämäkin koekappaleet olisi pitänyt valaa lieriömuotoon, jolloin lujuusominaisuuksia olisi voitu mitata myös happotestin jälkeen.

Kuriositeettina kokeen yhteydessä tutkittiin myös tavallisesta K30 kuivabetonista valetun koekappaleen haponkestävyyttä samoissa olosuhteissa. Kappaletta pidettiin liuoksessa vain 10 päivää, mutta jo tässä ajassa se menetti massastaan yli neljänneksen.

## 6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tutkia epoksibetonin lujuusominaisuuksia ja haponkestävyyttä laboratoriokeiden avulla. Työssä valmistettiin koekappaleita erilaisilla epoksikonsentraatioilla ja tutkittiin niiden puristuslujuutta sekä käyttäytymistä upotettuna happoiseen liuokseen. Materiaali on erittäin käyttökelpoinen teollisessa ympäristössä ja monessa paikassa myös kalliin hintansa arvoinen. Vaikka epoksi- ja polymeeribetonien ominaisuuksista löytyy varsin paljon tutkittua tietoa ulkomaisista tieteellisistä artikkeleista, sisältyy niiden antamiin tuloksiin huomattavia variaatioita johtuen tutkimuksissa käytetyistä erilaisista hartsilaaduista ja runkoaineksista. Siksi työ antaa tämän työn tekijän mielestä lisäarvoa materiaalin käyttäjille Suomessa ja varsinkin Kokkolan suurteollisuusalueella, koska siellä valetut epoksibetonirakenteet on valettu käyttäen samoja materiaaleja, joista valettiin myös tämän työn tutkimusosion koekappaleet. Opinnäytetyön tuloksena osataan nyt sanoa vähintään kohtuullisella tarkkuudella, minkälaista mekaanista ja kemiallista rasitusta alueelta löytyvät epoksibetonirakenteet kestävät.

Kaiken kaikkiaan työ kuitenkin herätti huomattavasti enemmän kysymyksiä kuin mihin se antoi vastauksia. Tulevaisuudessa olisi mielenkiintoista tutkia esimerkiksi työssä mainittujen erilaisten kuitujen vaikutuksista epoksibetonin lujuuteen, tai miten vieläkin pidempi tai voimakkaampi happoaltistus koekappaleisiin vaikuttaa. Taloudellisesti saattaisi olla järkevää myös tutkia mahdollisuutta käyttää muita hartsilaatuja korvaamaan nykyisin epoksilla valettavat rakenteet, koska kuten taulukosta 1 nähdään, potentiaaliset säästöt voisivat olla mittavat.

## LÄHTEET

- Bedi, R., Chandra, R., & Singh, S.P. (2014). Reviewing some properties of polymer concrete. *Indian Concrete Journal*, 88, 47-68.
- Daneshvar, D., Deix, K., & Robisson, A. (2021). Effect of casting and curing temperature on the interfacial bond strength of epoxy bonded concretes. *Construction and Building Materials*. 307(9):124328
- El-Hawary, M.M., Abdel-Fattah, H. (2000). Temperature effect on the mechanical behavior of resin concrete. *Construction and Building Materials*, 14 (6–7), 317-323.
- Fowler, D. W., De Puy, D. W., Saud, A. B., Fontana, J., Pickard, S. S. (1986). Guide for the use of polymers in concrete. *ACI Committee*, 548, 83(5), 798-829.
- Saarela, O., Airasmaa, I., Kokko, J., Skrifvars, M., Komppa, V. (2007). *Komposiittirakenteet. Muoviyhdistys ry.* <https://www.lujitemuovi.fi/>
- Neffgen, B., (1985). Epoxy resins in the building industry — 25 years of experience. *International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete*, 7 (4), 253-260.
- Piratelli-Filho, A., Shimabukuro, F. (2008). Characterization of compression strength of granite-epoxy composites using design of experiments. *Materials Research*, 11 (4), 399-404.
- Suomen Betoniyhdistys ry. (i.a.). Sulfaatinkestävyys. <https://www.betonitieto.fi/kirjasto-ja-sanasto/betonisanasto/sulfaatinkestavyys.html>
- Suomen standardisoimisliitto SFS ry. (i.a.). Testing hardened concrete. Part 3: Compressive strength of test specimens.
- Työterveyslaitos. (i.a.). Epoksinnoitteiden terveyshaitat. <https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvaluisuus/altistuminen-tyoympariston-haitatekijoille/kemiallisten-tekijoiden-hallinta-tyopaikalla/epoksi-turvallinen-pinnoituskemikaalien-kaytto/epoksinnoitteiden-terveyshaitat/>
- Vipulanandan, C., Paul, E. (1993). Characterization of polyester polymer and polymer concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 5 (1).



## LIITTEET

Liite 1. Mittauspöytäkirja, 15-prosenttinen seos

Liite 2. Mittauspöytäkirja, 17-prosenttinen seos

Liite 3. Mittauspöytäkirja, 19-prosenttinen seos

Liite 4. Mittauspöytäkirja, 21-prosenttinen seos

Liite 5. Mittauspöytäkirja, 23-prosenttinen seos

# SeAMK BETONINKOETUSTILAUS



SeAMK TÄYTTÄÄ	
Tilaus saapunut	
Tilauksen numero	

Tilaaaja Tommas Savolainen

Y-tunnus \_\_\_\_\_

Rakennuskohde 15 %

OVT-tunnus \_\_\_\_\_

Osoite \_\_\_\_\_

Verkkolaskuoperaattori \_\_\_\_\_

Postinumero ja kaupunki \_\_\_\_\_

Välittäjä-tunnus \_\_\_\_\_

Testausselosteen lähetyssähköposti(t) \_\_\_\_\_

Laskutuksen edellyttämät lisätiedot (esim. projektinro, ostotilausno, viite) \_\_\_\_\_

Suoritettava testaus \_\_\_\_\_

Toimitettavat koekappaleet (ilmoita määrä ja poralleriöissä halkaisija) \_\_\_\_\_

- Selosteen kieli  suomeksi  englanniksi
- Puristuslujuus (akkreditoitu) \_\_\_\_\_ kpl kuutioita, särmä 100 mm
- Vedentunkeuma (akkreditoitu) \_\_\_\_\_ kpl poralleriöitä, d = \_\_\_\_\_ mm
- Absoluuttinen kosteusprosentti \_\_\_\_\_ kpl laastilieriöitä, d = 105 mm
- Muu, mikä: \_\_\_\_\_

KOETUSIKÄ \_\_\_\_\_ päivää

SeAMK täyttää											
Koekappaleen tunnus ja muotikoodi (*)	Valupäivä	Lujuusluokka Cxx/yy	x	Testaaja	Testin pvm	L MN/m <sup>2</sup>	K MN/m <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	Mitat d a x b h	Murtokuorma kN	Massa kg
13	16.3.			T.S.	13.4.	12.9	16.1	2194	→	18.7	1,8686
14	16.3.			T.S.	13.4.	13.0	16.2	2194	→	12.8	1,8832
15	16.3.			T.S.	13.4.				→		1,8694
-											
-											
-											

(\*) Kalibroidun muotin tunnus liitetään koekappaleen tunnukseseen BY65-2016 § 4.2.3 mukaisesti, esim. muotti 12 → KPL68-12. Muotikoodi on syytä ilmoittaa enintään kolmella merkillä. Ilman muotittunnusta kappaleet käsitellään kalibroimattomina. Kalibroimattoman kappaleen testaus on 10 % kalliimpi.

Tilaaajan yhteystiedot \_\_\_\_\_ Puh. \_\_\_\_\_

Paikka ja aika \_\_\_\_\_ Allekirjoitus \_\_\_\_\_

Tilauksen allekirjoittajaan tai lähettäessään tilaaja sitoutuu Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oy:n yleisiin myyntiehtoihin: <https://www.seamk.fi/yleiset-myyntiehdot/>

Tilauksen toimitetaan koekappaleiden mukana muovitaskun sisällä rakennuslaboratorioon. Tilaus toimitetaan osoitteeseen Juhonkatu 5, Seinäjoki. Ota itsellesi kopio tai kuva täytetyistä tilauskaavakkeesta. Raportimme yhdellä kaavakkeella tilatut testaukset yhdellä selosteella. Jokaisesta testityypistä on kirjattava oma tilauskaavakkeensa. Tilauskaavakkeelta tulee löytyä kaikki laskutuksessa tarvittavat tiedot; emme käsittele erillisiä laskutusohjeita.

SeAMK TÄYTTÄÄ: Valtuutetun testaajan allekirjoitus koskien testauspuoleuttomuutta ja luottamuksellisuutta. Testaaja: \_\_\_\_\_

Paikka ja aika: Seinäjoella \_\_\_\_\_

# SeAMK BETONINKOETUSTILAUS



SeAMK TÄYTTÄÄ

Tilaus saapunut

Tilauksen numero

Tilaja Tomas Savolainen

Y-tunnus \_\_\_\_\_

Rakennuskohde 17%

OVT-tunnus \_\_\_\_\_

Osoite \_\_\_\_\_

Verkkolaskuoperaattori \_\_\_\_\_

Postinumero ja kaupunki \_\_\_\_\_

Välittäjä-tunnus \_\_\_\_\_

Testausselosteen lähetyssähköposti(t) \_\_\_\_\_

Laskutuksen edellyttämät lisätiedot (esim. projektinro, ostotilausnro, viite) \_\_\_\_\_

## Suoritettava testaus

- Puristuslujuus (akkreditoitu)  
 Vedentunkeuma (akkreditoitu)  
 Absoluuttinen kosteusprosentti  
 Muu, mikä: \_\_\_\_\_

## Selosteen kieli

- suomeksi  
 englanniksi

## Toimitettavat koekappaleet (ilmoita määrä ja poraliierioissa halkaisija)

- \_\_\_\_\_ kpl lieriötä 150 x 300 mm \_\_\_\_\_ kpl kuutioita, särmä 100 mm  
 \_\_\_\_\_ kpl poralieriötä, d = \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ kpl kuutioita, särmä 150 mm  
 \_\_\_\_\_ kpl laastilieriötä, d = 105 mm

KOETUSIKÄ \_\_\_\_\_ päivää

Koekappaleen tunnus ja muotikoodi (*)	Valupäivä	Lujuusluokka Cxx/yy	x	Testaaja	Testin pvm	SeAMK täyttää				Mitat d a x b h	Muotokuorma kN	Massa kg
						L MN/m <sup>2</sup>	K MN/m <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	h			
10	16.3.			T.S.	13.4.	55,1	67,1	2181		→	527	1,8636
11	16.3.			T.S.	13.4.	55,4	67,6	2180		→	532	1,8644
12	16.3.			T.S.	13.4.	55,1	67,2	2177		→	529	1,8661
-	-											
-	-											
-	-											

(\*) Kallibroйдun muotin tunnus liitetään koekappaleen tunnuksen BY65-2016 § 4.2.3 mukaisesti, esim. muotti 12 → KPL68-12. Muotikoodi on syytä ilmoittaa enintään kolmella merkillä. Ilman muotittunnusta kappaleet käsitellään kalibroimattomina. Kalibroimattoman kappaleen testaus on 10 % kalliimpi.

## Tilaaajan yhteyshenkilö

Puh. \_\_\_\_\_

## Paikka ja aika

Allekirjoitus \_\_\_\_\_

Tilauksen allekirjoittajansa tai lähettäessään tilaaja sitoutuu Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oy:n yleisiin myyntiehtoihin:

<https://www.seamk.fi/yleiset-myyntiehdot/>

Tilauksen toteutukseen koekappaleiden mukana muovitaskun sisällä rakennuslaboratorioon. Tilaus toimitetaan osoitteeseen Juhonkatu 5, Seinäjoki. Ota itsellesi kopio tai kuva täytetystä tilauskaavakkeesta. Raporttoimme yhdellä kaavakkeella tilatut testaukset yhdellä selosteella. Jokaisesta testityypistä on kirjattava oma tilauskaavakkeensa. Tilauskaavakkeita tulee löytyä kaikki laskutuksessa tarvittavat tiedot; emme käsittele erillisiä laskutusohjeita.

SeAMK TÄYTTÄÄ: Valtuetun testaajan allekirjoitus koskien testausselosteen puoleuttomuutta ja luottamuksellisuutta: Testaaja: \_\_\_\_\_

Paikka ja aika: Seinäjoella \_\_\_\_\_



# SeAMK BETONINKOETUSTILAUS



Tilaus saapunut	SeAMK TÄYTTÄÄ
Tilauksen numero	

Tilaja Tommas Savolainen

Y-tunnus \_\_\_\_\_

Rakennuskohde 19%

OVT-tunnus \_\_\_\_\_

Osoite \_\_\_\_\_

Verkkolaskuoperaattori \_\_\_\_\_

Postinumero ja kaupunki \_\_\_\_\_

Välittäjä-tunnus \_\_\_\_\_

Testausselosteen lähetyssähköposti(t) \_\_\_\_\_

Laskutuksen edellyttämät lisätiedot (esim. projektinro, ostotilausnro, viite) \_\_\_\_\_

Suoritettava testaus \_\_\_\_\_

Toimitettavat koekappaleet (ilmoita määrä ja poralieriissä halkaisija) \_\_\_\_\_

- Selosteen kieli  suomi  englanniksi
- Puristuslujuus (akkreditoitu) \_\_\_\_\_ kpl kuutioita, särmä 100 mm
- Vedentunkeuma (akkreditoitu) \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ kpl kuutioita, särmä 150 mm
- Absoluuttinen kosteusprosentti \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ kpl laastilieriöitä, d = 105 mm
- Muu, mikä: \_\_\_\_\_

KOETUSIKÄ \_\_\_\_\_ päivää

SeAMK täyttää											
Koekappaleen tunnus ja muuttikoodi (*)	Valupäivä	Lujuusluokka Cxx/yy	x	Testaaja	Testin pvm	L MN/m <sup>2</sup>	K MN/m <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	Mitat d x b x h	Murtokuorma kN	Massa kg
7	16.3.			T.S.	13.4.	51,0	61,3	2145	→	483	1,8416
8	16.3.			T.S.	13.4.	51,7	62,4	2154	→	491	1,8462
9	16.3.			T.S.	13.4.	51,1	61,6	2146	→	484	1,8338
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(\*) Kallibroidun muotin tunnus liitetään koekappaleen tunnuksen BY65-2016 § 4.2.3 mukaisesti, esim. muotti 12 → KPL68-12. Muuttikoodi on syytä ilmoittaa enintään kolmella merkillä. Ilman muotittunnusta kappaleet käsitellään kalibroimattomina. Kalibroimattoman kappaleen testaus on 10 % kalliimpi.

Tilaaajan yhteysthenkilö \_\_\_\_\_ Puh. \_\_\_\_\_

Paikka ja aika \_\_\_\_\_ Allekirjoitus \_\_\_\_\_

Tilauksomakkeen allekirjoitustaan tai lähettäänsään tilaaja sitoutuu Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oy:n yleisiin myyntiehtoihin: <https://www.seamk.fi/yleiset-myyntiehdot/>

Tilauksomake toimitetaan koekappaleiden mukana muovitasakun sisällä rakennuslaboratorioon. Tilaus toimitetaan osoitteeseen Juhonkatu 5, Seinäjoki. Ota itsellesi kopio tai kuva täytetystä tilauskaavakkeesta. Raportoitme yhdellä kaavakkeella tilatut testaukset yhdellä selosteella. Jokaisesta testityypistä on kirjattava oma tilauskaavakeensa. Tilauskaavakkeelta tulee löytyä kaikki laskutuksessa tarvittavat tiedot; emme käsittele erillisiä laskutusohjeita.

SeAMK TÄYTTÄÄ: Valtuutetun testaajan allekirjoitus koskien testausselosteen puoleuttomuutta ja luottamuksellisuutta. Testaaja: \_\_\_\_\_ Paikka ja aika: Seinäjoella \_\_\_\_\_

# SeAMK BETONINKOETUSTILAUS



SeAMK TÄYTTÄÄ	
Tilaus saapunut	
Tilauksen numero	

Tilaaaja Teomas Savolainen

Y-tunnus \_\_\_\_\_

Rakennuskohde 21%

OVT-tunnus \_\_\_\_\_

Osoite \_\_\_\_\_

Verkkolaskuoperaattori \_\_\_\_\_

Postinumero ja kaupunki \_\_\_\_\_

Välittäjätnunus \_\_\_\_\_

Testausselosteen lähetyssähköposti(t) \_\_\_\_\_

Laskutuksen edellyttämät lisätiedot (esim. projektinro, ostotilausnro, viite) \_\_\_\_\_

Suoritettava testaus \_\_\_\_\_

Toimitettavat koekappaleet (ilmoita määrä ja poralieriossa halkaisija)

- Puristuslujuus (akkreditoitu)
- Vedentunkeuma (akkreditoitu)
- Absoluuttinen kosteusprosentti
- Muu, mikä: \_\_\_\_\_

Selosteen kieli

suomeksi

englanniksi

\_\_\_\_\_ kpl lieriötä 150 x 300 mm

\_\_\_\_\_ kpl poralierioita, d = \_\_\_\_\_ mm

\_\_\_\_\_ kpl laastilieriötä, d = 105 mm

\_\_\_\_\_ kpl kuutioita, särmä 100 mm

\_\_\_\_\_ kpl kuutioita, särmä 150 mm

KOETUSIKÄ \_\_\_\_\_ päivää

SeAMK täyttää											
Koekappaleen tunnus ja muuttikoodi (*)	Valupäivä	Lujuusluokka Cxx/yy	x	Testaaja	Testin pvm	L MN/m <sup>2</sup>	K MN/m <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	Mitat d a x b h	Murtokuorma kN	Massa kg
4	16.3.			T.S.	13.4.	52,5	63,6	2109	→	501	1,8258
5	16.3.			T.S.	13.4.	53,1	64,3	2124	→	506	1,7716
6	16.3.			T.S.	13.4.	52,6	63,6	2114	→	500	1,8120

(\*) Kalibroidun muotin tunnus liitetään koekappaleen tunnukseen. BY65-2016 § 4.2.3 mukaisesti, esim. muotti 12 → KP168-12. Muuttikoodi on syytä ilmoittaa enintään kolmella merkillä. Ilman muuttitunnusta kappaleet käsitellään kalibroimattomina. Kalibroimattoman kappaleen testaus on 10 % kallimpi.

Tilaaajan yhteysthenkilö \_\_\_\_\_ Puh. \_\_\_\_\_


Paikka ja aika \_\_\_\_\_ Allekirjoitus \_\_\_\_\_

Tilauksmakkeen allekirjoitukseen tai lähettämiseen tilaaja sitoutuu Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oy:n yleisiin myyntiehtoihin: <https://www.seamk.fi/yleiset-myyntiehdot/>


Tilauksmake toimitetaan koekappaleiden mukana muovitaskun sisällä rakennuslaboratorioon. Tilaus toimitetaan osoitteeseen Juhonkatu 5, Seinäjoki. Ota itsellesi kopio tai kuva täytetystä tilauskaavakkeesta. Raportoimme yhdellä kaavakkeella tilatut testaukset yhdellä selosteella. Jokaisesta testityypistä on kirjattava oma tilauskaavakkeensa. Tilauskaavakkeelta tulee löytyä kaikki laskutuksessa tarvittavat tiedot; emme käsittele erillisiä laskutusohjeita.

SeAMK TÄYTTÄÄ: Valtuutetun testaajan allekirjoitus koskien testausselosteen puoleuttomuutta ja luottamuksellisuutta: Testaaja: \_\_\_\_\_ Paikka ja aika: Seinäjoella \_\_\_\_\_





# BETONINKOETUSTILAUS



FINAS  
Finnish Institute of Standards  
1300 (EN ISO/IEC 17025)

SeAMK TÄYTTÄÄ

Tilaus saapunut \_\_\_\_\_

Tilauksen numero \_\_\_\_\_

Tilaaaja Teomas Savolainen ( [REDACTED] )

Rakennuskohde 23%

Osoite \_\_\_\_\_

Postinumero ja kaupunki \_\_\_\_\_

Testausselosteen lähetyssähköposti(t) \_\_\_\_\_

Y-tunnus \_\_\_\_\_

OVT-tunnus \_\_\_\_\_

Verkkolaskuoperaattori \_\_\_\_\_

Välittäjä­tunnus \_\_\_\_\_

Laskutuksen edellyttämät lisätiedot (esim. projektinro, ostotilausno, viite) \_\_\_\_\_

Suoritettava testaus \_\_\_\_\_

Selosteen kieli  suomeksi  englanniksi

Puristuslujuus (akkreditoitu) \_\_\_\_\_ kpl kuutioita, särmä 100 mm

Vedentunkeuma (akkreditoitu) \_\_\_\_\_ kpl porallierioitä, d = \_\_\_\_\_ mm

Absoluuttinen kosteusprosentti \_\_\_\_\_ kpl laastilieriöitä, d = 105 mm

Muu, mikä: \_\_\_\_\_

KOETUSIKÄ \_\_\_\_\_ päivää

Toimitettavat koekappaleet (ilmoita määrä ja porallierioissä halkaisija) \_\_\_\_\_

SeAMK täyttää											
Koekappaleen tunnus ja muuttikoodi (*)	Valupäivä	Lujuusluokka Cxx/yy	x	Testaaja	Testin pvm	L MN/m <sup>2</sup>	K MN/m <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	Mitat d a x b h	Murtokuorma kN	Massa kg
1	16.3.			T.S.	13.4.	43,5	53,5	2050	→	421	1,7365
2	16.3.			T.S.	13.4.	43,2	53,2	2053	→	418	1,7522
3	16.3.			T.S.	13.4.	43,5	53,5	2069	→	420	1,7696
-											
-											
-											

(\*) Kalibroidun muotin tunnus liitetään koekappaleen tunnuksen BY65-2016 § 4.2.3 mukaisesti, esim. muotti 12 → KPL68-12. Muuttikoodi on syytä ilmoittaa enintään kolmella merkillä. Ilman muuttitunnusta kappaleet käsitellään kalibroimattomina. Kalibroimattoman kappaleen testaus on 10 % kallimpi.

Tilaaajan yhteyshenkilö \_\_\_\_\_ Puh. \_\_\_\_\_

Paikka ja aika \_\_\_\_\_ Allekirjoitus \_\_\_\_\_

Tilauslomakkeen allekirjoitussaan tai lähettäessään tilaaja sitoutuu Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oy:n yleisiin myyntiehtoihin: <https://www.seamk.fi/yleiset-myyntiehdot/>

SeAMK TÄYTTÄÄ: Valtuutetun testaajan allekirjoitus koskien testausselosteen puoleuttomuutta ja luottamuksellisuutta. Testaaja: \_\_\_\_\_ Paikka ja aika: Seinäjoella \_\_\_\_\_

Tilauslomake toimitetaan koekappaleiden mukana muovitaskun sisällä rakennuslaboratorioon. Tilaus toimitetaan osoitteeseen Juhonkatu 5, Seinäjoki. Ota itsellesi kopio tai kuva täytetystä tilauskaavakkeesta. Raportointimme yhdellä kaavakkeella tilatut testaukset yhdellä selosteella. Jokaisesta testityypistä on kirjattava oma tilauskaavakkeensa. Tilauskaavakkeesta tulee löytyä kaikki laskutuksessa tarvittavat tiedot; emme käsittele erillisiä laskutusohjeita.