

TUTKIMUSSELOSTUS

VALKEALAN UIMAHALLI UIMA-ALLASTILOJEN KOSTEUSRASITETTUIJEN BETONIRAKENTEIDEN KUNTOTUTKIMUS

7.10.2021



7.10.2021

Tiivistelmä

Tutkimuksen toimeksianto sisälsi Valkealan uimahallin uima-allastilojen kosteusrasitettujen betonirakenteiden kuntotutkimuksen, joka perustui kohteeseen tehtyyn tutkimussuunnitelmaan. Kosteusrasitettujen betonirakenteiden kuntotutkimus sisälsi uimahallin betoni- ja pintarakenteiden perustutkimuksen. Allastilojen tutkimusten yhteydessä rakennukseen suoritettiin myös muita tutkimuksia, jotka raportoitiin erikseen.

Tutkittujen rakenneosien betoni sekä rakenteet ovat käyttöikänsä suhteutettuna hyväkuntoista ja täyttävät niille asetetut vaatimukset, eikä rakenteissa ole riskiä rakenteiden merkittävästä vaurioitumisesta lähivuosina. Kohteessa ei todettu kiireellisiksi todettavia toimenpidetarpeita. Uimahallin allasrakenteita ei ole peruskorjattu, joten teknistä käyttöikää on takana jo 30 vuotta. Täten teknisen käyttöiän puolesta allasrakenteiden peruskorjaus tulisi ajankohtaiseksi seuraavien vuosien aikana.

Havaitut vauriot voidaan pääosin korjata siten, että vaurion aiheuttama mekanismi esitetään tai pysäytetään esimerkiksi rakenteen rasiustasoa alentamalla, ja näin voidaan jatkaa rakenteen käyttöikää. Oikein valituilla ja toteutetuilla korjaustoimenpiteillä voidaan runkorakenteiden käyttöikää olettaa olevan korjaustöiden jälkeen vielä ainakin 15–30 vuotta.

Uimahallin allastilojen peruskorjaushanke suositellaan käynnistettäväksi teknisen käyttöiän puolesta hankesuunnittelulla seuraavan 1–5 vuoden kuluessa. Hankesuunnitelmassa esitetään korjausten tekniset, taloudelliset ja ulkonäköä koskevat vaatimukset. Hankesuunnittelun jälkeen tehdään varsinainen toteutussuunnittelu. Korjaustoimenpiteiden toteutus suositellaan tehtäväksi heti korjaussuunnitelmien valmistumisen jälkeen, jolloin mahdolliset vaurioiden etenemiset voidaan pysäyttää ja rakenteiden käyttöikää jatkaa.

7.10.2021

Sisällys

1	Kohteen yleistiedot.....	4
1.1	Tutkimuskohde.....	4
1.2	Tutkimuksen tilaaja	4
1.3	Tutkimuksen tekijä ja ajankohta.....	4
1.4	Kohteen yleiskuvaus	4
1.5	Tutkimuksen tavoite ja rajaukset	6
2	Lähtötiedot.....	7
3	Käytetyt tutkimusmenetelmät.....	7
4	Uima-allas, 25 m	8
4.1	Rakenteet.....	8
4.2	Havainnot	10
4.3	Laboratoriotutkimukset.....	13
4.4	Johtopäätökset ja toimenpidesuosituks	16
5	Opetusallas	18
5.1	Rakenteet.....	18
5.2	Havainnot	18
5.3	Laboratoriotutkimukset.....	20
5.4	Johtopäätökset ja toimenpidesuosituks	22
6	Tasopinnat ja pilarit	24
6.1	Rakenteet.....	24
6.2	Havainnot	25
6.3	Laboratoriotutkimukset.....	26
6.4	Johtopäätökset ja toimenpidesuosituks	29
7	Yhteenveto tärkeimmistä suositeltavista toimenpiteistä.....	30

7.10.2021

1 Kohteen yleistiedot

1.1 Tutkimuskohde

Valkealan uimahalli
Toikkalantie 5
45370 Kouvola

1.2 Tutkimuksen tilaaja

Kouvolan kaupunki, Tilapalvelut
Torikatu 10, 4. krs
45101 Kouvola
Yhteyshenkilö:
Rakennuttajainsinööri Katja Ahola
katja.e.ahola@kouvola.fi

1.3 Tutkimuksen tekijä ja ajankohta

Vahanen Rakennusfysiikka Oy
Koulukatu 11, 2. krs
53100 Lappeenranta

Timo Suhonen, Ins. AMK, vastaava kuntotutkija,
puh. 044 7688 319, timo.suhonen@vahanen.com

Niko Maurinen, Ins. AMK, kuntotutkija

Kohteen kenttätutkimukset suoritettiin 23.8.2021

1.4 Kohteen yleiskuvaus

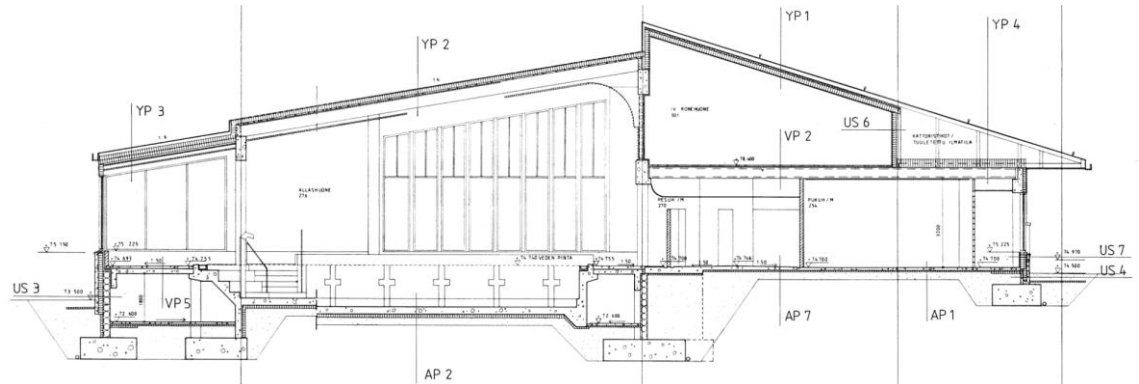
Tutkimuskohde on Kouvolan Valkealassa sijaitseva uimahalli, joka on osa suurempaa Valkealataloa. Uimahalli sijaitsee rinteessä ja siinä on kaksi kerrosta sekä ullakkokerros. Ensimmäisessä kerroksessa on uima-altaan huoltotiloja sekä henkilöstötiloja. Toisessa kerroksessa sijaitsevat allastilat, pesu- ja pukuhuoneet sekä kahvio ja aula. Ullakkokerroksessa yläpohjatiloiissa on IV-konehuone. Uimahallin osuus Valkealatalosta on lähtötietojen perusteella noin 1 820 m².

Rakennus on valmistunut vuonna 1991. Peruskorjausta ei ole tehty.

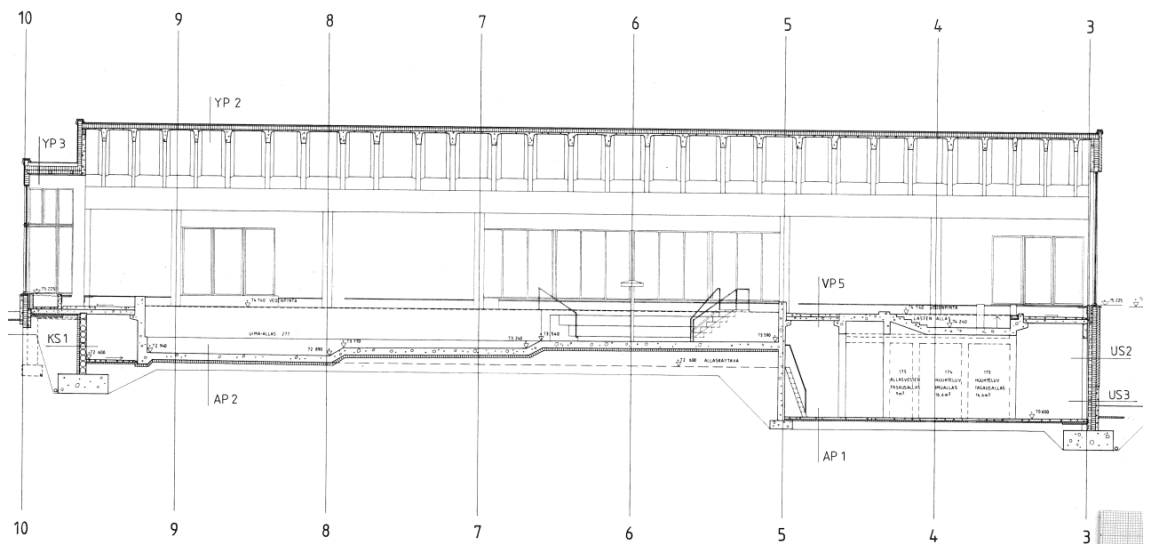
Uimaltaan rakenteet ovat paikallavalettuja teräsbetonirakenteita. Uimahalli on perustettu maanvaraisten anturoiden varaan (muualla rakennuksessa muun muassa paalu-perustuksia). Perusmuurit ovat erilaisia betonielementtejä. Alapohjat ovat maanvaraisia betonilaattoja. Runko on teräsbetoninen pilari-laatta-palkki -runko. Ulkoseinät ovat erilaisia ontelolaatta- ja betonisandwich-elementtejä sekä puurunkoisia muurattuja ulkoseiniä. Väliseinät ovat muurattuja, puurunkoisia, valettuja betonirakenteisia tai pystyyn nostettuja ontelolaattoja. Välipohjat ovat ontelolaattoja tai betonilaattoja. Allasosaston yläpohjana on TT-laatasto. Lisäksi yläpohjarakenteina on tuulettuvaa ullakko-tilaa ontelolaatan päällä sekä teräsrunkoa. Vesikatteenä on rivipeltikatetta ja bitumikermiä.

7.10.2021

Allastilat (25 metrin allas, opetusallas) sijaitsevat rakennuksen 2. kerroksessa. 2. kerroksessa sijaitsee myös pukuhuone- ja saunatilat. Altaiden tekniset tilat sekä allaskäytävät sijaitsevat 1. kerroksessa.

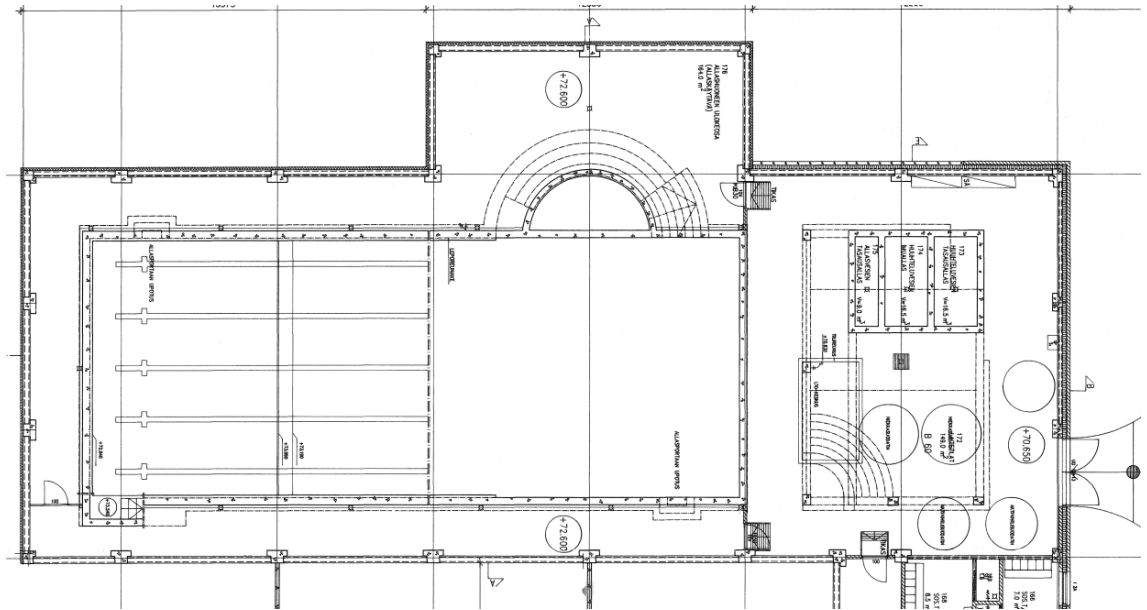


Kuva 1 Rakennuksen yleisleikkaus 25 m altaan kohdalta. Allasosa on kuvassa vasemmalla. Ote piirustuksesta ARK85561-5M

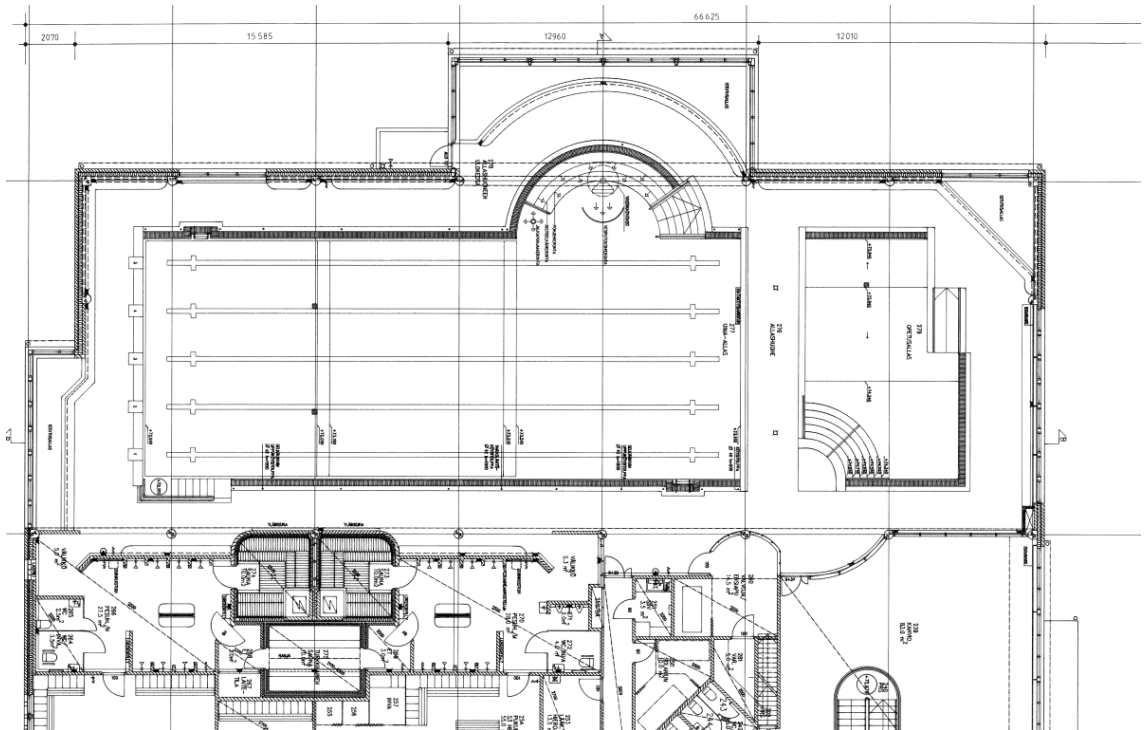


Kuva 2 Rakennuksen yleisleikkaus. 25 m allas on kuvassa vasemmalla ja opetusallas oikealla. Ote piirustuksesta ARK85561-6M.

7.10.2021



Kuva 3 Rakennuksen pohjakuva 1. kerroksesta allastilan kohdalta. Ote piirustuksesta ARK85561-2MA



Kuva 4 Rakennuksen pohjakuva 2. kerroksesta allastilan sekä pesu- ja pukuhuoneiden kohdalta. Ote piirustuksesta ARK85561-3M

1.5 Tutkimuksen tavoite ja rajaukset

Tutkimuksen toimeksianto sisälsi Valkealan uimahallin uima-allastilojen kosteusrasitet-
tujen betonirakenteiden kuntotutkimuksen ns. perustutkimuksen mukaisella laajuu-
della.

7.10.2021

Kuntotutkimus sisälsi uimahallin betoni- ja pintarakenteiden kuntotutkimuksen.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää:

- Pintarakenteiden kunto
- Allastilojen kosteusrasitettujen betonirakenteiden kunto sekä niiden vauriot, syy ja laajuus
- Rakenteiden jäljellä oleva käyttöikä
- Korjaustoimenpide-ehdotukset

Tutkimuksen arviot ja johtopäätökset perustuvat aistinvaraisiin tutkimuksiin sekä betonirakenteista pistokoeluontoisesti otettuihin näytteisiin sekä niiden pohjalta tehtyihin kokemusperäisiin havaintoihin.

Tutkimusselostuksessa on esitetty tutkimuksessa otettuja valokuvia eri rakenneosista ja niissä havaituista tyypillisimmistä vaurioista.

Muut rakennukseen liittyvät tutkimukset:

Allastilojen kosteusrasitettujen betonirakenteiden kuntotutkimuksen yhteydessä kohteessa suoritettiin:

- Uimahallin rakennusosan rakenne- ja kosteustekninen kuntotutkimus

Em. tutkimuksen aikana tehdyt havainnot ja johtopäätökset esitetään erillisessä tutkimusraportissa.

2 Lähtötiedot

Tutkimusraporttia tehdessä käytettävissä olivat seuraavat lähtötiedot:

- Alkuperäiset rakennesuunnitelmat kohteella
- Alkuperäiset rakennetyypit
- Alkuperäiset ARK- ja RAK-leikkaukset
- Alkuperäiset ARK-pohjakuvat

Vanhoista suunnitelmista tarkasteltiin alkuperäisten rakenteiden materiaaliomaisuuDET, rakennekerrokset sekä mitat.

Lähtötietojen perusteella arvioitiin alustavasti rasitetuimmat sekä tarkoituksenmukaisimmat näyteotantakohdat.

Tutkittujen rakenteiden lähtötiedot on esitetty rakenneosakohtaisesti omassa kappaleessaan.

3 Käytetyt tutkimusmenetelmät

Ennen kuntotutkimuksen tekoa rakennuksen kosteusrasitetut betonirakenteet jaettiin rakennusosiin eri valmistusmenetelmien ja -materiaalien sekä erilaisten rasitustasojen mukaisesti.

Kohteen rakenneosille suoritettut tutkimukset:

- Rakenteiden silmämääräinen tarkastelu

7.10.2021

- 25 m altaan ja opetusaltaan lattia- ja seinäpintojen, allashuoneen tasopintojen sekä pilareiden alapään laatoitusten kopo-kartoitus
- Kosteusrasitettujen betonirakenteiden sekä kantavien betonirakenteiden näytteenotto timanttiporaamalla rakenteiden ja materiaalien kunnon sekä rakennekerrosten määrittämistä varten.
- Betonirakenteiden karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen 9 kpl ohuthietutkimuksella.
- Betonin mikrorakennetutkimus (ohuthietutkimus), 9 kpl
- Betonin vetolujuuskoe, 10 kpl
- Betonin puristuslujuuden määrittäminen, 8 kpl
- Betonin kloridipitoisuuden määrittäminen, 22 kpl jauhenäytettä (kloridiprofiili) sekä 6 kpl poralieriöstä jauhetusta näytteestä

Betoninäytteet analysoitiin Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n laboratoriossa.

Käytetty tutkimuslaitteisto:

Kuntotutkimuksessa käytettiin seuraavia tutkimuslaitteita:

- Betonipeitteiden mittaus, Profoscope -betonipeitemittari (Proseq Oy)
- Betoninäytteiden irrottaminen rakenteista, timanttiporauskalusto
- Käsityökalut

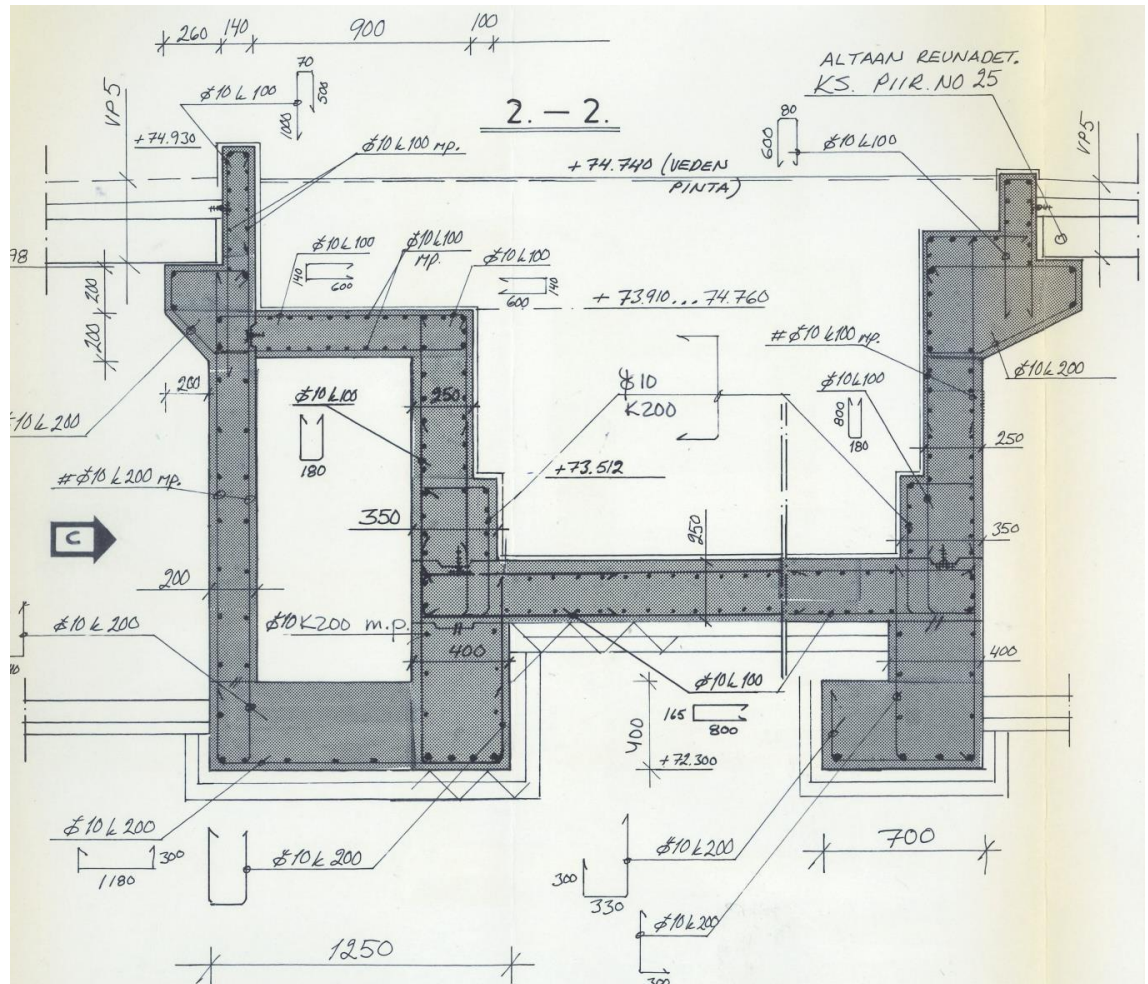
4 Uima-allas, 25 m

4.1 Rakenteet

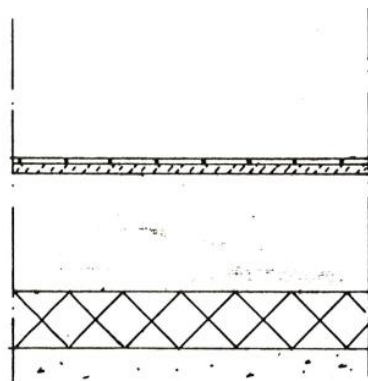
Allas on suorakaiteen muotoinen ja mitoiltaan n. 25 m x 10 m x 1,8 m (syvä pääty) / 1,2 m (matala pääty). Altaassa lisäksi syvennys jossa sijaitsee portaat. Altaan pinta-ala on noin 270 m².

Lähtötietojen perusteella altaan runkolaatta on maanvarainen ja valettu vesitiiviistä betonista. Valusaumoissa on saumanauha. Altaan seinien ulkopuolella kulkee pääosin huoltotunneli.

7.10.2021



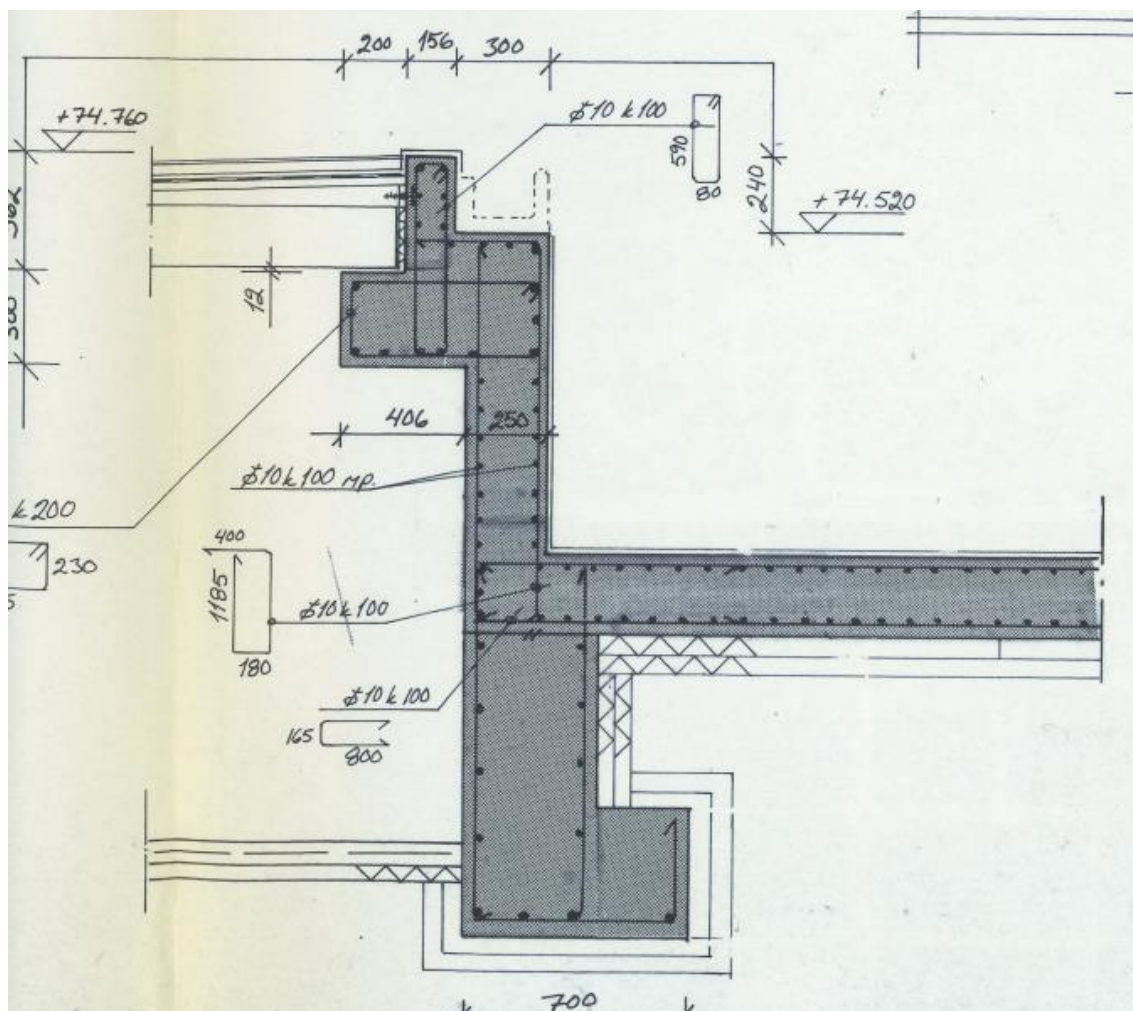
Kuva 5 Ote 25 m altaan rakennepiirustuksesta RAK153180-16.



- | | |
|----------|--|
| 8 mm | KERAAMISET LAATAT, ks. rakennuslitys kiinnitys Pukkilan klinkkerilaastilla valmistajan ohjeen mukaan |
| 20 mm | TASAUSBETONI |
| | VESITIIVIS BETONI rakennepiirustusten mukaan |
| 120 mm | STYROFOAM HI-50-E pontatuin saumoin |
| ≥ 250 mm | TIIVISTETTY SORA |
| | PERUSMAA |

Kuva 6 Rakennetyyppi AP2 altaan pohjasta.

7.10.2021



Kuva 7 Ote 25 m altaan rakennepiirustuksesta RAK153180-40.

Lähtötietojen perusteella altaan betonirakenteet ovat luokkaa K30-2 (vesitiivis), joka vastaa lujuusluokkaa C25/30. Terästen suojabetoni on suunnitelmien mukaan 35 mm ja maata vasten 50 mm.

4.2 Havainnot

Tutkimushetkellä 25 m:n allas oli tyhjennetty vedestä.

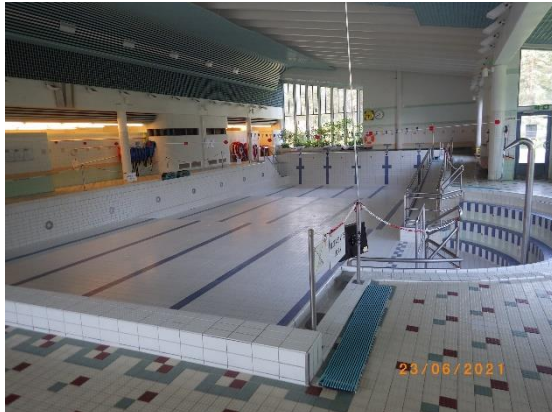
Allas on laatoitettu keraamisella laatoilla, jotka ovat lähtötietojen ja huoltohenkilökunnalta saatujen tietojen mukaan pääosin alkuperäisiä. Yksittäisiä laattoja on uusittu eri puolilla uima-allasta.

Kopokartoituksen perusteella altaan pohjan sekä seinien laatat ovat pääasiassa kauttaaltaan kiinni alustassaan. Yksittäisiä alustastaan irti olevia laattoja havaittiin eri puolilla uima-allasta. Suurin osa irrallaan olevista laatoista oli merkattu jo aiemmin huoltohenkilökunnan toimesta. Altaan pohjan ja seinän nurkkaliittymien saumoissa havaittiin muutamia ruostejälkiä sekä kalkkikertymiä. Loiskekourun ja seinän laatoituksen väline sauma rakoile useassa kohdassa allasta.

7.10.2021

Allastilojen alapuolella huoltokäytävässä havaittiin yksittäisiä vuotokohtia altaan betonirakenteissa. Vuotokohdat olivat pääasiassa seinän yläosassa tai valusaumojen kohdilla. Allasseiniin on tehty huoltokäytävän puolelle yksittäisiä paikkakorjauksia. Seinässä havaittiin yksittäisiä halkeamia ja teräskorroosion aiheuttamia vaurioita. Seinän yläosassa havaittiin paikoin betonin olevan huonosti tiivistynyttä valun aikana.

Havaintoja on esitetty kuvissa 8–23.



Kuva 8 Yleiskuva 25 metrin altaasta. Altaan sivussa on syvennys portaille.



Kuva 9 Yleiskuva 25 metrin altaasta.



Kuva 10 Kopojalaattoja oli merkattu valmiiksi. Yksi laatta irrotettiin tarkasteltiin laatan alapuolisia kerroksia.



Kuva 11 Seinissä havaittiin yksittäisissä kohdissa ruostejälkiä. Ruostekohdissa oli myös paikoin kopoa.

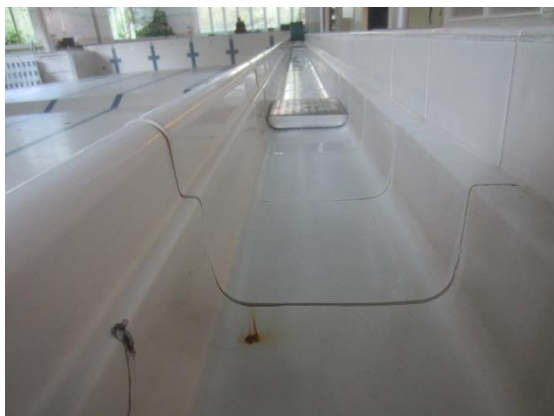


Kuva 12 Seinissä havaittiin yksittäisissä kohdissa ruostejälkiä.



Kuva 13 Lattioiden ja seinien saumat olivat pääasiassa hyvässä kunnossa.

7.10.2021



Kuva 14 Yleiskuva loiskekourusta.



Kuva 15 Loiskekourun ja seinälaatoituksen välinen sauma rakoili.



Kuva 16 Yleiskuva allaskäytävästä.



Kuva 17 Yleiskuva allaskäytävästä.



Kuva 18 Seinissä havaittiin vuotojälkiä.



Kuva 19 Seinissä havaittiin vuotojälkiä

7.10.2021



Kuva 20 Seinissä havaittiin vuotojälkiä



Kuva 21 Seinissä havaittiin yksittäisiä halkeamia.



Kuva 22 Seiniin on tehty yksittäisiä paikakorjauksia.



Kuva 23 Seinän yläosassa havaittiin paikoin betonin olevan huonosti tiivistynyttä valun aikana.

4.3 Laboratoriotutkimukset

25 metrin altaasta porattiin yhteensä 9 poralieriönäytettä. Näytteistä 3 otettiin altaan pohjalaatasta, 6 kpl altaan seinien sisäpinnasta. Näytteille suoritettiin laboratoriossa 3 ohuthieanalyysiä (OH), 3 vetokoetta, 3 puristuslujuuskoetta. Lisäksi otettiin 5 jauhe-näytettä, joille suoritettiin kloridipitoisuuden (Cl) määrittäminen. Laboratorioanalyysit on kokonaisuudessaan esitetty liitteessä 4.

7.10.2021

Taulukko 1. 25 metrin altaasta otetut poralieriönäytteet sekä niille suoritettut laboratorioanalyysit.

Näytteen numero	Sijainti	Laboratorioanalyysit
AP5	25 m allas, pohjalaatta	Ohuthie
AP6	25 m allas, pohjalaatta	Vetolujuus
AS5	25 m allas, seinä, sisäpinta	Vetolujuus
AS6	25 m allas, seinä, sisäpinta	Puristuslujuus
AS7	25 m allas, seinä, sisäpinta	Vetolujuus
AS8	25 m allas, seinä, sisäpinta	Ohuthie
AS9	25 m allas, seinä, sisäpinta	Puristuslujuus
AS10	25 m allas, seinä, sisäpinta	Ohuthie

Altaan pohjalaatasta otetuista lieriönäytteistä tehtyjen havaintojen perusteella pohjalaatan rakenne on:

- keraaminen laatta
- kiinnityslaasti ~ 2–3 mm
- betoni

Altaan pohjasta poratuista näytteissä ei havaittu vedenpaineeneristystä.

Altaan seinästä otetuista lieriönäytteistä tehtyjen havaintojen perusteella seinän rakenne on:

- keraaminen laatta 7 mm
- kiinnityslaasti ~ 2–3 mm
- oikaisuvalu/-laasti 0–20 mm (näytteessä AS10 20 mm)
- betoni

Betonin kloridipitoisuus

25 m altaan seinärakenteiden ja pohjalaatan kloridipitoisuudet määriteltiin yhteensä 5 jauhenäytteestä. Kloridinäytteet porattiin 0–30 mm:n syvyydeltä (taulukko 2).

Taulukko 2. 25 m:n altaan rakenteiden kloridianalyysin tulokset.

Näyttenumero	Rakenneosa	Cl-pitoisuus, 00–30 mm (paino- %)
CL4	25 m allas, seinä, sisäpinta	0,01
CL5	25 m allas, seinä, sisäpinta	0,01
CL6	25 m allas, seinä, sisäpinta	0,02
CL7	25 m allas, pohjalaatta	0,01
CL8	25 m allas, pohjalaatta	0,01

Betonin vetolujuus

Betonin vetolujuus määritettiin 3 koekappaleesta (taulukko 3).

Betonin vetolujuuskokeet suoritettiin näytteiden runkobetonille, eli pintarakenteet oli poistettu ennen koekappaleen pinnasta ennen vetolujuuskokeen suorittamista.

7.10.2021

Taulukko 3. 25 m:n allas, betonin vetolujuuden määrittäminen

Näyttenumero	Vetolujuus (N/mm ²)	Murtotapa
AP6	2,9	Betonin sisäinen murtuma
AS5	3,1	Betonin sisäinen murtuma
AS7	2,9	Betonin sisäinen murtuma

Vetolujuuden ollessa luokkaa 1,5 N/mm² tai yli, näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa (BY42).

Betonin puristuslujuus

Betonin puristuslujuus määritettiin 2 koekappaleesta (taulukko 4).

Puristuslujuus määritettiin näytteiden runkobetonille.

Taulukko 4. 25 m:n allas, betonin puristuslujuuden määrittäminen

Näyttenumero	Kuutiolujuus (MN/m ²)*	Huomiot
AS6	69,2	-
AS9	54,3	-

Puristuslujuustulokset on muunnettu 150 mm särmäisten kuutioiden puristuslujuudeksi Betoninormien By 65 2016 kohdan 5.2.3.2 mukaisesti.

Betonin mikrorakennetutkimukset (ohuthietutkimus)

Betonin mikrorakennetutkimus tehtiin 3 poralieriönäytteelle (taulukko 5).

Taulukossa esitetään kootusti ohuthietutkimuksen merkittävimmät havainnot. Ohut-hieanalyysien tarkemmat tulokset on esitetty liitteessä 4.

Betoneiden kunto luokitellaan ohuthietutkimuksissa tarkasteltujen tekijöiden ja ominaisuuksien puolesta asteikolla **hyvä-tydyttävä-välttävä-heikko**.

Taulukko 5. 25 m:n allas, betonin mikrorakennetutkimukset

Näyttenumero ja rakenneosa	Rakennekerros	Huokostäytteet* (AKR, ETT)	Rapautuneisuus	Betonin kunto	Karbonatisoituminen ulkopinnasta
AP5 Allaspohja	Runkobeton	Vähän ETT	Ei	Hyvä	1–2 mm
AS8 Allasseinä	Runkobeton	-	Ei	Hyvä	1–2 mm
AS10 Allasseinä	Runkobeton	-	Ei	Hyvä / tydyttävä**	3–8 mm

*) ETT= Ettringiittireaktio, AKR= alkalikiviainesreaktio

**) Betoni harvaa, runsaasti tiivistys huokosia

Raudoitteiden betonipeitemittaukset ja karbonatisoituminen

Raudoitteiden peitepaksuudet mitattiin 25 m altaan seinistä yhteensä 99 kappaletta. Terästen syvyydet mitattiin rakenteen ulkopinnasta. Altaan seinän betonin karbonatisoituminen oli edennyt ulkopinnasta 1–8 mm ohuthietutkimuksen perusteella. Altaan

7.10.2021

seinän sisäpuolelta otettujen näytteiden mittaustuloksista ei ole vähennetty keraamisen laatan ja laastikerroksen paksuutta (n. 9–10 mm), mikä pitää huomioida verratessa peitekerros- sekä karbonatisoitumis- ja kloridimittausten tuloksia tulkittaessa. Allasseinän teräkset sijaitsevat keskimäärin 38 mm syvyydellä ulkopinnasta jakautuen seuraavasti eri syvyyksille:

- 0 % sijaitsee 0 – 20 mm syvyydellä
- 14 % sijaitsee 21 – 30 mm syvyydellä
- 61 % sijaitsee 31 – 40 mm syvyydellä
- loput 25 % sijaitsee yli 40 mm syvyydellä laatan ulkopinnasta mitattuina.

Mittausten perusteella raudotteita ei sijaitse karbonatisoituneella alueella.

4.4 Johtopäätökset ja toimenpidesuosituks

Johtopäätökset

25 metrin altaan seinä- ja lattiarakenteet ovat pääosin tyydyttävässä kunnossa, eikä havaitut vauriot aiheuta rakennuksen käyttäjille turvallisuus- tai terveysriskejä. Rakenteiden käyttöikä voidaan jatkaa oikein mitoitetuilla sekä ajoitetuilla korjaustoimenpiteillä.

Altaan pintarakenteet ovat pääosin tyydyttävässä kunnossa. Yksittäisiä laattoja on irti alustastaan sekä saumat paikoin huonokuntoisia, mutta ne ovat korjattavissa normaaleilla korjaustoimenpiteillä.

Allasrakenteiden merkittävimmät vauriot sijaitsevat altaan runkorakenteessa huoltokäytävän puolella. Vauriot sijaitsevat pääasiassa valusaumojen kohdalla sijaitsevien vuotokohtien alueilla. Vauriot ovat lähinnä betonin lohkeilua sekä pinnoitevaurioita.

Betonipeitemittausten perusteella betonin karbonatisoituminen ei ole tällä hetkellä haitaksi seinien raudotteille merkittävästi. Rakenteissa ei havaittu haitallisia pitoisuuksia klorideja.

Seinä- ja tasopinnan välisen sekä muiden valusaumojen liittymien rakenne aiheuttavat vuotoja, joista allasvesi valuu altaan seinien ulkopinnoille huoltokäytävään. Vuodot nostavat altaan ulkopinnan betonin sekä betonin raudoituksen räsitystä, mikä kiihdyttää rakenteiden vaurioitumista ja seinän ulkopinnassa olevien raudotteiden korroosiota. Seinän ulkopinnassa on havaittavissa alueita, joissa raudotteiden korroosio on jo pitkälle edennyt ja rikkonut raudoitetta ympäröivän betonin. Seinän kosteusrasitusta kasvattaa myös se, että rakenne ei ole vedeneristetty.

Betonin lujuusominaisuudet vastaavat rakenteelle alkuperäisissä suunnitelmissa esitettyjä vaatimuksia. Koekappaleiden puristuslujuudet ylittävät suunnittelumitoituksen arvot.

Vetolujuuden osalta betoneissa ei havaittu viitteitä betonin rapautumisesta tai vaurioitumisesta, joka aiheuttaisi betonin mekaanisten ominaisuuksien heikkenemistä ja täten soveltuvuutta korjausalustaksi.

Betoni luokiteltiin ohuthietutkimuksissa pääasiassa luokkaan hyvä. Yhden allasseinästä otetun näytteen betonin todettiin olevan harvaa. Betonin jäädessä harvaksi, sen

7.10.2021

vesitiiviys heikkenee merkittävästi. Yhdessä tutkitusta näytteestä betonin huokosissa havaittiin viitteitä ettringiittireaktiosta (ETT). Ettringiittireaktion tuotteita syntyy usein betonissa, joka altistuu voimakkaalle kosteusrasitukselle, josta voidaan päätellä, että kosteus liikkuu myös rakenteen läpi ja näin lisää betonin raudoitteiden kosteus- sekä kloridirasitusta.

Ettringiittireaktion reaktiotuotteena olevat kiteytymät aiheuttavat betonin pakkasenkestävyyden heikkenemistä, mutta lämpimissä sisätiloissa olevien rakenteiden osalta ettringiittireaktion synnyttämällä kiteytymällä ei ole betonin pitkäaikaiskestävyyteen merkittävää vaikutusta, sillä rakenteisiin ei kohdistu jäätymisrasitusta.

Betonin huokosissa ei todettu merkkejä alkalikiviainesreaktiosta.

Toimenpidesuosituks

Altaan betoni rakenteet ovat vielä pääsääntöisesti tyydyttävässä kunnossa, eikä rakenteille ole tarpeellista tehdä raskaita korjaustoimenpiteitä. Merkittävin yksittäinen toimenpide, jolla rakenteiden käyttöikää voidaan jatkaa, on rakenteiden kosteusrasituksen keventäminen.

Altaan pintarakenteet ovat vielä pääosin tyydyttävässä kunnossa, eikä niille suositella välittömästi raskaita korjaustoimenpiteitä. Pintarakenteiden uusiminen kauttaaltaan voisi kuitenkin järkevää, jos rakennukseen tehdään laajempaa peruskorjausta. Pintarakenteiden lisäksi seuraavan peruskorjauksen yhteydessä tulee korjata liikunta- ja valusaumat.

Betonirakenteiden kosteusrasituksen keventämiseksi rakenteeseen kuitenkin suositellaan asentamaan vedeneriste ja samassa yhteydessä pintarakenteiden uusiminen on välttämätöntä. Vedeneristeen asentamisella rakenteen pitkäaikaiskestävyys paranee.

Altaan ja tasopinnan laatan välinen liittymä sekä muut altaan valusaumat suositellaan korjattavaksi siten, että liittymä tehdään vesitiiviiksi ja myös näin vähennetään altaan ja tasopinnan ulko- ja alapuolisten betoniosien kosteusrasitusta, esimerkiksi vesitiiviillä rakenteellisella liikuntasaumalla.

Altaiden seinien raudoitus sijaitsee melko syvällä runkorakenteessa, minkä lisäksi betoninäytteiden pinnoissa ei todettu kohonneita kloridipitoisuuksia. Näin ollen raudoitteiden kloridikorroosio ei ole kokonaisuutta tarkastellen merkittävässä riskissä vaurioiden aiheuttajana.

Altaan sisäpinnan korjausten yhteydessä rakenteen ulkopinnalle suositellaan tehtäväksi betonikorjaus, jossa vaurioituneet betoni sekä raudoitus poistetaan, teräsosat korroosiosuojataan ja betoniosat paikka korjataan. Rakenteessa esiintyvät halkeamat suositellaan injektoitavaksi. Betonirakenteiden korjauksen jälkeen pinnat pinnoitetaan.

Altaan seinien ulkopinnoille asennetut teräsosat suositellaan uusittavaksi tarvittavilta osiltaan allastiloihin soveltuvilla tuotteilla.

Esitettyjen korjaustoimenpiteiden osalta korjaushanke suositellaan aloitettavaksi 1–5 vuoden kuluessa, jolloin mahdollinen vaurioitumisen eteneminen voidaan pysäyttää ja rakenteiden käyttöikää jatkaa.

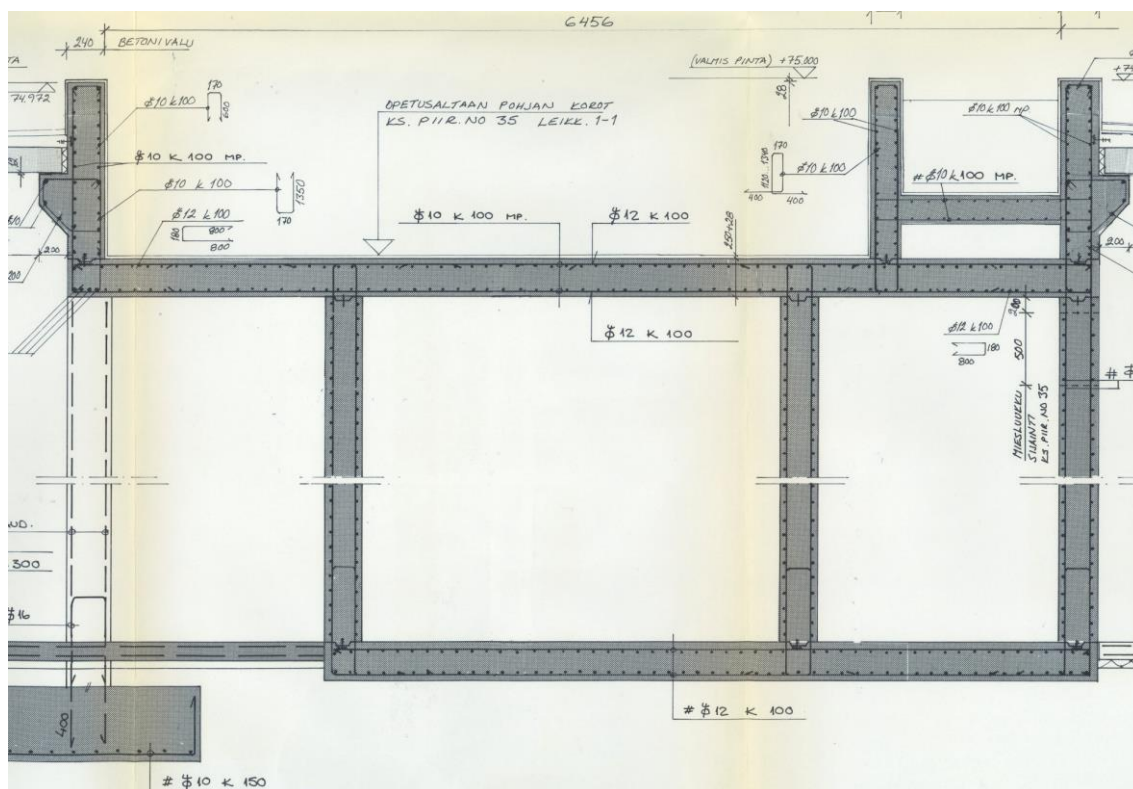
7.10.2021

5 Opetusallas

5.1 Rakenteet

Altaan leveys vaihtelee välillä 5,0...6,5 m sekä pituutta on 10 m. Altaan pinta-ala on noin 60 m².

Lähtötietojen ja havaintojen perusteella altaan runkolaatta on kannateltu alapuolisen altaiden huoltotilojen paikallavalettujen sienien ja pilareiden varaan. Valusaumoissa on saumanauha.



Kuva 24 Ote opetusaltaan rakennepiirustuksesta RAK153180-16.

Lähtötietojen perusteella altaan betonirakenteet ovat luokkaa K30-2 (vesitiivis), joka vastaa lujuusluokkaa C25/30. Terästen suojabetoni on suunnitelmien mukaan 35 mm ja maata vasten 50 mm.

5.2 Havainnot

Tutkimushetkellä opetusallas oli tyhjennetty vedestä.

Allas on laatoitettu keraamisella laatoilla, jotka ovat lähtötietojen ja huoltohenkilökunnalta saatujen tietojen mukaan pääosin alkuperäisiä. Yksittäisiä laattoja on uusittu eri puolilla uima-allasta.

Kopokartoituksen perusteella altaan pohjan sekä seinien laatat ovat pääasiassa kauttaaltaan kiinni alustassaan. Yksittäisiä alustastaan irti olevia laattoja havaittiin eri puolilla uima-allasta. Suurin osa irrallaan olevista laatoista oli merkattu jo aiemmin huolto-

7.10.2021

henkilökunnan toimesta. Altaan seinissä havaittiin muutamia ruostejälkiä. Loiskekourun saumat sekä loiskekourun ja seinän laatoituksen välinen sauma rakoile useassa kohdassa altaasta ja sauma on paikoin avoin.

Allastilojen alapuolella huoltotilassa havaittiin altaan pohjan betonirakenteissa merkittäviä lohkeamia ja betonivaurioita. Rakenteissa todettiin olevan myös vuotojälkiä.

Havaintoja altaan rakenteista on esitetty kuvissa 25–32.



Kuva 25 Yleiskuva opetusaltaasta.



Kuva 26 Loiskekourun sauma oli useassa kohdassa avoin.



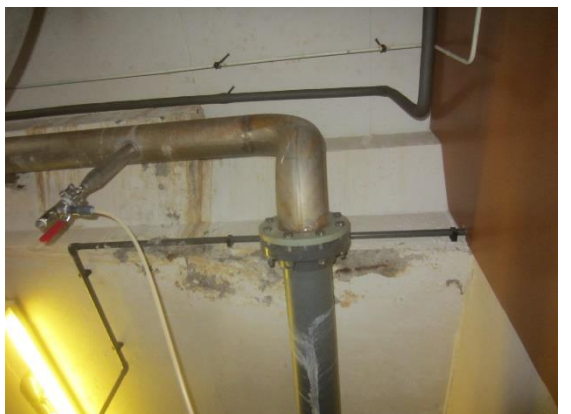
Kuva 27 Loiskekourun ja seinän välinen sauma oli halkeillut ja paikoin avoin.



Kuva 28 Seinässä havaittiin yksittäisiä ruostejälkiä.



Kuva 29 Altaan runkolaatassa havaittiin paikallisia lohkeamia.

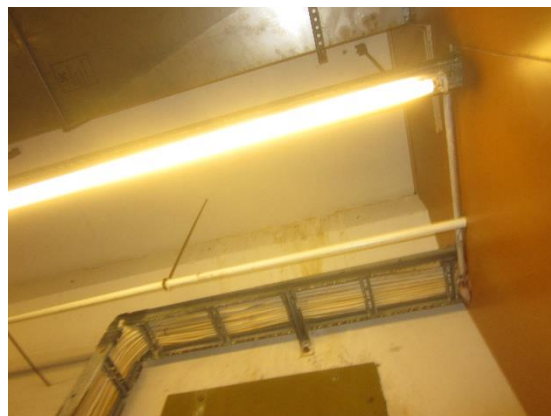


Kuva 30 Altaan runkolaatassa havaittiin paikallisia lohkeamia sekä vuotojälkiä.

7.10.2021



Kuva 31 Allasrakenteissa havaittiin vuotojälkiä.



Kuva 32 Allasrakenteissa havaittiin vuotojälkiä.

5.3 Laboratoriotutkimukset

Opetusaltaasta porattiin yhteensä 5 poralieriönäytettä. Näytteistä 3 otettiin altaan pohjalaatasta, 2 kpl altaan seinien sisäpinnasta. Näytteille suoritettiin laboratoriossa 2 ohuthieanalyysiä (OH), 1 vetokoe, 2 puristuslujuuskoetta. Lisäksi otettiin 4 jauhenäytettä, joille suoritettiin kloridipitoisuuden (Cl) määrittäminen. Laboratorioanalyysit on kokonaisuudessaan esitetty liitteessä 4.

Taulukko 6. Opetusaltaasta otetut poralieriönäytteet sekä niille suoritettavat laboratorioanalyysit.

Näytteen numero	Sijainti	Laboratorioanalyysit
AP1	Opetusallas, pohjalaatta	Puristuslujuus
AP2	Opetusallas, pohjalaatta	Ohuthie
AP3	Opetusallas, pohjalaatta	Vetolujuus
AS1	Opetusallas, seinä, sisäpinta	Puristuslujuus
AS2	Opetusallas, seinä, sisäpinta	Ohuthie

Altaan pohjalaatasta otetuista lieriönäytteistä tehtyjen havaintojen perusteella pohjalaatan rakenne on:

- keraaminen laatta
- kiinnityslaasti ~ 2–3 mm
- betoni

Altaan seinästä otetuista lieriönäytteistä tehtyjen havaintojen perusteella seinän rakenne on:

- keraaminen laatta 7 mm
- kiinnityslaasti ~ 2–3 mm
- oikaisuvalu/-laasti 0–20 mm (näytteessä AS10 20 mm)
- betoni

Betonin kloridipitoisuus

25 m altaan seinärakenteiden ja pohjalaatan kloridipitoisuudet määriteltiin yhteensä 5 jauhenäytteestä. Kloridinäytteet porattiin 0–30 mm:n syvyydeltä (taulukko 7).

7.10.2021

Taulukko 7. Opetusaltaan rakenteiden kloridianalyysin tulokset.

Näyttenumero	Rakenneosa	Cl-pitoisuus, 00–30 mm (paino- %)
CL9	Opetusallas, seinä, sisäpinta	0,01
CL10	Opetusallas, seinä, sisäpinta	0,01
CL11	Opetusallas, pohjalaatta	0,02
CL12	Opetusallas, pohjalaatta	0,02

Betonin vetolujuus

Betonin vetolujuus määritettiin 1 koekappaleesta (taulukko 8).

Betonin vetolujuuskokeet suoritettiin näytteiden runkobetonille, eli pintarakenteet oli poistettu ennen koekappaleen pinnasta ennen vetolujuuskokeen suorittamista.

Taulukko 8. Opetusallas, betonin vetolujuuden määrittäminen

Näyttenumero	Vetolujuus (N/mm ²)	Murtotapa
AP3	3,7	Betonin sisäinen murtuma

Vetolujuuden ollessa luokkaa 1,5 N/mm² tai yli, näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa (BY42).

Betonin puristuslujuus

Betonin puristuslujuus määritettiin 3 koekappaleesta (taulukko 9).

Puristuslujuus määriteltiin näytteiden runkobetonille.

Taulukko 9. Opetusallas, betonin puristuslujuuden määrittäminen

Näyttenumero	Kuutiolujuus (MN/m ²)*	Huomiot
AP1 Allaspohja	66,0	-
AS1 Allasseinä	66,1	-
AS4 Allasseinä	56,2	-

Puristuslujuustulokset on muunnettu 150 mm särmäisten kuutioiden puristuslujuudeksi Betoninormien By 65 2016 kohdan 5.2.3.2 mukaisesti.

Betonin mikrorakennetutkimukset (ohuthietutkimus)

Betonin mikrorakennetutkimus tehtiin 2 poralieriönäytteelle (taulukko 10).

Taulukossa esitetään kootusti ohuthietutkimuksen merkittävimmät havainnot. Ohut-hieanalyysien tarkemmat tulokset on esitetty liitteessä 4.

Betoneiden kunto luokitellaan ohuthietutkimuksissa tarkasteltujen tekijöiden ja ominaisuuksien puolesta asteikolla **hyvä-tydyttävä-välttävä-heikko**.

7.10.2021

Taulukko 10. Opetusallas, betonin mikrorakennetutkimukset

Näytenumero ja rakenneosa	Rakennekerros	Huokostäytteet* (AKR, ETT)	Rapautuneisuus	Betonin kunto	Karbonatisoituminen ulkopinnasta
AP2 Allaspohja	Runkobeton	Vähän ETT	Ei	Hyvä	5–6 mm
AS2 Allasseinä	Runkobeton	Vähän ETT	Ei	Hyvä	1–2 mm

*) ETT= Ettringiittireaktio, AKR= alkalikiviainesreaktio

Raudoitteiden betonipeitemittaukset ja karbonatisoituminen

Raudoitteiden peitepaksuudet mitattiin opetusaltaan seinistä yhteensä 32 kappaletta. Terästen syvyydet mitattiin rakenteen ulkopinnasta. Altaan seinän betonin karbonatisoituminen oli edennyt ulkopinnasta 1–6 mm ohuthietutkimuksen perusteella. Altaan seinän sisäpuolelta otettujen näytteiden mittaustuloksista ei ole vähennetty keraamisen laatan ja laastikerroksen paksuutta (n. 9–10 mm), mikä pitää huomioida verratessa peitekerros- sekä karbonatisoitumis- ja kloridimittausten tuloksia tulkittaessa. Allasseinän teräkset sijaitsevat keskimäärin 45 mm syvyydellä ulkopinnasta jakautuen seuraavasti eri syvyyksille:

- 0 % sijaitsee 0 – 30 mm syvyydellä
- 31 % sijaitsee 31 – 40 mm syvyydellä
- loput 69 % sijaitsee yli 40 mm syvyydellä laatan ulkopinnasta mitattuina.

Mittausten perusteella raudoitteita ei sijaitse karbonatisoituneella alueella.

5.4 Johtopäätökset ja toimenpidesuosituks**Johtopäätökset**

Opetusaltaan seinä- ja lattiarakenteet ovat pääosin tyydyttävässä kunnossa, eikä havaittu vauriot aiheuta allastilojen käyttäjille turvallisuus- tai terveysriskejä. Betonirakenteista lohkeavat kappaleet voivat aiheuttaa vaaratilanteita pudotessaan altaan alapuolisissa huoltotiloissa. Rakenteiden käyttöikää voidaan jatkaa oikein mitoitetuilla sekä ajoitetuilla korjaustoimenpiteillä.

Altaan pintarakenteet ovat pääosin tyydyttävässä kunnossa. Yksittäisiä laattoja on irti alustastaan sekä saumat paikoin huonokuntoisia, mutta ne ovat korjattavissa normaaleilla korjaustoimenpiteillä. Altaan kantavissa rakenteissa havaittiin paikallisia lohkeamia.

Betonipeitemittausten perusteella betonin karbonatisoituminen ei ole tällä hetkellä haitaksi seinien raudoitteille merkittävästi. Rakenteissa ei havaittu haitallisia pitoisuuksia klorideja.

Altaassa on vanhoja vuotokohtia, joista allasvesi on valunut altaan seinien ulkopinnoille huoltotilaan. Vuotojen määrä ei ole suuri. Vuotokohdat ovat todennäköisesti valusaumojen kohdilla. Vuodot nostavat altaan ulkopinnan betonin sekä betonin raudoituk-

7.10.2021

sen rasitusta, mikä kiihdyttää rakenteiden vaurioitumista ja seinän ulkopinnassa olevien raudoitteiden korroosiota. Altaan runkorakenteessa on havaittavissa alueita, joissa raudoitteiden korrosio on jo pitkälle edennyt ja rikkonut raudoitetta ympäröivän betonin. Osa lohkeamista ovat merkittäviä. Seinän kosteusrasitusta kasvattaa myös se, että rakenne ei ole vedeneristetty.

Betonin lujuusominaisuudet vastaavat rakenteelle alkuperäisissä suunnitelmissa esitettyjä vaatimuksia. Koekappaleiden puristuslujuudet ylittävät suunnittelumitoituksen arvot.

Vetolujuuden osalta betoneissa ei havaittu viitteitä betonin rapautumisesta tai vaurioitumisesta, joka aiheuttaisi betonin mekaanisten ominaisuuksien heikkenemistä ja täten soveltuvuutta korjausaluksi.

Betoni luokiteltiin ohuthietutkimuksissa luokkaan hyvä. Betonin huokosissa havaittiin näytteissä viitteitä ettringiittireaktiosta (ETT). Ettringiittireaktion tuotteita syntyy usein betonissa, joka altistuu voimakkaalle kosteusrasitukselle, josta voidaan päätellä, että kosteus liikkuu myös rakenteen läpi ja näin lisää betonin raudoitteiden kosteus- sekä kloridirasitusta.

Ettringiittireaktion reaktiotuotteena olevat kiteytymät aiheuttavat betonin pakkasenkestävyyden heikkenemistä, mutta lämpimissä sisätiloissa olevien rakenteiden osalta ettringiittireaktion synnyttämällä kiteytymällä ei ole betonin pitkäaikaiskestävyyteen merkittävää vaikutusta, sillä rakenteisiin ei kohdistu jäätymisrasitusta.

Betonin huokosissa ei todettu merkkejä alkalikiviainesreaktiosta.

Toimenpidesuosituks

Altaan betonirakenteet ovat vielä pääsääntöisesti tyydyttävässä kunnossa, eikä rakenteille ole tarpeellista tehdä raskaita korjaustoimenpiteitä allastilan puolella. Merkittävin yksittäinen toimenpide, jolla rakenteiden käyttöikä voidaan jatkaa, on rakenteiden kosteusrasituksen keventäminen.

Altaan pintarakenteet ovat vielä pääosin tyydyttävässä kunnossa, eikä niille suositella välittömästi raskaita korjaustoimenpiteitä. Pintarakenteiden uusiminen kauttaaltaan voisi kuitenkin järkevää, jos rakennukseen tehdään laajempaa peruskorjausta. Pintarakenteiden lisäksi seuraavan peruskorjauksen yhteydessä tulee korjata liikunta- ja valusaumat.

Betonirakenteiden kosteusrasituksen keventämiseksi rakenteeseen kuitenkin suositellaan asentamaan vedeneriste ja samassa yhteydessä pintarakenteiden uusiminen on välttämätöntä. Vedeneristeen asentamisella rakenteen pitkäaikaiskestävyys paranee.

Altaan ja tasopinnan laatan välinen liittymä sekä muut altaan valusaumat suositellaan korjattavaksi siten, että liittymä tehdään vesitiiviiksi ja myös näin vähennetään altaan ja tasopinnan ulko- ja alapuolisten betoniosien kosteusrasitusta, esimerkiksi vesitiiviillä rakenteellisella liikuntasaumalla.

7.10.2021

Altaiden seinien raudoitus sijaitsee melko syvällä runkorakenteessa, minkä lisäksi betoninäytteiden pinnoissa ei todettu kohonneita kloridipitoisuuksia. Näin ollen raudoitteiden kloridikorroosio ei ole kokonaisuutta tarkastellen merkittävässä riskissä vaurioiden aiheuttajana.

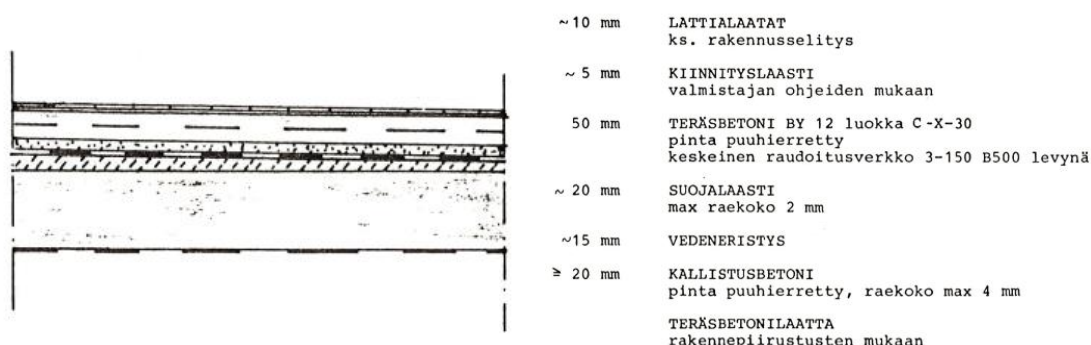
Seuraavan peruskorjauksen yhteydessä altaan betonivauriot tulee korjata betonikorjausmenetelmin. Rakenteessa esiintyvät halkeamat suositellaan injektoitavaksi. Betonirakenteiden korjauksen jälkeen pinnat pinnoitetaan.

Esitettyjen korjaustoimenpiteiden osalta korjaushanke suositellaan aloitettavaksi 1–5 vuoden kuluessa, jolloin vaurioitumisen eteneminen voidaan pysäyttää ja rakenteiden käyttöikää jatkaa.

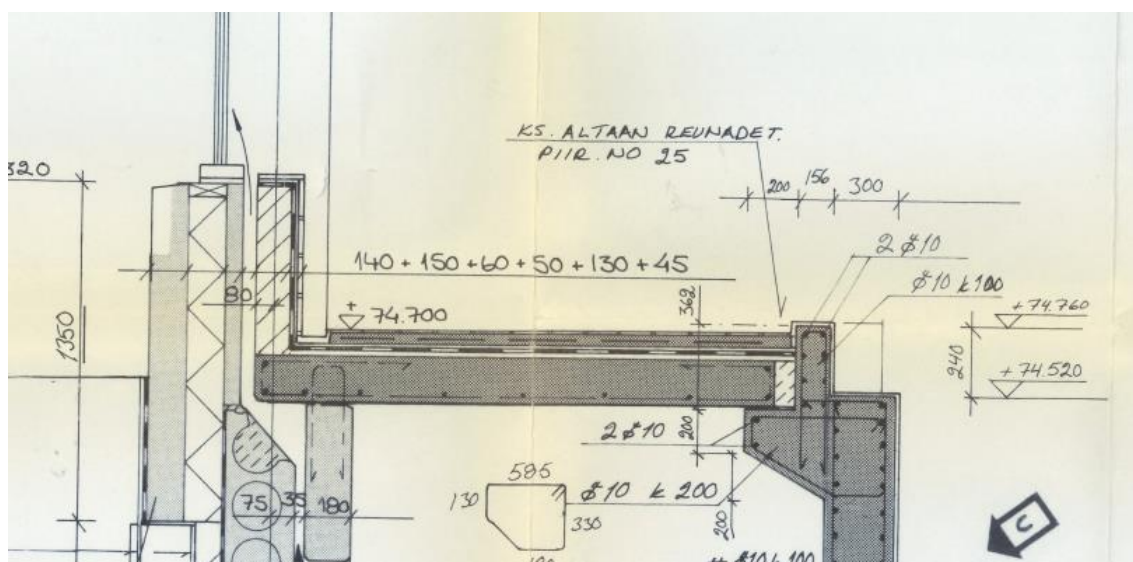
6 Tasopinnat ja pilarit

6.1 Rakenteet

Allashuoneen tasopinnat sijaitsevat altaan ulkopuolella ja ne ovat kannateltu altaan seinältä sekä ulkoseinälinjoilta. Lattiasa on piirustusten mukaan bitumivedeneristys.

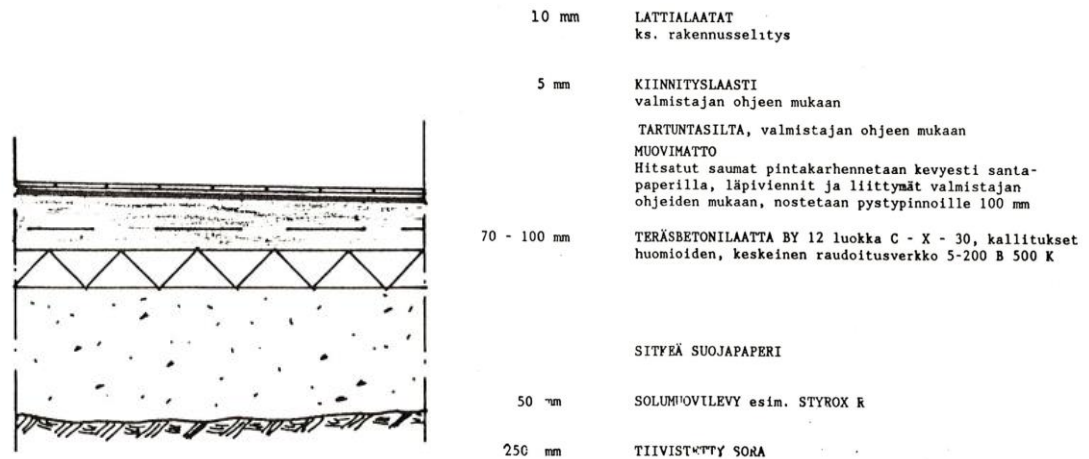


Kuva 33 Välipohjarakenne allastilan ja huoltotilan väliltä. Rakennetyyppi VP5.



Kuva 34 Ote rakennepiirustuksesta RAK153180-24.

7.10.2021



Kuva 35 Alapohjarakenne pesuhuoneissa. Rakennetyyppi AP4.

6.2 Havainnot

Tasopinnat on laatoitettu lasitetulla ja nastoitetulla keraamisella laattalla. Lähtötietojen ja huoltohenkilökunnalta saatujen tietojen mukaan laatoitukset ovat pääosin alkuperäisiä. Laattoja on uusittu monin paikoin lattiassa sekä pilareiden alaosissa.

Tasopinnoilla on kohtalaisen laajasti paikallisia alueita, joissa laatoitus on irti alustastaan. Osa laatoituksen saumoista on kulunut/huuhtoutunut pois. Osa saumoista oli uusittuja.

Allastilan vesikalusteissa sekä muissa allaskalusteissa havaittiin tapahtuneen vähäistä korroosiota.

Tarkempia havaintoja tasopinnoista on esitetty kuvissa 36–41.



Kuva 36 Yleiskuva lattian laatoituksesta. Pilarin alaosista on uusittu monin paikoin laatoituksia.



Kuva 37 Lattialaatoituksia on uusittu monissa kohdissa allastilan puolella.

7.10.2021



Kuva 38 Lattialaatoituksia on uusittu monissa kohdissa suihkutilojen puolella.



Kuva 39 Saumat olivat laaja-alaisesti kuluneita. Osa saumoista oli uusittuja/täytettyjä.



Kuva 40 Saumat olivat laaja-alaisesti kuluneita. Osa saumoista oli uusittuja/täytettyjä.



Kuva 41 Hyppytaidoissa havaittiin korroosiota.

6.3 Laboratoriotutkimukset

Lattiatasoilta ja pilareista porattiin yhteensä 12 poralieriönäytettä. Näytteistä 4 otettiin lattiasta ja 8 pilareiden alaosista. Näytteille suoritettiin laboratoriossa 3 ohuthieanalyysiä (OH), 6 vetokoetta, 3 puristuslujuuskoetta. Lisäksi otettiin 13 jauhenäytettä, joille suoritettiin kloridipitoisuuden (Cl) määrittäminen. Laboratorioanalyysit on kokonaisuudessaan esitetty liitteessä 4.

7.10.2021

Taulukko 21. Pilareista ja lattioista otetut poralieriönäytteet sekä niille suoritettut laboratorioanalyysit.

Näytteen numero	Sijainti	Laboratorioanalyysit
LA1	Lattialaatta	Vetolujuus
LA2	Lattialaatta	Vetolujuus
LA3	Lattialaatta	Vetolujuus
LA4	Lattialaatta	Ohuthie
P1	Pilari A5	Ohuthie
P2	Pilari A7	Vetolujuus
P3	Pilari A8	Puristuslujuus
P4	Pilari A9	Vetolujuus
P5	Pilari B9	Puristuslujuus
P6	Pilari B7	Ohuthie
P7	Pilari B6	Vetolujuus
P8	Pilari B4	Puristuslujuus

Altaan pohjalaatasta otetuista lieriönäytteistä tehtyjen havaintojen perusteella pohjalaatan rakenne on:

- keraaminen laatta
- kiinnityslaasti ~ 2–3 mm
- betoni

Altaan seinästä otetuista lieriönäytteistä tehtyjen havaintojen perusteella seinän rakenne on:

- keraaminen laatta 7 mm
- kiinnityslaasti ~ 2–3 mm
- oikaisuvalu/-laasti 0–20 mm (näytteessä AS10 20 mm)
- betoni

Betonin kloridipitoisuus

Lattia- ja pilarirakenteiden kloridipitoisuudet määriteltiin yhteensä 5 jauhenäytteestä. Kloridinäytteet porattiin 0–30 mm:n syvyydeltä (taulukko 12).

Taulukko 12. Opetusaltaan rakenteiden kloridianalyysin tulokset.

Näyttenumero	Rakenneosa	Cl-pitoisuus, 00–30 mm (paino- %)
CL1	Lattialaatta	0,01
CL2	Lattialaatta	0,04
CL3	Lattialaatta	0,01
CL13	Pilari B4, pilarin alaosa	0,02
CL14	Pilari A5, pilarin alaosa	0,03
CL15	Pilari B6, pilarin alaosa	0,03
CL16	Pilari B7, pilarin alaosa	0,02
CL17	Pilari B8, pilarin alaosa	0,04
CL18	Pilari B9, pilarin alaosa	0,02

7.10.2021

CL19	Pilari, altaan pääty, pilarin alaosa	0,03
CL20	Pilari A9, pilarin alaosa	0,02
CL21	Pilari A8, pilarin alaosa	0,01
CL22	Pilari A7, pilarin alaosa	0,05

Betonin vetolujuus

Betonin vetolujuus määritettiin 6 koekappaleesta (taulukko 13).

Betonin vetolujuuskokeet suoritettiin näytteiden runkobetonille, eli pintarakenteet oli poistettu ennen koekappaleen pinnasta ennen vetolujuuskokeen suorittamista.

Taulukko 13. Lattiat ja pilarit, betonin vetolujuuden määrittäminen

Näytenumero	Vetolujuus (N/mm ²)	Murtotapa
LA1	0,78	Betonin sisäinen murtuma
LA2	3,3	
LA3	1,7	
P2	1,9	
P4	2,3	Betonin sisäinen murtuma
P7	2,2	Betonin sisäinen murtuma

Vetolujuuden ollessa luokkaa 1,5 N/mm² tai yli, näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa (BY42).

*Vetolujuuden ollessa luokkaa 0,5–1,0 N/mm² näytteessä on jonkinasteista rapautumaa (BY42)

Betonin puristuslujuus

Betonin puristuslujuus määritettiin 3 koekappaleesta (taulukko 14).

Puristuslujuus määriteltiin näytteiden runkobetonille.

Taulukko 14. Pilarit, betonin puristuslujuuden määrittäminen

Näytenumero	Kuutiolujuus (MN/m ²)*	Huomiot
P3	72,5	-
P5	92,9	-
P8	89,0	-

Puristuslujuustulokset on muunnettu 150 mm särmäisten kuutioiden puristuslujuudeksi Betoninormien By 65 2016 kohdan 5.2.3.2 mukaisesti.

Betonin mikrorakennetutkimukset (ohuthietutkimus)

Betonin mikrorakennetutkimus tehtiin 2 poralieriönäytteelle (taulukko 15).

Taulukossa esitetään kootusti ohuthietutkimuksen merkittävimmät havainnot. Ohut-hieanalyysien tarkemmat tulokset on esitetty liitteessä 4.

Betoneiden kunto luokitellaan ohuthietutkimuksissa tarkasteltujen tekijöiden ja ominaisuuksien puolesta asteikolla **hyvä-tydyttävä-välttävä-heikko**.

7.10.2021

Taulukko 15. Pilarit, betonin mikrorakennetutkimukset

Näyttenumero ja rakenneosa	Rakennekerros	Huokostäytteet* (AKR, ETT)	Rapautuneisuus	Betonin kunto	Karbonatisoituminen ulkopinnasta
LA4	Runkobeton	melko runsaasti ETT	Ei	Hyvä	2–3 mm
P1	Pilari	-	Ei	Tyydyttävä / välttävä**	5–6 mm
P6	Pilari	-	Ei	Hyvä	4–5 mm

*) ETT= Ettringiittireaktio, AKR= alkalikiviainesreaktio

**) Betonissa ulkopinnan suuntaisia halkeamia

Raudoitteiden betonipeitemittaukset ja karbonatisoituminen

Raudoitteiden peitepaksuudet mitattiin pilareista yhteensä 46 kappaletta. Terästen syvyydet mitattiin rakenteen ulkopinnasta. Altaan seinän betonin karbonatisoituminen oli edennyt ulkopinnasta 4–6 mm ohuthietutkimuksen perusteella. Altaan seinän sisäpuolelta otettujen näytteiden mittaustuloksista ei ole vähennetty keraamisen laatan ja laastikerroksen paksuutta (n. 9–10 mm), mikä pitää huomioida verratessa peitekerroksen sekä karbonatisoitumis ja kloridimittausten tuloksia tulkittaessa. Allasseinän teräkset sijaitsevat keskimäärin 34 mm syvyydellä ulkopinnasta jakautuen seuraavasti eri syvyyksille:

- 0 % sijaitsee 0–20 mm syvyydellä
- 15 % sijaitsee 21–30 mm syvyydellä
- 76 % sijaitsee 31–40 mm syvyydellä
- loput 9 % sijaitsee yli 40 mm syvyydellä laatan ulkopinnasta mitattuina.

Mittausten perusteella raudoitteita ei sijaitse karbonatisoituneella alueella.

6.4 Johtopäätökset ja toimenpidesuosituks**Johtopäätökset**

Tasopintojen rakenteet ovat pääosin tyydyttävä-hyväkuntoisia. Oikein mitoitetuilla sekä ajoitetuilla korjaustoimenpiteillä rakenteen käyttöikää vielä jatkaa

Tasopintojen pintarakenteet ovat pääosin ehjiä, mutta laattakentissä on useita alueita, jotka ovat irti alustastaan. Todennäköisesti laattojen irtoaminen johtuu alustan muodonmuutoksista sekä puutteista laattojen kiinnityksessä.

Merkittäviä vuotoja ei havaittu itse tasopinnoissa, mutta allasrakenteiden vuotokohdat aiheuttavat myös räsytystä paikoin tasopintojen alaosiin. Vuodot nostavat tason alapinnan betonin kosteusrasitusta, mikä kiihdyttää rakenteiden vaurioitumista. Alapinnan rauditus sijaitsee lähellä rakenteen ulkopintaa, mikä lisää raudoitteen korroosioriskiä.

7.10.2021

Betonin lujuusominaisuudet vastaavat rakenteelle alkuperäisissä suunnitelmissa esitettyjä vaatimuksia. Koekappaleiden puristuslujuudet ylittävät suunnittelumitoituksen arvot.

Vetolujuuden osalta yhdessä näytteessä havaittiin viite mahdollisesta betonin vaurioitumisesta. Muiden näytteiden vetolujuustuloksia voidaan pitää kuitenkin hyvinä, joten kokonaisuus huomioiden vaurioituminen on todennäköisesti vähäistä eikä tällä ole todennäköisesti merkittävää vaikutusta. Näyte on voinut myös vaurioitua näytteenoton yhteydessä.

Betoni luokiteltiin ohuthietutkimuksissa luokkaan hyvä. Lattianäytteen betonin huokosissa havaittiin näytteissä viitteitä runsaasta ettringiittireaktiosta (ETT). Pilarinäytteissä ei havaittu ettringiittikiteytymiä. Ettringiittireaktion tuotteita syntyy usein betonissa, joka altistuu voimakkaalle kosteusrasitukselle, josta voidaan päätellä, että kosteus liikkuu myös rakenteen läpi ja näin lisää betonin raudoitteiden kosteus- sekä kloridirasitusta.

Ettringiittireaktion reaktiotuotteena olevat kiteytymät aiheuttavat betonin pakkasenkestävyyden heikkenemistä, mutta lämpimissä sisätiloissa olevien rakenteiden osalta ettringiittireaktion synnyttämällä kiteytymällä ei ole betonin pitkäaikaiskestävyyteen merkittävää vaikutusta, sillä rakenteisiin ei kohdistu jäätymisrasitusta.

Betonin huokosissa ei todettu merkkejä alkalikiviainesreaktiosta.

Toimenpidesuosituks

Tasopinnan rakenteet ovat vielä pääsääntöisesti melko hyväkuntoisia, eikä rakenteille ole tarpeellista tehdä raskaita korjaustoimenpiteitä. Tasopintojen pintarakenteet ovat koko allastilojen osalta melko hyvin kiinni alustassaan. Merkittävin yksittäinen toimenpide, jolla rakenteen käyttöikää voidaan jatkaa, on rakenteen kosteusrasituksen keventäminen.

Vaikka tasopinnat eivät itsessään vaadi perusteellisia korjauksia, on järkevää uusia tasopinnat samalla uusiksi seuraavan peruskorjauksen yhteydessä. Tuon peruskorjauksen yhteydessä runkorakenteen kosteusrasituksen keventämiseksi rakenteeseen suositellaan asentamaan uudet, nykyaikaiset vedeneristeet. Myös mahdolliset runkorakenteen alkavat betonivauriot tulee korjata samassa yhteydessä, jos tällaisia havaitaan korjausvaiheessa.

Esitettyjen korjaustoimenpiteiden osalta korjaushanke suositellaan aloitettavaksi 1–5 vuoden kuluessa, jolloin vaurioitumisen eteneminen voidaan pysäyttää ja rakenteiden käyttöikää jatkaa.

7 Yhteenveto tärkeimmistä suositeltavista toimenpiteistä

Yleistä

Tutkittujen rakenneosien betoni sekä rakenteet ovat käyttöikään suhteutettuna hyväkuntoista ja täyttävät niille asetetut vaatimukset, eikä rakenteissa ole riskiä rakenteiden äkillisestä pettämisestä, eivätkä havaitut vauriot aiheuta vaaraa tilojen käyttäjille. Kohteessa ei todettu kiireellisiksi todettavia toimenpidetarpeita. Uimahallin allasrakenteita ei ole peruskorjattu, joten teknistä käyttöikää on takana jo 30 vuotta. Täten teknisen

7.10.2021

käyttöiän puolesta allasrakenteiden peruskorjaus tulisi ajankohtaiseksi seuraavien vuosien aikana.

Havaitut vauriot voidaan pääosin korjata siten, että vaurion aiheuttama mekanismi estetään tai pysäytetään esimerkiksi rakenteen rasiustasoa alentamalla, ja näin voidaan jatkaa rakenteen käyttöikä.

Korjaustavan valinnassa suuri vaikutus on tilaajan asettamalla rakenteiden tavoitellulla käyttöiällä sekä täyttävätkö rakenteet niille asetetut vaatimukset turvallisuuden ja terveellisuuden osalta koko tavoitellun käyttöiän aikana. Oikein valituilla ja toteutetuilla korjaustoimenpiteillä voidaan runkorakenteiden käyttöiän olettaa olevan korjaustöiden jälkeen vielä 15–30 vuotta. Uusien pintarakenteiden tekninen käyttöikä uima-allastiloissa on noin 15–20 vuotta.

Uimahallien korjaushankkeiden vaativuudesta johtuen korjaushanke suositellaan aloitettavaksi hankesuunnitelman laadinnalla, jossa käsitellään korjausten tekniset, taloudelliset ja ulkonäköä koskevat seikat. Korjaushankkeen seuraavassa vaiheessa suoritetaan toteutussuunnitteluun liittyvät tehtävät.

Suurin osa esitettävistä korjaustoimenpiteistä edellyttää erillisen yksityiskohtaisten korjaussuunnitelmien laatimisen ennen korjauksiin ryhtymistä ja työmaan aikaisia laadunvarmistus-toimenpiteitä, kuten riittävän purkulaajuuden katselmukset sekä työnaikaiset rakennetekniset katselmukset.

Tutkimusten pisto-koeluonteisuudesta johtuen rakenteissa saattaa olla piileviä vaurioita, joita tämän tutkimuksen avulla ei ole saatu selville tai vaurioiden aste ja laajuus saattavat poiketa tutkimushetkellä todetusta. Näihin seikkoihin tulee myöhemmin varautua mahdollisissa korjaussuunnitteluasiakirjoissa.

5 vuoden kuluessa tehtäväksi suositeltavat toimenpiteet

Uimahallin alkuperäisosan peruskorjaushanke suositellaan käynnistettäväksi teknisen käyttöiän puolesta hankesuunnittelulla seuraavan 1–5 vuoden kuluessa. Hankesuunnitelmassa esitetään korjausten tekniset, taloudelliset ja ulkonäköä koskevat vaatimukset. Hankesuunnittelun jälkeen tehdään varsinainen toteutussuunnittelu. Korjaustoimenpiteiden toteutus suositellaan tehtäväksi heti korjaussuunnitelmien valmistumisen jälkeen, jolloin mahdolliset vaurioiden etenemiset voidaan pysäyttää ja rakenteiden käyttöikä jatkaa.

25 metrin altaan ja opetusaltan betonirakenteiden kosteusrasituksen keventämiseksi altaan rakenteet suositellaan vedeneristettäväksi ja samassa yhteydessä pintarakenteiden uusiminen on välttämätöntä. Samalla tulee tehdä tarvittavat betonikorjaukset altaan runkorakenteisiin. Vedeneristeen asentamisella rakenteiden kosteusrasitusta voidaan vähentää ja käyttöikä pidentää. Samalla myös allashuoneiden tasopintojen pintarakenteet suositellaan uusittavaksi peruskorjauksen yhteydessä kauttaaltaan ja asentamaan vedeneriste.

Altaan ja tasopinnan laatan välinen liittymä suositellaan korjattavaksi siten, että liittymä tehdään vesitiiviiksi ja myös näin vähennetään altaan ja tasopinnan ulko- ja alapuolisten betoniosien kosteusrasitusta, esimerkiksi vesitiiviillä rakenteellisella liikunta- saumalla. Myös valusaumoista tulee korjata tiiviitä.

7.10.2021

Vahanen Rakennusfysiikka Oy
Lappeenrannassa, 7.10.2021



Niko Maurinen
Asiantuntija, Ins. (AMK)



Timo Suhonen
Kuntotutkija (FISE), Ins. (AMK)

Liitteet Liite 1. Tutkimusseloste TT4347
 Liite 2. Pohjakartta (näytteet ja vauriot)

Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaan, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Tutkimusseloste TT 4332

Valkealan uimahalli
Laboratoriotutkimukset

02.09.2021

Tilaajan tiedot

Tilaaja Kouvolan kaupunki
Osoite Torikatu 10
Postinumero 45100
Postitoimipaikka Kouvola
Yhteyshenkilön nimi
Yhteyshenkilön puhelin
Yhteyshenkilön sähköposti

Kohteen tiedot

TT-tunnus 4332
Nimi Valkealan uimahalli
Osoite
Postinumero
Kaupunki
Valmistumisvuosi
Tilauuskoodi LAFY464 / 01
Tilauspäivämäärä 30.7.2021
Erityishuomiot Vahasen yhteyshenkilö: Timo Suhonen

Tutkimukset

Tutkimus	Näytetunnukset	Tutkimuksia yht.
Vetolujuuskoe	LA1, LA2, LA3, AP3, AP6, AS5, AS7, P2, P4, P7	10 kpl
Kloridi	CL1, CL2, CL3, CL4, CL5, CL6, CL7, CL8, CL9, CL10, CL11, CL12, CL13, CL14, CL15, CL16, CL17, CL18, CL19, CL20, CL21, CL22	22 kpl
Ohutietutkimus	LA4, AP2, AP5, AS2, AS3, AS8, AS10, P1, P6	9 kpl
Puristuslujuuden määräyty	AP1, AS1, AS4, AS6, AS9, P3, P5, P8	8 kpl
Muita tutkimuksia:	Lisätietoa:	
Liite 1	Ohutietutkimusraportti (10 sivua)	
Liite 2	Puristuslujuuden määräytysraportti (2 sivua)	
Tutkimusraportti liitteineen	18 sivua	

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

Tämän tutkimuslостeen osittainen kopiointi on kielletty ilman Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n kirjallista lupaa

Näytteet

#	Tunnus	Rakenneos	Pituus (min)	Pituus (max)	Leveys	Ilmansuunta	Tarkenne
1	LA1	lattia	78	80	45		
2	LA2	lattia	100	101	45		
3	LA3	lattia	100	100	45		
4	LA4	lattia	108	111	45		
5	AP1	uima-altaan pohja	105	115	45		
6	AP2	uima-altaan pohja	112	117	45		
7	AP3	uima-altaan pohja	110	121	45		
8	AP5	uima-altaan pohja	66	87	45		
9	AP6	uima-altaan pohja	148	153	45		
10	AS1	uima-altaan seinä	127	127	45		
11	AS2	uima-altaan seinä	153	158	45		
12	AS3	uima-altaan seinä	143	147	45		
13	AS4	uima-altaan seinä	150	155	45		
14	AS5	uima-altaan seinä	131	145	45		
15	AS6	uima-altaan seinä	138	138	45		
16	AS7	uima-altaan seinä	141	147	45		
17	AS8	uima-altaan seinä	151	160	45		
18	AS9	uima-altaan seinä	153	155	45		
19	AS10	uima-altaan seinä	137	145	45		
20	P1	pilari	143	149	45		
21	P2	pilari	105	120	45		
22	P3	pilari	92	120	45		
23	P4	pilari	80	96	45		
24	P5	pilari	140	151	45		
25	P6	pilari	133	146	45		
26	P7	pilari	139	143	45		
27	P8	pilari	143	154	45		
28	CL1	betoni					
29	CL2	betoni					
30	CL3	betoni					
31	CL4	betoni					
32	CL5	betoni					
33	CL6	betoni					
34	CL7	betoni					
35	CL8	betoni					
36	CL9	betoni					
37	CL10	betoni					
38	CL11	betoni					
39	CL12	betoni					
40	CL13	betoni					
41	CL14	betoni					
42	CL15	betoni					
43	CL16	betoni					
44	CL17	betoni					
45	CL18	betoni					
46	CL19	betoni					
47	CL20	betoni					
48	CL21	betoni					
49	CL22	betoni					

VETOLUJUUDEN MÄÄRITYS

 Tutkija: Aaro Happonen
 Tarkastaja: Jere Pylkkänen

Tutkimusmenetelmä

Näytteeseen kohdistetaan aksiaalisesti kuormitus, jota lisätään tasaisesti kappaleen pinta-alasta riippuvalla nopeudella. Laitteesta luettiin vetomurtoa vastaava jännityksen arvo. Betonin vetolujuuden testausmenetelmä on kuvattu standardissa SFS 5445. Betonin tartuntalujuuden testausmenetelmä on kuvattu standardissa SFS 5446. Testaustulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle.

Tulokset

N:o	Rakenneosa	Rakennekerrokset	Ilmansuunta	Tarkenne	Koko pituus [mm]	Päiden tasaus [mm]	Vetopituus [mm]	Vetolujuus [N/mm ²]	Voiman lisäys [N/s]	Murtotapa [%]	Murtopituus ulko- tai yläpinnasta
AP3	uima-altaan pohja	Rakenneosat			110-121	YP 12 AP 58	51	3,7	80	100 A	28-34 yp
AP6	uima-altaan pohja	Rakenneosat			148-153	YP 9 AP 90	54	2,9	80	100 A	2-7 yp
AS5	uima-altaan seinä	Rakenneosat			131-145	UP 12 SP 78	55	3,1	80	100 A	49-55 up
AS7	uima-altaan seinä	Rakenneosat			141-147	UP 30 SP 48	69	2,9	80	100 A	51-60 up
LA1	lattia	Rakenneosat			78-80	YP 3 AP 2	75	0,78	80	100 A	71-74 yp
LA2	lattia	Rakenneosat			100-101	YP 9 AP 26	66	3,3	80	90 A 10 Y/Z	0-5 yp
LA3	lattia	Rakenneosat			100-100	YP 12 AP 26	62	1,7	80	70 A 30 Y/Z	0-9 yp
P2	pilari	Rakenneosat			105-120	UP 16 SP 43	61	1,9	80	70 A 30 Y/Z	0-7 up
P4	pilari	Rakenneosat			80-96	UP 14 SP 16	66	2,3	80	100 A	21-26 up
P7	pilari	Rakenneosat			139-143	UP 14 SP 58	71	2,2	80	100 A	64-68 up

Näytteen AP3 murtopinnassa on halkaisijaltaan 18 mm:n kivi.

Näytteen päidentasauksessa ja murtopituuden määrittämisessä käytetyt lyhenteet

SP = Sisäpinnasta

YP = yläpinnasta

UP = Ulkopinnasta

AP = alapinnasta

Murtotapamerkinnoissä käytetyt lyhenteet:

A alustabetonin sisäinen murtuma

Y/Z liiman ja vetosylinterin

KLORIDIMÄÄRITYS

Tutkija: Terhi Markkula
Tarkastaja: Anna Karpoja

Tutkimusmenetelmä

Laboratorioon toimitettujen näytteiden happoliukoisen kloridipitoisuuden määrittäminen tehdään potentiometrisellä titrauksella standardin SFS-EN 14629 mukaan.
 Analyysituloksen lukuarvolla nolla (0.00) tarkoitetaan tulosta joka alittaa määrittäysrajan 0.01 p-%.

Tulokset

Tunnus	Rakenneosa	Rakennekerros	Ilmansuunta	Pinta	Tarkenne	Tulos [p-%]
CL1	betoni				0...30 mm	0,01
CL2	betoni				0...30 mm	0,04
CL3	betoni				0...30 mm	0,01
CL4	betoni				0...30 mm	0,01
CL5	betoni				0...30 mm	0,01
CL6	betoni				0...30 mm	0,02
CL7	betoni				0...30 mm	0,01
CL8	betoni				0...30 mm	0,01
CL9	betoni				0...30 mm	0,01
CL10	betoni				0...30 mm	0,01
CL11	betoni				0...30 mm	0,02
CL12	betoni				0...30 mm	0,02
CL13	betoni				0...30 mm	0,02
CL14	betoni				0...30 mm	0,03
CL15	betoni				0...30 mm	0,03
CL16	betoni				0...30 mm	0,02
CL17	betoni				0...30 mm	0,04
CL18	betoni				0...30 mm	0,02
CL19	betoni				0...30 mm	0,03
CL20	betoni				0...30 mm	0,02
CL21	betoni				0...30 mm	0,01
CL22	betoni				0...30 mm	0,05

Analyysiin punnitut massat sijoittuvat välille 3,005 - 3,090 g

Laboratorion yhteyshenkilöt

Vahanen Rakennusfysiikka Oy
Linnoitustie 5
FI-02600 Espoo
Puhelin: 0207 698 698
Fax: 0207 698 699

Projektinumero	LAFY464
Yhteyshenkilön nimi	Jere Pylkkänen
Sähköposti	Jere.Pylkkanen@vahanen.com
Tilauksen kirjaajan nimi	Jere Pylkkänen
Sähköposti	Jere.Pylkkanen@vahanen.com

Valkealan uimahalli, ohuthietutkimus

1 Näytteet ja tilaajan toimittamat tiedot

Tutkimuksia varten tilaaja toimitti yhdeksän (9) poraamalla irrotettua näytettä, joiden tunnukset ja irrotuskohdat olivat:

- Näyte AP2, uima-altaan pohja
- Näyte AP5, uima-altaan pohja
- Näyte AS2, uima-altaan seinä
- Näyte AS3, uima-altaan seinä
- Näyte AS8, uima-altaan seinä
- Näyte AS10, uima-altaan seinä
- Näyte LA4, lattia
- Näyte P1, pilari
- Näyte P6, pilari

Tutkimuskohde on Valkealan uimahalli.

2 Tutkimukset

Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n laboratoriossa näytteistä valmistettiin ohuthietutkimuksia varten petrografiset ohuthieet. Ohuthieiden koko on 25 x 75 mm.

Ohuthietutkimus on akkreditoitu menetelmä. Ohuthieiden preparointi- ja tutkimusmenetelmä on esitetty standardeissa ASTM C856/C856M-20 ja NT Build 381. Kiviainekset on luokiteltu Betonin kiviainekset 2018, BY 43 mukaisesti. Ohuthieet tutkittiin Leica DM2700P-polarisaatio- ja fluoresenssimikroskoopilla.

Betonien kunto luokitellaan tutkimuksessa tarkasteltavien ominaisuuksien ja tekijöiden perusteella seuraavalla asteikolla:

- **Hyvä** - Ei vaurioitumisesta tai rapautumisesta johtuvaa halkeilua, ei sideaineen liukenemista, ei kiteytymiä huokosissa, betonin laatu hyvä
- **Tyydyttävä** – Pakkasrasituksen tai muun tekijän aiheuttamaa alkavaa/lievää säröilyä, sideainetta on liennut, jonkin verran kiteytymiä huokosissa ja/tai säröissä, betonin laatu melko huono, betonin karbonatisoituminen kohtalaisen voimakasta
- **Välttävä** - Kohtalaista pakkasrasituksesta tai muista tekijöistä aiheutuvaa halkeilua, runsasta kiteytymistä huokosissa ja/tai halkeamissa, betonin laatu erittäin huono, betonin karbonatisoituminen voimakasta

- **Heikko** - Voimakasta pakkashalkeilua tai muista tekijöistä johtuvaa voimakasta halkeilua, runsasta kiteytymistä huokosissa ja halkeamissa, betoni on voimakkaasti rapautunutta.

Tutkimukset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

3 Tulokset

Uima-allasnäytteet

Näyte AP2, uima-altaan pohja

Ohuthie tehtiin rakenteen yläpinnasta 75 mm:n syvyydelle (poralierion kokonaispituus 112–117 mm, katkaistu).

Betonin pinnassa ei näytteessä ollut laastia tai laattaa.

Betoni on rakenteeltaan homogeenista ja tiivistä.

Karkea kiviaines on rapautumatonta graniittista kiveä. Kiviaineksen raemuoto on osittain pyöristynyt. Potentiaalisesti alkalireaktiivista kiviainesta (deformoitunut osa graniittia) on erittäin vähän. Suurin raekoko näytteessä on 12 mm. Hieno kiviaines on pääosin kvartsia, maasälpää ja silikaattimineraaleista koostuvia kivilajifragmentteja. Hienon kiviaineksen joukossa on vähän, alle 1 %, kiillemineraaleja. Kiviaineksen raekokojakautuma on jatkuva.

Betonissa ei todettu alkalikiviainesreaktiota (AKR).

Betonin sementtikiven määrä (pasta-%) on tavanomainen. Sideaine on portlandsementtiä, jossa on seosaineena jonkin verran kalkkikivijauhetta ja lentotuhkaa. Betonin vesi-sideainesuhdetta ei voida tarkkaan määritellä lentotuhkasta johtuen. Sementin hydrataatioaste on melko korkea. Betoni on karbonatisoitunut yläpinnasta 5 - 6 mm:n syvyydelle.

Betoni on huokostamatonta. Tiivistyshuokosia on vähän tasaisesti jakautuneena. Huokosissa on vähän ettringiittikiteytymiä.

Betonissa on heikkoa kutistumasäröilyä.

Näyte AP5, uima-altaan pohja

Ohuthie tehtiin rakenteen yläpinnasta 75 mm:n syvyydelle (poralierion kokonaispituus 66–87 mm, katkaistu).

Näytteessä on yläpinnasta alkaen lueteltuina seuraavat materiaalikerrokset:

- Kiinnityslaasti, $\approx$ 2-3 mm
- Betoni

Kiinnityslaasti on sementtilaastia, jossa on hyvin särmikästä, hienojakoista kvartsifilieriä. Tartuntarajapinta betoniin on tiivis.

Betoni on rakenteeltaan homogeenista ja tiivistä.

Karkea kiviaines on rapautumatonta graniittista kiveä. Kiviaineksen raemuoto on osittain pyöristynyt. Potentiaalisesti alkalireaktiivista kiviainesta (deformoitunut osa graniittia) on erittäin vähän. Suurin raekoko näytteessä on 14 mm. Hieno kiviaines on pääosin kvartsia, maasälpää ja silikaattimineraaleista koostuvia kivilajifragmentteja. Hienon kiviaineksen joukossa on vähän, alle 1 %, kiillem mineraaleja. Kiviaineksen raekokojakautuma on jatkuva.

Betonissa ei todettu alkalikiviainesreaktiota (AKR).

Betonin sementtikiven määrä (pasta-%) on tavanomainen. Sideaine on portlandsementtiä, jossa on seosaineena jonkin verran kalkkikivijauhetta ja lentotuhkaa. Betonin vesi-sideainesuhdetta ei voida tarkkaan määritellä lentotuhkasta johtuen. Sementin hydrataatioaste on melko korkea. Betoni on karbonatisoitunut yläpinnasta 1 - 2 mm:n syvyydelle.

Betoni on huokostamatonta. Tiivistyshuokosia on vähän tasaisesti jakautuneena. Joissakin huokosissa on vähän ettringiittikiteytymiä.

Betonissa on heikkoa kutistumasäröilyä.

Näyte AS2, uima-altaan seinä

Ohuthie tehtiin rakenteen ulkopinnasta 75 mm:n syvyydelle (poralieriön kokonaispituus 153–119 mm, katkaistu).

Näytteessä on ulkopinnasta alkaen lueteltuina seuraavat materiaalikerrokset:

- Keraaminen laatta, ≈ 7 mm
- Kiinnityslaasti, ≈ 2 -3 mm
- Oikaisuvalu/-laasti, ≈ 30 mm
- Betoni

Kiinnityslaasti on sementtilaastia, jossa on hyvin särmikästä, hienojakoista kvartsifilleriä.

Oikaisuvalu/-laasti on erittäin huokoista ja harvaa sementtilaastia.

Laatan, laastien ja betonin tartuntarajapinnat ovat tiiviit.

Betoni on rakenteeltaan homogeenista ja tiivistä.

Karkea kiviaines on rapautumatonta graniittista kiveä. Kiviaineksen raemuoto on osittain pyöristynyt. Potentiaalisesti alkalireaktiivista kiviainesta (deformoitunut osa graniittia) on erittäin vähän. Suurin raekoko näytteessä on 14 mm. Hieno kiviaines on pääosin kvartsia, maasälpää ja silikaattimineraaleista koostuvia kivilajifragmentteja. Hienon kiviaineksen joukossa on vähän, alle 1 %, kiillem mineraaleja. Kiviaineksen raekokojakautuma on jatkuva.

Betonissa ei todettu alkalikiviainesreaktiota (AKR).

Betonin sementtikiven määrä (pasta-%) on tavanomainen. Sideaine on portlandsementtiä, jossa on seosaineena jonkin verran kalkkikivijauhetta ja lentotuhkaa. Betonin vesi-sideainesuhdetta ei voida tarkkaan määritellä lentotuhkasta johtuen. Sementin hydrataatioaste on melko korkea. Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta 1 - 2 mm:n syvyydelle.

Betoni on huokostamatonta. Tiivistyshuokosia on vähän tasaisesti jakautuneena. Huokosissa on vähän ettringiittikiteytymiä.

Betonissa on heikkoa kutistumasäröilyä.

Näyte AS3, uima-altaan seinä

Ohuthie tehtiin rakenteen ulkopinnasta 75 mm:n syvyydelle (poralieriön kokonaispituus 143–147 mm, katkaistu).

Näytteessä on ulkopinnasta alkaen lueteltuina seuraavat materiaalikerrokset:

- Kiinnityslaasti, $\approx$ 2-3 mm
- Betoni

Kiinnityslaasti on sementtilaastia, jossa on hyvin särmikästä, hienojakoista kvartsifilleriä. Tartuntarajapinnassa betoniin on huokosia ja osalla tartuntaa ruskeaa ruosteen kaltaista ainetta.

Betoni on rakenteeltaan homogeenista ja tiivistä.

Karkea kiviaines on rapautumatonta graniittista kiveä. Kiviaineksen raemuoto on osittain pyörästynyt. Potentiaalisesti alkalireaktiivista kiviainesta (deformoitunut osa graniittia) on erittäin vähän. Suurin raekoko näytteessä on 10 mm. Hieno kiviaines on pääosin kvartsia, maasälpää ja silikaattimineraaleista koostuvia kivilajifragmentteja. Hienon kiviaineksen joukossa on vähän, alle 1 %, kiillemineraaleja. Kiviaineksen raekokojakautuma on jatkuva.

Betonissa ei todettu alkalikiviainesreaktiota (AKR).

Betonin sementtikiven määrä (pasta-%) on tavanomainen. Sideaine on portlandsementtiä, jossa on seosaineena jonkin verran kalkkikivijauhetta ja lentotuhkaa. Betonin vesi-sideainesuhdetta ei voida tarkkaan määritellä lentotuhkasta johtuen. Sementin hydrataatioaste on melko korkea. Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta 1 - 2 mm:n syvyydelle.

Betoni on huokostamatonta. Tiivistyshuokosia on vähän tasaisesti jakautuneena. Joissakin huokosissa on vähän ettringiittikiteytymiä.

Betonissa on heikkoa kutistumasäröilyä.

Näyte AS8, uima-altaan seinä

Ohuthie tehtiin rakenteen ulkopinnasta 75 mm:n syvyydelle (poralieriön kokonaispituus 151–160 mm, katkaistu).

Betonin pinnassa ei ohuthienäytteessä ollut laastia tai laattaa.

Betoni on rakenteeltaan homogeenista ja tiivistä.

Karkea kiviaines on rapautumatonta graniittista kiveä. Kiviaineksen raemuoto on osittain pyörästynyt. Potentiaalisesti alkalireaktiivista kiviainesta (deformoitunut osa graniittia) on erittäin vähän. Suurin raekoko näytteessä on 12 mm. Hieno kiviaines on pääosin kvartsia, maasälpää ja silikaattimineraaleista koostuvia kivilajifragmentteja. Hienon kiviaineksen joukossa on vähän, alle 1 %, kiillemineraaleja. Kiviaineksen raekokojakautuma on jatkuva.

Betonissa ei todettu alkalikiviainesreaktiota (AKR).

Betonin sementtikiven määrä (pasta-%) on tavanomainen. Sideaine on portlandsementtiä, jossa on seosaineena jonkin verran kalkkikivijauhetta ja lentotuhkaa. Betonin vesi-sideainesuhdetta ei voida tarkkaan määritellä lentotuhkasta johtuen. Sementin hydrataatioaste on melko korkea. Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta 1 - 2 mm:n syvyydelle.

Betoni on huokostamatonta. Tiivistyshuokosia on vähän tasaisesti jakautuneena. Huokosissa ei ole kiteytymiä.

Betonissa on heikkoa kutistumasäröilyä.

Näyte AS10, uima-altaan seinä

Ohuthie tehtiin rakenteen ulkopinnasta 75 mm:n syvyydelle (poralierion kokonaispituus 137–145 mm, katkaistu).

Näytteessä on ulkopinnasta alkaen lueteltuina seuraavat materiaalikerrokset:

- Kiinnityslaasti, $\approx$ 2-3 mm
- Oikaisuvalu/-laasti, $\approx$ 20 mm
- Betoni

Kiinnityslaasti on sementtilaastia, jossa on hyvin särmikästä, hienojakoista kvartsifilieriä.

Oikaisuvalu/-laasti on erittäin huokoista ja harvaa sementtilaastia.

Laatan, laastien ja betonin tartuntarajapinnat ovat tiiviit.

Betoni on rakenteeltaan hieman epähomogeenista ja harvaa johtuen tiivistyshuokosten suuresta määrästä ja epätasaisesta jakautumisesta.

Karkea kiviaines on rapautumatonta graniittista kiveä. Kiviaineksen raemuoto on osittain pyörästynyt. Potentiaalisesti alkalireaktiivista kiviainesta (deformoitunut osa graniittia) on erittäin vähän. Suurin raekoko näytteessä on 12 mm. Hieno kiviaines on pääosin kvartsia, maasälpää ja silikaattimineraaleista koostuvia kivilajifragmentteja. Hienon kiviaineksen joukossa on vähän, alle 1 %, kiillemineraaleja. Kiviaineksen raekokojakautuma on jatkuva.

Betonissa ei todettu alkalikiviainesreaktiota (AKR).

Betonin sementtikiven määrä (pasta-%) on tavanomainen. Sideaine on portlandsementtiä, jossa on seosaineena jonkin verran kalkkikivijauhetta ja lentotuhkaa. Betonin vesi-sideainesuhdetta ei voida tarkkaan määritellä lentotuhkasta johtuen. Sementin hydrataatioaste on melko korkea. Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta 3 - 8 mm:n syvyydelle.

Betoni on huokostamatonta. Tiivistyshuokosia on melko paljon epätasaisesti jakautuneena. Huokosissa ei ole kiteytymiä.

Betonissa on hyvin heikkoa kutistumasäröilyä.

Lattianäyte

Näyte LA4, lattia

Ohuthie tehtiin rakenteen yläpinnasta 75 mm:n syvyydelle (poralierion kokonaispituus 108–111 mm, katkaistu).

Näytteessä on ulkopinnasta alkaen lueteltuina seuraavat materiaalikerrokset:

- Keraaminen laatta, $\approx$ 7 mm
- Kiinnityslaasti, $\approx$ 2-3 mm
- Betoni

Kiinnityslaasti on sementtilaastia, jossa on hyvin särmikästä, hienojakoista kvartsifilieriä.

Laatan, laastin ja betonin **tartuntarajapinnat ovat tiiviit**.

Betoni on rakenteeltaan homogeenista, mutta laastimaista johtuen kiviaineksen pienestä raekoosta: suurin raekoko on 4 mm.

Karkea kiviaines on rapautumatonta graniittista kiveä. Potentiaalisesti alkalireaktiivista kiviainesta (deformoitunut osa graniittia) on erittäin vähän. Kiviaineksen raemuoto on osittain pyöristynyt. Hieno kiviaines on pääosin kvartsia, maasälpää ja silikaattimineeraaleista koostuvia kivilajifragmentteja. Hienon kiviaineksen joukossa on vähän, alle 1 %, kiillemineraaleja. Kiviaineksen raekokajakautuma on jatkuva.

Betonissa ei todettu alkalikiviainesreaktiota (AKR).

Betonin sementtikiven määrä (pasta-%) on tavanomainen. Sideaine on portlandsementtiä, jossa on seosaineena jonkin verran kalkkikivijauhetta ja lentotuhkaa. Betonin vesi-sideainesuhdetta ei voida tarkkaan määritellä lentotuhkasta johtuen. Sementin hydrataatioaste on melko matala. Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta 2 - 3 mm:n syvyydelle.

Betoni on huokostamatonta. Tiivistyshuokosia on melko vähän tasaisesti jakautuneena. Huokosissa on melko runsaasti ettringiittikiteytymiä.

Betonissa on heikkoa kutistumasäröilyä.

Pilarinäytteet

Näyte P1, pilari

Ohuthie tehtiin rakenteen ulkopinnasta 75 mm:n syvyydelle (poralierion kokonaispituus 143–149 mm, katkaistu).

Näytteessä on ulkopinnasta alkaen lueteltuina seuraavat materiaalikerrokset:

- Laasti/tasoite, kaksi kerrosta, yhteispaksuus 2 mm
- Betoni

Laastit ovat sementtilaasteja. Ulommassa laastikerroksessa on hiekkana luonnonhiekkia ja alemmassa kalkkikivi ja luonnonhiekkia.

Laastien ja betonin tartuntarajapinnat ovat tiiviit.

Betoni on rakenteeltaan melko homogeenista.

Karkea kiviaines on rapautumatonta graniittista kiveä. Kiviaineksen raemuoto on osittain pyöristynyt. Potentiaalisesti alkalireaktiivista kiviainesta (deformoitunut osa graniittia) on erittäin vähän. Suurin raekoko näytteessä on 10 mm. Hieno kiviaines on pääosin kvartsia, maasälpää ja silikaattimineraaleista koostuvia kivilajifragmentteja. Hienon kiviaineksen joukossa on vähän, alle 1 %, kiillemineraaleja. Kiviaineksen raekokojakautuma on jatkuva.

Betonissa ei todettu alkalikiviainesreaktiota (AKR).

Betonin sementtikiven määrä (pasta-%) on tavanomaista suurempi. Sideaine on portlandsementtiä, jossa on seosaineena jonkin verran kalkkikivijauhetta. Betonin vesi-sideainesuhde on tavanomainen. Sementin hydrataatioaste on korkea. Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta 5 - 6 mm:n syvyydelle.

Betoni on huokostamatonta. Tiivistyshuokosia on jonkin verran tasaisesti jakautuneena. Huukosissa ei ole kiteytymiä.

Betonissa on ulkopinnan suuntaiset halkeamat 13, 30 ja 45 mm:n syvyydellä ulkopinnasta. Lisäksi betonissa on hyvin heikkoa kutistumasäröilyä.

Näyte P6, pilari

Ohuthie tehtiin rakenteen ulkopinnasta 75 mm:n syvyydelle (poralierion kokonaispituus 133–146 mm, katkaistu).

Näytteessä on ulkopinnasta alkaen lueteltuina seuraavat materiaalikerrokset:

- Laasti/tasoite, yksi kerros, paksuus n. 1 mm
- Betoni

Laasti on sementtilaastia, jossa hiekkana on luonnonhiekkia. Tartuntarajapinta betoniin on tiivis.

Betoni on rakenteeltaan homogeenista.

Karkea kiviaines on rapautumatonta graniittista kiveä. Kiviaineksen raemuoto on osittain pyöristynyt. Potentiaalisesti alkalireaktiivista kiviainesta (deformoitunut osa graniittia) on erittäin vähän. Suurin raekoko näytteessä on 9 mm. Hieno kiviaines on pääosin kvartsia, maasälpää ja silikaattimineraaleista koostuvia kivilajifragmentteja. Hienon kiviaineksen joukossa on vähän, alle 1 %, kiillemineraaleja. Kiviaineksen raekokojakautuma on jatkuva.

Betonissa ei todettu alkalikiviainesreaktiota (AKR).

Betonin sementtikiven määrä (pasta-%) on tavanomaista suurempi. Sideaine on portlandsementtiä, jossa on seosaineena jonkin verran kalkkikivijauhetta. Betonin vesi-sideainesuhde on tavanomainen. Sementin hydrataatioaste on korkea. Betoni on karbonisoitunut ulkopinnasta 4 - 5 mm:n syvyydelle.

Betoni on huokostamatonta. Tiivistyshuokosia on vähän tasaisesti jakautuneena. Huokosissa ei ole kiteytymiä.

Betonissa on hyvin heikkoa kutistumasäröilyä.

4 Tulosten tarkastelu

Betoneiden kunto luokiteltiin ohuthietutkimuksissa tarkasteltujen tekijöiden ja ominaisuuksien puolesta asteikolla **hyvä-tyydyttävä-välttävä-heikko**.

Jos luokittelutulos on hyvä, ei luettelossa ole esitetty luokittelun perusteluja. Keskeiset tutkimustulokset on esitetty luokittelun jälkeen.

- Näyte AP2, uima-altaan pohja
 - o **hyvä**
- Näyte AP5, uima-altaan pohja
 - o **hyvä**
- Näyte AS2, uima-altaan seinä
 - o **hyvä**
- Näyte AS3, uima-altaan seinä
 - o **hyvä**
- Näyte AS8, uima-altaan seinä
 - o **hyvä**
- Näyte AS10, uima-altaan seinä
 - o **hyvä / tyydyttävä**: betoni harvaa, runsaasti tiivistyshuokosia
- Näyte LA4, lattia
 - o **hyvä**

- Näyte P1, pilari
 - o **tyydyttävä / välttävä**: betonissa ulkopinnan suuntaisia halkeamia
- Näyte P6, pilari
 - o **hyvä**

Pintamateriaalit

Osassa näytteitä on keraaminen laatta ja kiinnityslaasti. Kiinnityslaasti on sementtilaastia, jossa on hyvin särmikästä, hienojakoista kvartsifilleriä.

Altaan seinän näytteissä AS2 ja AS10 on lisäksi oikaisuvalu/-laasti, joka on erittäin huokoista ja harvaa sementtilaastia. Laastikerroksen paksuus on 30 mm näytteessä AS2 ja 20 mm näytteessä AS10.

Pilarinäytteessä P1 on betonin pinnassa kaksi laastikerrosta, yhteispaksuus 2 mm. Laastit ovat sementtilaasteja. Ulommassa laastikerroksessa on hiekkana luonnonhiekkä ja alemmassa kalkkikivi ja luonnonhiekkä. Pilarinäytteessä P6 on yksi laastikerros, joka on samaa laastia, kuin näytteen P1 ulompi laastikerros.

Laattojen, laastien ja betonin tartuntarajapinnat ovat tiiviit. Altaan seinän näytteessä AS3 kiinnityslaastin ja betonin tartuntarajapinnassa betoniin on huokosia ja osalla tartuntaa ruskeaa ruosteen kaltaista ainetta.

Betonit

Tutkituissa rakenteissa on käytetty hyvin samanlaista betonia.

Betoni on rakenteeltaan pääasiassa homogeenista ja tiivistä. Näytteen LA2 betoni on laastimaista johtuen kiviaineksen pienestä raekoosta: suurin raekoko on 4 mm.

Betoneiden karkea kiviaines on rapautumatonta graniittista kiveä. Potentiaalisesti alkalireaktiivista kiviainesta (deformoitunut osa graniittia) on erittäin vähän. Hieno kiviaines on pääosin kvartsia, maasälpää ja silikaattimineraaleista koostuvia kivilajifragmentteja. Hienon kiviaineksen joukossa on vähän, alle 1 %, kiillemineraaleja. Kiviaineksen raekokojakautuma on jatkuva.

Yhdessäkään näytteessä ei todettu alkalikiviainesreaktiota (AKR).

Muissa betoneissa sementtikiven määrä (pasta-%) on tavanomainen, mutta pilaribetonissa tavanomaista suurempi. Sideaine on portlandsementtiä, jossa on seosaineena jonkin verran kalkkikivijauhetta ja lentotuhkaa. Betonin vesi-sideainesuhdetta (v/s) ei voida tarkkaan määritellä lentotuhkasta johtuen.

Pilaribetonissa seosaineena on vain kalkkikivijauhetta ja betonin v/s on tavanomainen.

Sementin hydrataatioaste betoneissa on enimmäkseen melko korkea.

Karbonatisoitumissyvytydet ovat pieniä; 1 - 8 mm.

Käytetty betoni on huokostamatonta. Tiivistyshuokosia on pääasiassa vähän tasaisesti jakautuneena. Poikkeuksen tekee näyte AS10, jossa on runsaasti tiivistyshuokosia.

Betoneiden huokosissa on kiteytymiä vain vähän tai ei lainkaan. Ainoan poikkeuksen tekee lattianäyte LA4, jonka huokosissa on melko runsaasti ettringiittikiteytymiä.

Pilarinäytteen P1 betonissa on ulkopinnan suuntaiset halkeamat 13, 30 ja 45 mm:n syvyydellä ulkopinnasta. Muutoin P1 näytteessä ja muissa näytteissä on vain heikkoa kutistumasäröilyä.

Espoossa 2.9.2021



Hannu Pyy, TkL
Erityisasiantuntija



Sonja Nieminen, Ins. AMK
Erityisasiantuntija

Vahanen Rakennusfysiikka Oy, Laboratorio on FINAS – akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T328, akkreditointivaatimus SFS-EN ISO/IEC 17025. Akkreditoinnin piiriin kuuluvat petrografinen ohuthieanalyysi ja betonin ilmahuokosparametrien määrittäminen ohuthieistä.

Tämän asiakirjan osittainen kopiointi on kielletty ilman Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n kirjallista lupaa.

Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n laboratorio ei vastaa tilaajan toimittamien tietojen oikeellisuudesta.

Asiakas: Kouvolan kaupunki
Projekti: LAFY464 / 01

Tilaus: 30.7.2021

Tekijä: Vahanen Rakennusfysiikka Oy, Linnoitustie 5, 02600 Espoo
Jere Pylkkänen, Puh: 044 7788 644, jere.pylkkanen@vahanen.com

SFS-EN 12504-1:2019 Betonin testaus rakenteista. Osa 1: **Poratut koekappaleet**

Kohde: Valkealan uimahalli

Näytteiden toimitus: Tilaaja toimitti 8 kpl poralieriöitä laboratorioon 30.7.2021.

Koekappaleiden tiedot: ks. taulukko 1

Porauspäivämäärä: -

Testauspäivä: 26.8.2021

Toimenpiteet laboratoriossa ja testaus

Poralieriöt olivat saapuessa vailla kosteuden haihtumista estävää suojausta. Poralieriöitä säilytettiin ennen käsittelyä laboratorio-olosuhteissa 20 ± 5 °C.

Poralieriöistä sahattiin koekappaleet ja niiden päädyt hiottiin siten, että korkeuden ja halkaisijan suhde oli 1:1 standardin SFS-EN 12390-1:2013 mukaisesti.

Koekappaleita säilytettiin sahauksen ja hionnan jälkeen laboratorio-olosuhteissa 16-24 tuntia ennen koestusta standardin SFS-EN 12504-1:2019 mukaisesti.

Koekappaleiden tiheydet määritettiin standardin SFS-EN 12390-7:2019 mukaisesti toimitustilassa käyttäen koekappaleen massan ja mittojen mitattuja arvoja. Halkaisijaltaan < 100 mm koekappaleiden koko on kuitenkin standardin vaatimusta pienempi, joten tiheysmäärittelyn tulos on suuntaa antava.

Koekappaleiden pinnalta mitattuna betonin kiviaineksen maksimiraekoko oli 15 mm.

Puristuslujuudet määritettiin standardin SFS-EN 12390-3:2019 mukaisesti. Puristuslujuuden testaus suoritettiin Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n laboratorion Form + Test Alpha 3-3000 AR -laitteella.

Testaustulokset näytteistä on esitetty taulukossa 1.

Mahdolliset poikkeamat standardimenetelmästä tai poikkeamat koekappaleissa:

Koekappaleiden pienen testaus pinta-alan vuoksi koestuksessa käytettiin lisänivelä.

Koekappaleille koestuksessa mitattu murtokuorma on alle koestuslaitteiston määritetyn mittausalueen alarajan (200 kN). Näin ollen lujuudet ovat vain suuntaa antavia.

Koekappaleiden suorakulmaisuus ei täyttänyt standardin vaatimuksia.

Tulokset

Taulukko 1. Koekappaleiden puristuslujuudet.

tunnus	a) mitat, muoto (mm)	tiheys (kg/m ³)	murtokuorma (kN)	lujuus (MPa)
AP1	L 45x45	2290	105,0	66,0
AS1	L 45x45	2290	105,1	66,1
AS4	L 45x44	2310	89,4	56,2
AS6	L 45x46	2300	110,0	69,2
AS9	L 45x46	2280	86,4	54,3
P3	L 45x47	2320	115,3	72,5
P5	L 45x45	2360	147,8	92,9
P8	L 45x47	2330	141,5	89,0

a) Mitat: Lieriönäytteissä (L) Ø x h.

Espoossa 30.8.2021

Vahanen Rakennusfysiikka Oy



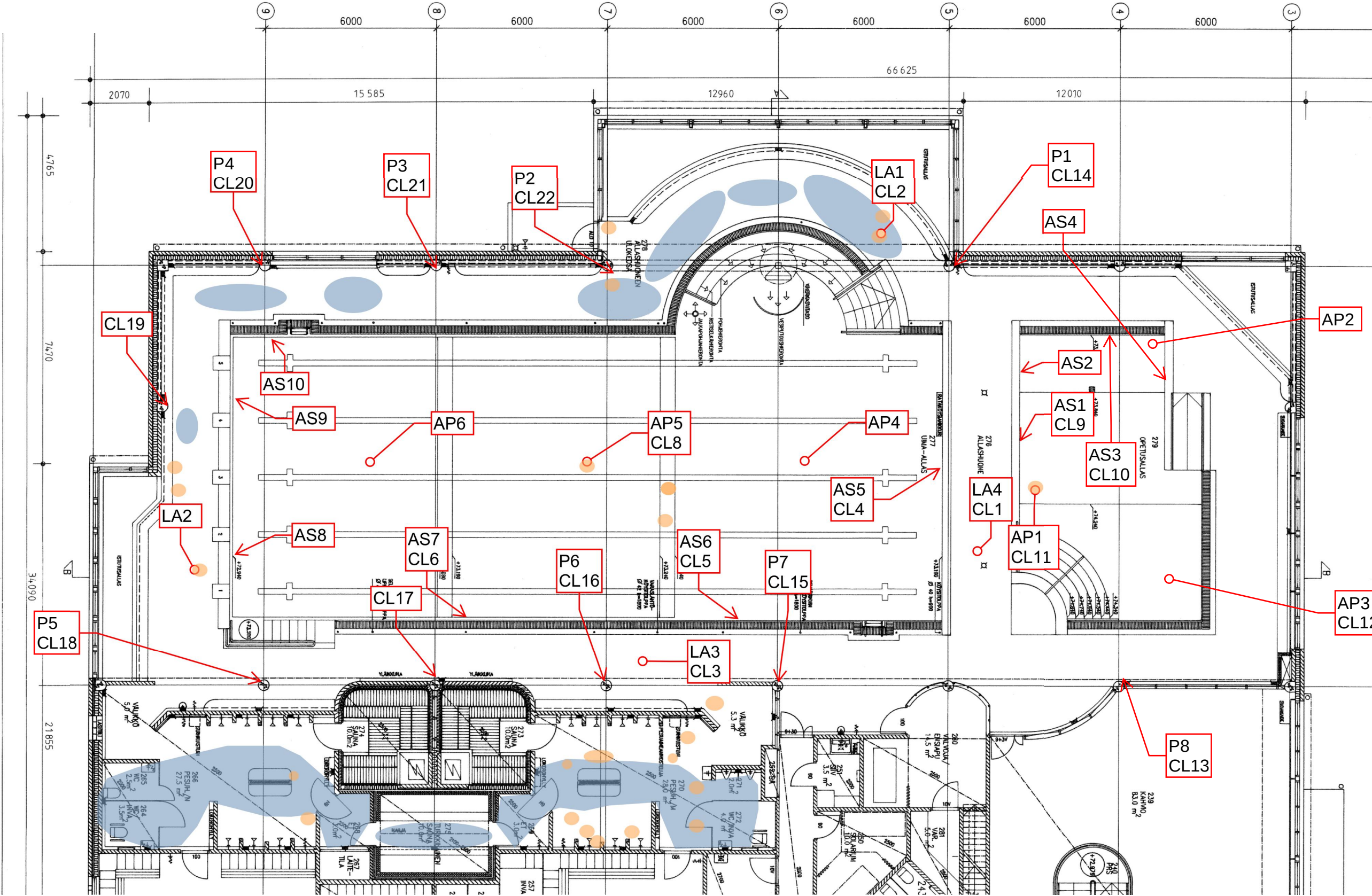
Jere Pylkkänen
Laborantti



Mika Oikari
Vanhempi asiantuntija

Tulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille.

Tämän asiakirjan osittainen kopiointi on kielletty ilman Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n kirjallista lupaa.



2. KERROS

- xxx o näytteenottopaikka
- laatoissa kopoa
- laattasaumat kuluneita

