



KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

Jūrų technikos fakultetas

Statybos katedra

JULIUS PIELIKYS

DEKORATYVIOJO HIDROTECHNINIO BETONO SPALVINIŲ CHARAKTERISTIKŲ KAITA (JACHTŲ UOSTELIO ATVEJIS)

Magistro baigiamasis darbas

Uosto statinių studijų programa

Technologijos mokslų kryptis

Vadovas: Lekt. Dr. A.Štuopys

Klaipėda, 2013

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

Jūrų technikos fakultetas

Statybos katedra

TVIRTINU_____

Katedros vedėjas

Lekt. Dr.D.Narmontas

DEKORATYVIOJO HIDROTECHNINIO BETONO SPALVINIŲ CHARAKTERISTIKŲ KAITA (JACHTŲ UOSTELIO ATVĖJIS)

Magistro baigiamasis darbas

Recenzentai:

dr.

(data, parašas)

Atliko: magistrantas

J. Pielikys

(data, parašas)

dr.

(data, parašas)

Darbo vadovas:

lekt. dr. A. Štuopys

(data, parašas)

Klaipėda, 2013

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO LYDRAŠTIS

Julius Pielikys

(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė)

Dekoratyviojo hidrotechninio betono spalvinių charakteristikų kaita (Jachtų uostelio atvejis)

(magistro baigiamojo darbo pavadinimas lietuvių kalba)

Patvirtinu, kad magistro baigiamasis darbas parašytas savarankiškai, nepažeidžiant kitiems asmenims priklausančių autorių teisių, visas baigiamasis magistro darbas ar jo dalis nebuvo panaudotas Klaipėdos universitete ir kitose aukštosiose mokyklose.

Julius Pielikys

(magistro baigiamojo darbo autoriaus ir parašas)

Sutinku, kad magistro baigiamasis darbas būtų naudojamas neatlygintinai 5 m. Klaipėdos universiteto studijų procese.

Julius Pielikys

(magistro baigiamojo darbo autoriaus ir parašas)

Pildo magistro baigiamojo darbo vadovas

Magistro

baigiamąjį

darbą

ginti

leidžiu

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

2013 *05 30*
(data)

lekt. dr. Arminas Štuopys

(magistro baigiamojo darbo vadovo vardas, pavardė ir parašas)

Pildo katedros, kuriojančios studijų programą, administratorius (sekretorius)

Baigiamasis darbas įregistruotas Statybos katedroje

2013 - -
(data)

Svetlana Šlisers.....
(katedros sekretorės vardas, pavardė ir parašas)

Pildo katedros, kuriojančios studijų programą, vedėjas

Magistro

baigiamąjį

darbą

ginti

leidžiu

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

2013 *05 30*
(data)

lekt. dr. Darius Narmontas.....
(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

Recenzentais skiriu

lekt. dr. Darius Narmontas.....

doc. dr. Larisa Vasiljeva.....
(įrašyti recenzento vardą, pavardę)

2013 *05 30*
(data)

lekt. dr. Darius Narmontas.....
(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

Klaipėdos universitetas
Jūrų technikos fakultetas
Statybos katedra

Uosto statinių studijų programos baigiamasis magistro darbas

DEKORATYVIOJO HIDROTECHNINIO BETONO SPALVINIŲ CHARAKTERISTIKŲ KAITA (JACHTŲ UOSTELIO ATVEJIS)

Autorius: J. Pielikys
Vadovas: Lekt. Dr. A. Štuopys
Kalba – lietuvių

ANOTACIJA

Baigiamasis magistro darbas yra susijęs su dekoratyviojo hidrotechninio betono spalvinių charakteristikų kaitos tyrimais (jachtų uostelio atvejis). Darbą sudaro dvi dalys: teorinė ir eksperimentinė. Teorinėje dalyje aprašomos spalvų matavimo koordinatinių sistemų, pigmentuoto hidrotechninio betono sudedamosios dalys. Eksperimentinėje dalyje aptariamas stebimas objektas, vertinami pokyčiai jame, tiriama pigmento įtaka betono stipriui, tankiui, kaip nuo pigmento kiekio priklauso spalviniai betono parametrai. Pigmentų ilgalaikiškumas vertintas atliekant stebėjimus istoriniuose objektuose.

Baigiamąjį magistro darbą sudaro 75 puslapiai, 49 paveikslai, 11 lentelių,

Klaipėdos universitetas
Marine Engineering Department
Building Department

Construction Engineering study program in the final master's work

CHANGE OF COLOR PROPERTIES OF THE DECORATIVE HYDROENGINEERING CONCRETE (CASE OF YACHT PORT)

Author: J.Pielikys

Academic supervisor: Lekt. dr. A. Štuopys.

Thesis language – Lithuanian

ANOTATION

Master's thesis theme is the change of color properties of the decorative hydroengineering concrete (case of yacht port). The work consists of two parts: theoretical and experimental. The theoretical part describes the color measurement coordinate systems, pigmented hydrotechnical concrete components and usage of the concrete. In the experimental section discusses the observed object colours and appearance changes it is the physical and mechanical properties change dependence on the pigment amount. There are registered the sights of the colored concrete surface deterioration in the present works.

The final work consists of: 75 pages, 49 pictures, 11 tables,

TURINYS

IVADAS	8
DARBO TIKSLAI IR UŽDAVINIAI	9
1. TEORINĖ DALIS	10
1.1. Spalvos aprašymo metodai	10
1.2. Naudojamos spalvos aprašymo sistemos	12
1.3. Hidrotechninėms betoninėms ir gelžbetoninėms konstrukcijos naudojamo betono reikalavimai	20
1.4. Pigmentų naudojimas betone	25
1.4.1. Standarto LST EN 12878:2005 en „Pigmentai statybinėms medžiagoms cemento ir (arba) kalkių pagrindu dažyti. Techniniai reikalavimai ir tyrimo metodai“ reikalavimai	25
1.4.2. Pagrindinės tvarių pigmentų savybės	27
1.4.3. Pagrindiniai veiksniai, lemiantys pigmentuotų betoninių dirbinių spalvą ir jos ilgaamžiškumą.....	28
1.5. Pigmentuoto betono užpildų specifi­ka	30
Teorinės dalies išvados	38
2. EKSPERIMENTINĖ DALIS	39
2.1. Pagrindinio tyrimo objekto aprašymas	39
2.1.1. Smiltynės jachtų uosto situacija prieš jos rekonstrukciją.....	39
2.1.2. Krantinės veikiantys poveikiai	39
2.1.3. Temperatūra	40
2.1.4. Srovės	40
2.1.5. Bangavimas	40
2.1.6. Ledas	41
2.2. Tyrimuose naudota įranga	42
2.3. Tyrimų duomenys	44
2.3.1. Stebėti apdailinio krantinės betono pokyčiai	44
2.3.2. Kolorimetrijos rezultatai jachtų uostelyje	54
2.4.1. Modeliuojamų kubelių kolorimetriniai parametrai	55
2.5. Kamufliažo dangos tyrimas	59
2.6. Skiedinio ir betono stiprio priklausomybė nuo pigmento kiekio.....	68
IŠVADOS.....	72
LITERATŪRA.....	73
Atskiroje byloje pateikiami priedai:	
1. Priedas Nr 1 (Jachtų uostelio krantinės)	

2. Priedas Nr 2 (Spalvos matavimų rezultatai jachtų uostelyje)
3. Priedas Nr 3 (Drėgnų kubelių spalvinių koeficientų matavimo rezultatai)
4. Priedas Nr 4 (Išdžiovintų kubelių spalvinių koeficientų matavimo rezultatai)
5. Priedas Nr 5 (Sausoje aplinkoje kietėjusių kubelių spalvinių koeficientų matavimo rezultatai)
6. Priedas Nr 6 (Skiedinio kubelių stipriai)
7. Priedas Nr 7 (Kubelių tankio nustatymas)
8. Priedas Nr 8 (Kamufliažo dangos spalvinių koeficientų matavimo rezultatai)

IVADAS

Magistrinio darbo objektas yra 2011 metais pastatas jachtų uostelis Smiltynėje. Architektai pasirinko ne įprastą betono spalvą; siekiant pagyvinti krantines, joms suteikti kitokį vaizdą, buvo pasirinktas pigmentuotas betonas. Betono spalvinimui buvo pasirinktas mineralinis juodos spalvos pigmentas, kurio pagrindinė sudedamoji dalis yra geležies oksidas. Šio pigmento betono mišinyje buvo panaudota neįprastai didelis kiekis – 10% nuo cemento masės. Matyt gaminant apdailines krantinių plokštes buvo tikėtasi, kad pigmentas gali turėti neigiamos įtakos hidrotechninio betono eksploatacinėms savybėms. Todėl šiame darbe siekta fiksuoti per du metus išryškėjusius defektus, bandyta įvardyti jų susidarymo priežastis. Didžiausias dėmesys kreiptas į dekoratyviasias betono dirbinių savybes, jo tvarumo aspektus. Kadangi tokių statinių iš pigmentuoto betono konstrukcijų Lietuvoje nėra daug, tai mums teko jį lyginti su panašios paskirties užsienyje pastatytais statiniais. Atlikta ir daug eksperimentų. Metodiniu požiūriu nauja tai, kad teko pasirinkti adekvatų instrumentinį spalvos koordinačių matavimo metodą.

Beto per 2 studijų metus bandyta kuo visapusiškiau ištirti pigmento įtaką hidrotechniniams statiniams, stebėti jachtų uostelyje atsirandančius pokyčius ir juos vertinti.

DARBO TIKSLAI IR UŽDAVINIAI

Darbo tikslas: nustatyti mažųjų laivų prieplaukų dekoratyviųjų hidrotechninio betono savybių (spalvos intensyvumo ir paviršiaus būklės) kaitos pobūdį, greitį, dėsningumus, patikrinti pasirinktą kolorimetrinių parametrų ir jų kaitos vertinimo metodiką.

Darbo uždaviniai:

1. Išnagrinėti ir aptarti literatūrą apie: spalvotojo betono komponentus, spalvotąjį hidrotechninį betoną ir jo dekoratyviasias savybes, aptarti žinomus betono kolorimetrijos principus ir pasirinkti bei patikrinti adekvatų tokių matavimų metodiką;
2. Įvertinti pigmentų įtaką konglomeratų (skiedinio, betono) technologinėms, fizikinėms ir mechaninėms savybėms;
3. Uostelio konstrukcijų ir analogiškos sudėties konglomeratų bandinių būklės vertinimas pagal pasirinktą kolorimetrinių rodiklių sistemą;
4. Aplinkos sąlygų įtakos hidrotechninio betono spalviniams parametrams modeliavimas;
5. Istorinių dangų (kamufliacinio glaisto, tinko, betono) spalvinio tvarumo vertinimas;

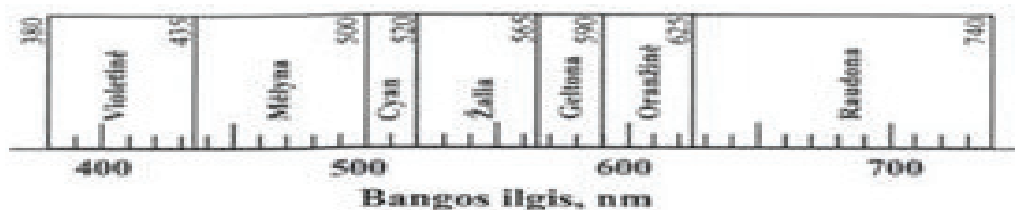
1. TEORINĖ DALIS

1.1. Spalvos aprašymo metodai

Spalva - daiktų gebėjimas sukelti regos pojūtį, atitinkantį tų daiktų skleidžiamos, atspindimos arba praleidžiamos šviesos spektrinę sudėtį ir intensyvumą. Medžiagos spalva kartais būna viena pagrindinių savybių (charakteristikų) jai apibūdinti. Įvairiais atvejais spalvos aprašymo tikslumas gali būti labai įvairus. Kartais užtenka tik žodžiu apibūdinti spalvą, pavyzdžiui: mėlyna, žalia, raudona ir t. t. Kitais atvejais reikia apibūdinti ją daug tiksliau, remiantis šiuolaikiniais spalvų aprašymo parametrais. Spalva priklauso nuo terpės, kuria sklinda šviesa (dūmai, rūkas), šviesos šaltinio cheminės sudėties (neono lempa) ir t. t. Yra žinoma, kad nepriklausomai nuo fizikinių (optinių) faktorių spalvos suvokimas priklauso nuo fiziologinių stebėtojo savybių, taip pat ir nuo jo fizinės ir psichinės būklės spalvos nustatymo momentu. Yra atlikta ir aprašyta nemaža eksperimentų, kurie rodo, kad žmogaus akies fiksuojama spalva keičiasi, keičiantis aplinkos apšviestumui, žmogaus būklei ir t. t. Taigi atsiranda poreikis aprašyti spalvą skaitmeninėmis charakteristikomis, kad skirtingų stebėtojų ir skirtingose vietose ji būtų apibūdinama vienodai.

Pirmasis spalvą skaitmenimis aprašė I. Niutonas (Isaac Newton), kai jam buvo 23 metai (1666 m.). Jis atrado, kad nukreipus skirtingų spalvų spindulius į vieną tašką šviesą išsklaidančiame paviršiuje ir juos sumaišius, galima gauti naujas spalvas, visai nepanašias į pradinių šaltinių spalvas. Jis įsitikino, kad kai kurios spalvos (*magenta* - purpurinė) negali būti gautos kaip spektrinės spalvos. Eksperimentuodamas jis atrado, kad balta šviesa yra sudaryta iš visų regimojo spektro šviesos bangų sumos ir tai pademonstravo, panaudodamas šviesos dispersiją stiklinėje prizmėje [1].

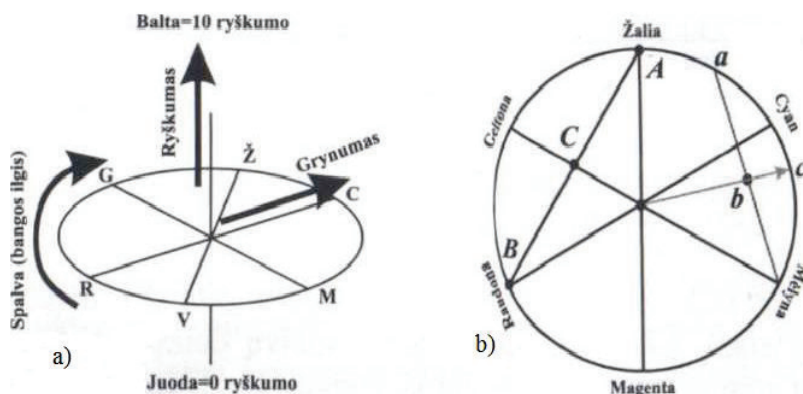
Išskaidžius baltą šviesą prizmėje, matyti nepertraukiamas skirtingų spalvų regimasis spektras (1 pav.). Jis sudaro labai mažą viso elektromagnetinių bangų spektro dalį. Baltos šviesos pluoštas, sklisdamas per siaurą plyšelį ar prizmę, išsisklaido į daugelio spalvų spindulius, kurie grupuojami į 7 pagrindines sritis: violetinę, mėlyną, *cyan* (žalsvai mėlyna spalva), žalią, geltoną, oranžinę ir raudoną. Ribos tarp spalvotų sričių neryškios. Vienos sritys pereina į kitas, sudarydamos tarpines spalvas [2].



1 pav. Skirtingų bangos ilgių spalvų regimasis spektras (cyan vadinama spalva, turinti žalsvai mėlyną atspalvį)

Spalvos skirstomos į chromatines (spalvingąsias) ir achromatines (nespalvingąsias). Chromatinių (spektro) spalvų daiktai įvairių bangos ilgių šviesą atspindi arba praleidžia skirtingai. Pvz., žalias filtras žalius spindulius praleidžia, o žalia žolė juos atspindi. Kitokių bangos ilgių spindulius ir žalias filtras ir žolė sugeria. Achromatinių spalvų (balti, juodi, pilki) daiktai visų bangos ilgių spindulius sugeria arba atspindi vienodai ir vyraujančio bangos ilgio (atspalvio) neturi. Pvz., baltas sniegas turi tokią spalvą, kokia yra apšviestas, nes vienodai atspindi visų spalvų spindulius. Suodžiai yra juodi, nes sugeria visų spalvų spindulius [3].

Medžiagos spalvai apibūdinti naudojamos spalvos charakteristikų kiekybinės vertės arba jų sutapatinimas su etaloninio pavyzdžio spalva. Paprastai spalvos charakteristikų skaitinės vertės nustatomos instrumentiniais metodais.



2 pav. Spalvą apibūdinančios charakteristikos, pavaizduotos panaudojant Niutono spalvinį apskritimą. Raidės ant apskritimo krašto atitinka spalvų pavadinimų pirmąsias raides (a); Niutono spalvų apskritimas (b) (magenta - raudonai purpurinė spalva) [3]

Apibūdinant kiekybiškai, spalva išsamiai ir vienareikšmiškai apibrėžiama trimis charakteristikomis: grynumu (sodrumu) p, vyraujančiu bangos ilgiu A (kartais dar vadinamu tonu) ir ryškiu (šviesiu) L. Visas šias spalvines charakteristikas galima pavaizduoti, naudojant Niutono

spalvinį apskritimą (2 pav., a). Jame apie apskritimo perimetrą išdėliotos visos spektrinės spalvos (2 pav., a), o balta spalva yra to apskritimo centre. Apskritimo centre nubrėžta linija (jungianti juodą, pilką ir baltą spalvas) atitinka achromatinės spalvas, kurios neturi tonų. Spalva yra ryškiausia apskritimo išorėje. Artėjant tiese į apskritimo vidurį, spalva lieka ta pati, tik kinta jos ryškumas. Taip buvo sudarytas pirmasis spalvinis grafikas, kuriuo buvo aiškinama, kaip gaunama spalva priklauso nuo dviejų kitų maišomų spalvų kiekio ir jų kokybės. 2 pav., b pavaizduota, kaip, maišant lygiomis dalimis žalią (taškas A) ir raudoną (taškas B) spalvas, gaunama geltona spalva (taškas C). Maišant mėlyną spalvą ir spalvą atitinkančią tašką a, gaunama spalva b, atitinkanti tą pačią spalvą kaip ir taške c, tik ne tokią ryškią. Iš spalvų apskritimo seka, kad ne visus atspalvius (arba tonus) galima apibrėžti spektrinėmis linijomis. Pavyzdžiui, *magenta* atspalvį galima gauti maišant lygiomis dalimis raudoną ir mėlyną spalvas [3].

Spalvos grynumas p - nedimensinis fizikinis dydis, apibūdinantis monochromatinės dedamosios kiekį spalvoje. Jis rodo achromatinės spalvos priemaišą chromatinėje spalvoje ir yra lygus monochromatinės dedamosios ryškio bei monochromatinės ir achromatinės (achromatinė linija eina per centrą nuo juodos spalvos per pilką į baltą spalvą - 2 pav. a) dedamųjų ryškių sumos santykiui. Gryniausia spalva yra ta spalva, kuri nėra sumaišyta su balta spalva. Tai skaitine verte ir pažymi spalvos grynumas. Kiekybiškai aprašant spalvas, reikia turėti omenyje, kad tam tikros spektrinės spalvos yra grynesnės, Pavyzdžiui, monochromatinės raudona ir violetinės spalvos yra grynesnės (labiau prisotintos) negu geltona.

Vyraujantis bangos ilgis A - tai parametras, pagal kurį tam tikro bangos ilgio šviesa priskiriama tam tikrai (pvz., raudonai, žaliai) spalvai. Spektrinė spalva atitinka tik vieną bangos ilgį.

Spalvos ryškis L - spalvų kiekybinio tarpusavio palyginimo rodiklis, lygus paviršiaus ir etalono (idealaus sklaidytuvo) ryškių, išmatuotų esant vienodoms apšvietimo ir stebėjimo sąlygoms, santykiui. Jis priklauso tiek nuo apšviečiamo paviršiaus atspindžio, tiek nuo paties spalvoto paviršiaus apšviestumo. Ryškis nėra tiesinė atspindžio charakteristika. Jis vaizduojamas skale nuo 0 iki 10. Toks žymėjimas yra vartojamas Munselio spalvų aprašymo sistemoje.

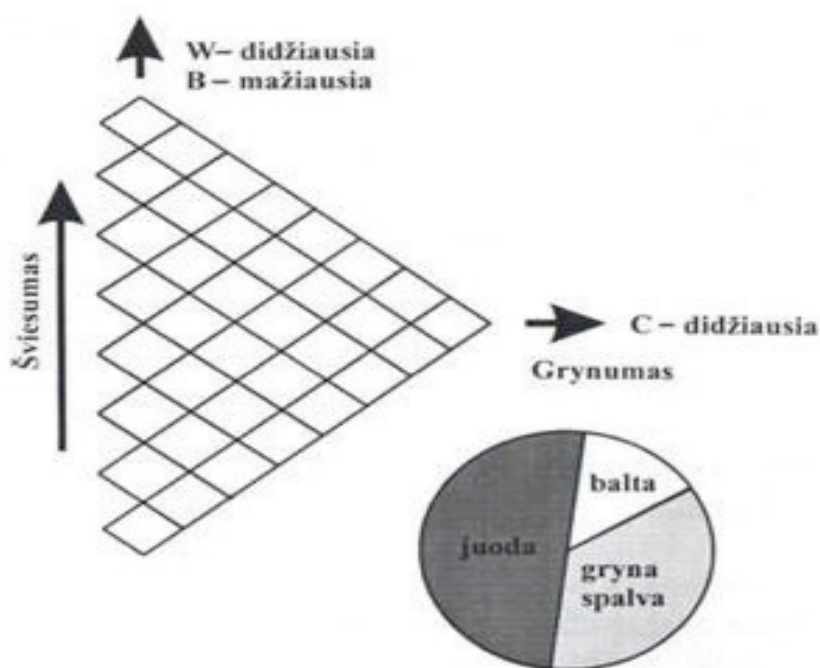
1.2. Naudojamos spalvos aprašymo sistemos

Spalvoms aprašyti pasaulyje plačiausiai naudojamos Munselio, Ostvaldo (Ostwald) ir 1931 m. Tarptautinės apšvietimo komisijos (Commission International de l'Eclairage- C.I.E.) patvirtinta CIE sistemos [4].

Munselio sistema (2 pav., a) remiasi Niutono spalvų apskritimu, tik šioje sistemoje apskritimas yra padalijamas į 100 skirtingų bangos ilgių (atspalvių) dalių. Spalvos grynumas kinta nuo 0 (apskritimo centre) ir (priklausomai nuo bangos ilgio) iki 10 ar 18 (apskritimo išorėje). Spalvos ryškis atidedamas statmenai spalvos bangos ilgiui ir grynumui. Ryškis yra apibūdinamas skale nuo 0 iki 10. Nuliu žymima juoda spalva, o 10 - balta spalva.

Ostvaldo sistemoje spalva yra apibūdinama jos vyraujančiu bangos ilgiu, grynumu ir ryškiu (3 pav.) matuojant spalvoje esančios baltos (W), juodos (B) ir grynos spalvos (C) procentinę dalį. Tuomet spalva yra apibūdinama šiais trimis dydžiais - C, W ir B. Pavyzdžiui, skaičių derinys „35, 15, 50“ parodo, kad spalvoje yra 35 % grynos spalvos, 15 % - baltos ir 50 % juodos. Tai galima pavaizduoti ir apskritimu, kurio visas plotas atitinka 100 % (2 pav.) [5].

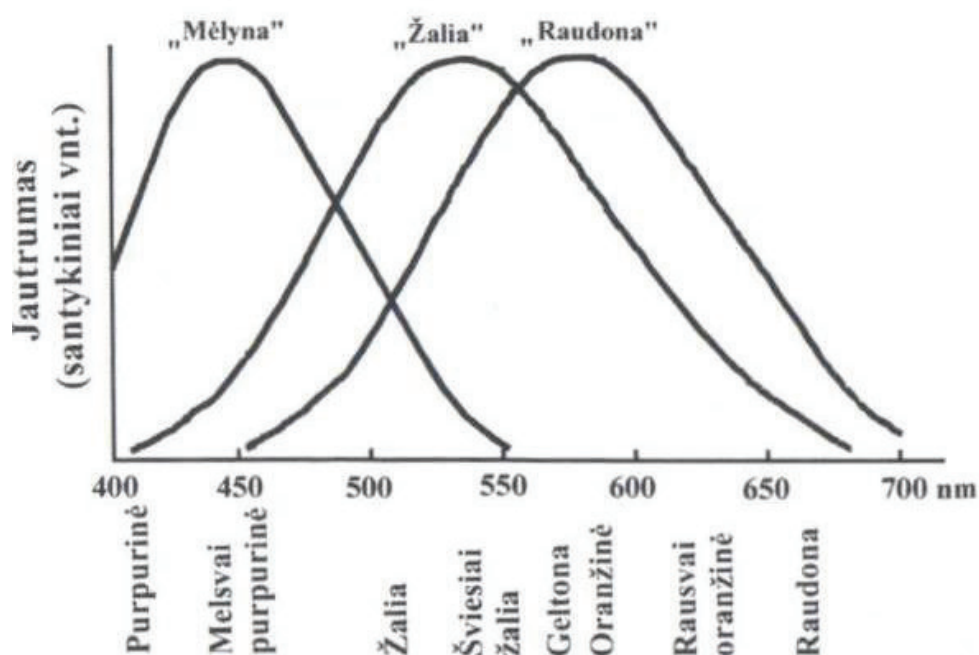
Šiuo metu populiariausia ir plačiausiai naudojama yra CIE sistema. Šioje sistemoje kiekybiškai galima aprašyti spalvos ryškį (šviesį), vyraujančią bangos ilgį (spalvos toną) ir grynumą (sodrumą). CIE sistemoje naudojama spalvinė diagrama, kuri įvertina visas žmogaus matomas spalvas ir atspalvius.



3 pav. Ostvaldo spalvinė sistema. Spalvoje esančios baltos (W), juodos (B) ir grynos spalvos (C) dedamosios

Žmogaus akis, gali kokybiškai apibūdinti spalvos toną, sodrumą ir ryškį. Kaip žinome, spektro spalvos vienareikšmiškai susijusios su atitinkamu bangos ilgiu. Tačiau matėme, kad spalvos pojūtis yra sudėtingesnis ir tą patį spalvos pojūtį galima gauti, kombinuojant skirtingas spalvas. Taigi ryšys tarp spalvos jutimo ir šviesos bangos ilgio nėra vienareikšmis. Pvz., geltona spalva

regima ne tik 560 - 590 nm bangos ilgių tarpsnyje, bet ir sumaišius raudoną (680 - 700 nm) ir žalią (500 - 560 nm) spalvas. Galima išskirti tris pagrindines spektro spalvas ir iš jų gauti visas kitas. Paprastai spalvų spektras skirstomas į tris pagrindines spalvas: mėlyną, žalią ir raudoną. **Šias spalvas skiria ir regos organai.** Nė viena jų nėra gauta maišant sudėtines spalvas. Akies tinklainėje yra trijų rūšių receptoriai, jautrūs šioms trimis šviesos spektro sritims (4 pav.). Kai į akį vienu metu patenka skirtingi spalvų spindulių, jie sužadina skirtingus receptorius, o šie pasiunčia į smegenis skirtingus signalus. Smegenyse jie sudedami - pajuntamas naujos (sudėtinės) spalvos įspūdis ar jos atspalvis.

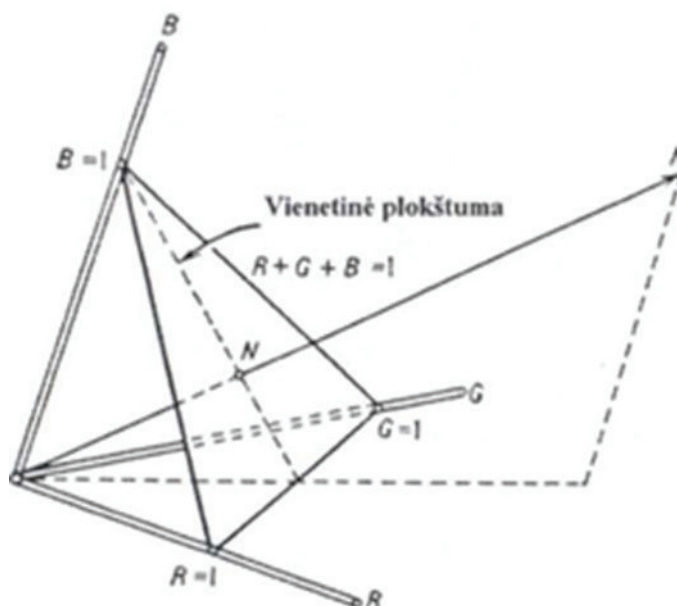


4 pav. Žmogaus fiziologinis spalvų jautrumas

Kolorimetriniais metodais, modeliuojant fiziologinį spalvos jutimą, bet kuri spalva gaunama, adityviai maišant tas pačias tris vienetines tiesiškai nepriklausomas spalvas - raudoną R, žalią G ar mėlyną B. Tiesiškai nepriklausomos spalvos - tai spalvos, iš kurių nė viena negali būti gauta, sudedant dvi spalvas. Be to, tam tikru santykiu sumaišius vieną iš jų su dviem kitomis, gaunama balta spalva. Kiekvienas iš RGB (anglų žodžių „red“, „green“, „blue“ trumpiniai) imtuvų jautrus tam tikrame bangų ilgių diapazone. R imtuvas jautrus spektro ilgujų bangų (raudonajai) sričiai, G imtuvas jautrus spektro vidutinių bangų (žaliajai) sričiai ir B imtuvas jautrus spektro trumpųjų bangų (mėlynajai) sričiai sumuoja sužadinius, kuriuos sukelia visi atspindėtosios šviesos bangų ilgiai. Pagal jų struktūrą vizualiai suvokiama medžiagos spalva [5].

RGB kolorimetrijoje spalva kiekybiškai aprašoma trimis vienas nuo kito priklausomais parametrais. Todėl spalva yra vaizduojama tiesinėje erdvėje trijų komponentų vektoriumi. Spalva aprašoma koordinatėmis R' , G' , B' (vadinamomis spalvos koeficientais),

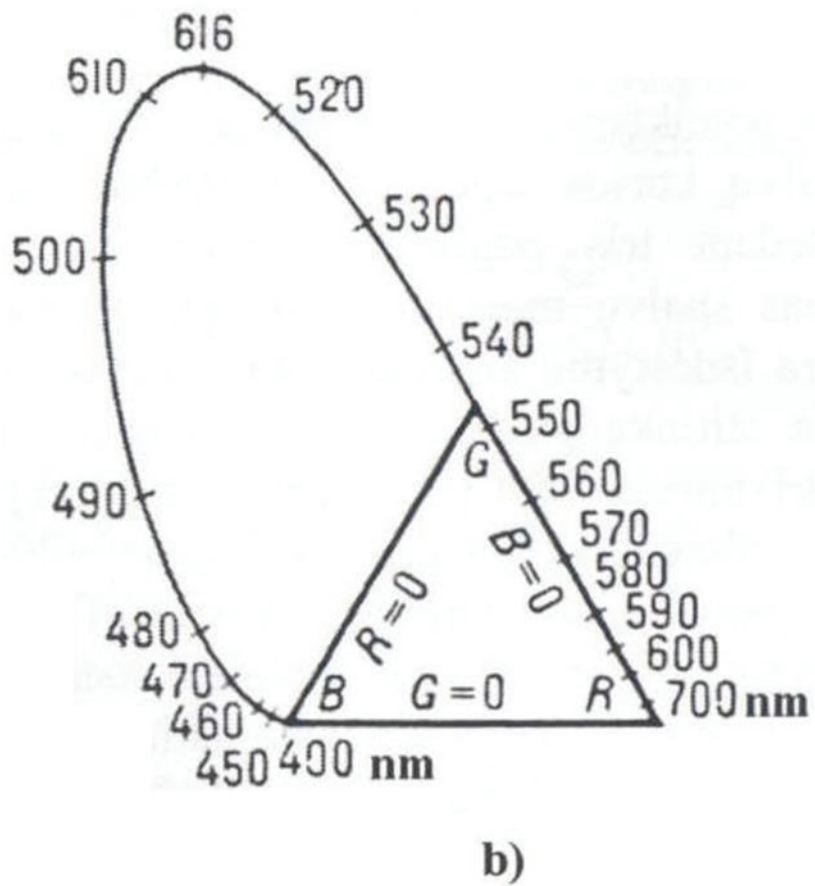
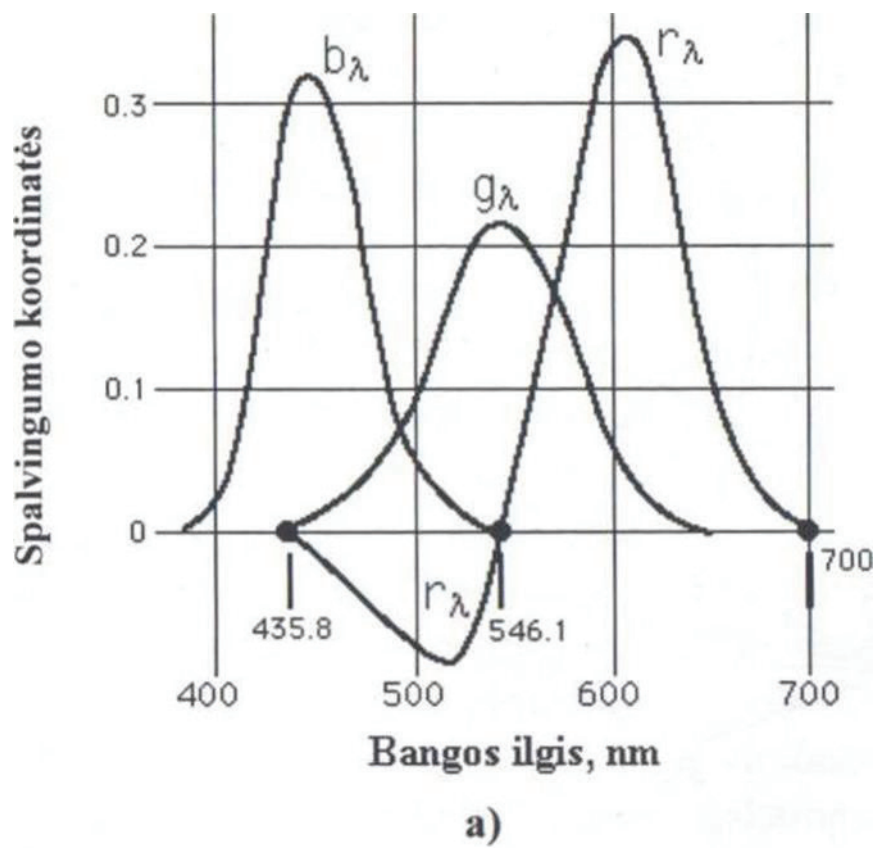
atidėtomis trimatės erdvės ašyse, iš kurių kiekviena atitinka vienetinį tiesiškai nepriklausomos spalvos vektorių R, G, B (5 pav).



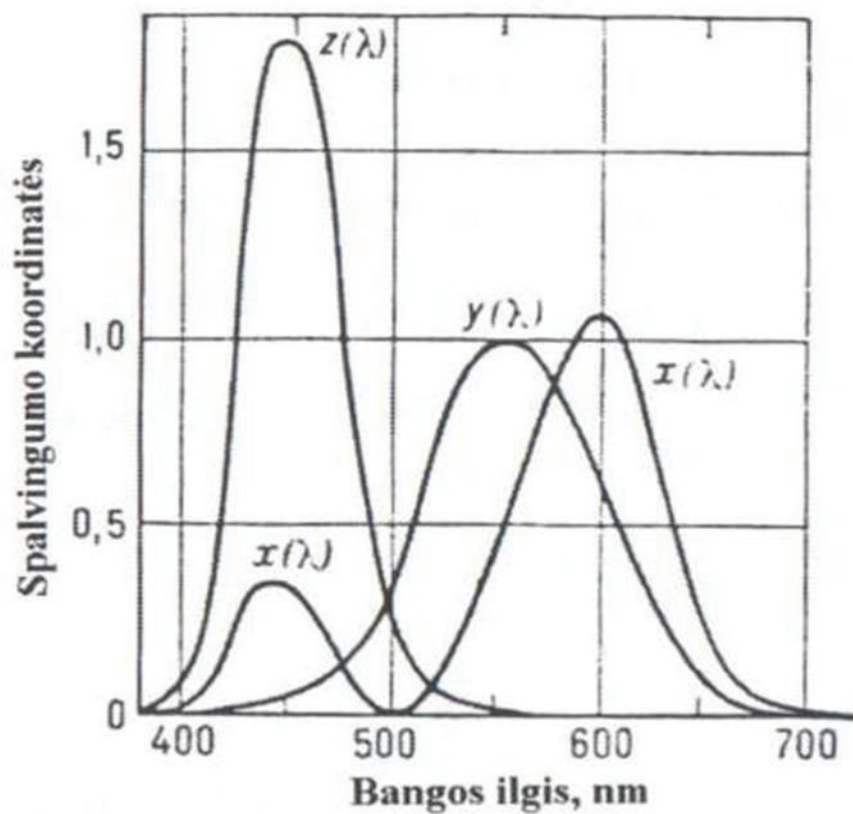
5 pav. Trimatės spalvinės RGB erdvės vienetinė plokštuma ir neutrali (balta) spalva N

6 pav., b pateiktame aprašytos RGB sistemos spalvų grafike matyti, kad yra spalvų, kurios nepatenka į nubrėžto trikampio vidų. Jas galima gauti sudedant tris pagrindines vienetines spalvas, tačiau naudojant neigiamas spalvų maišymo funkcijų vertes. Šioje pasagos formos kreivėje yra išdėstytos žmogaus akies registruojamos spalvos, tiesi apatinė linija atitinka purpurinių spalvų sritį. Suprantama, kad sritis, išeinanti už trikampio RGB ploto, gali būti aprašyta tik naudojant neigiamus spalvų koeficientus (vieną arba keletą) [5].

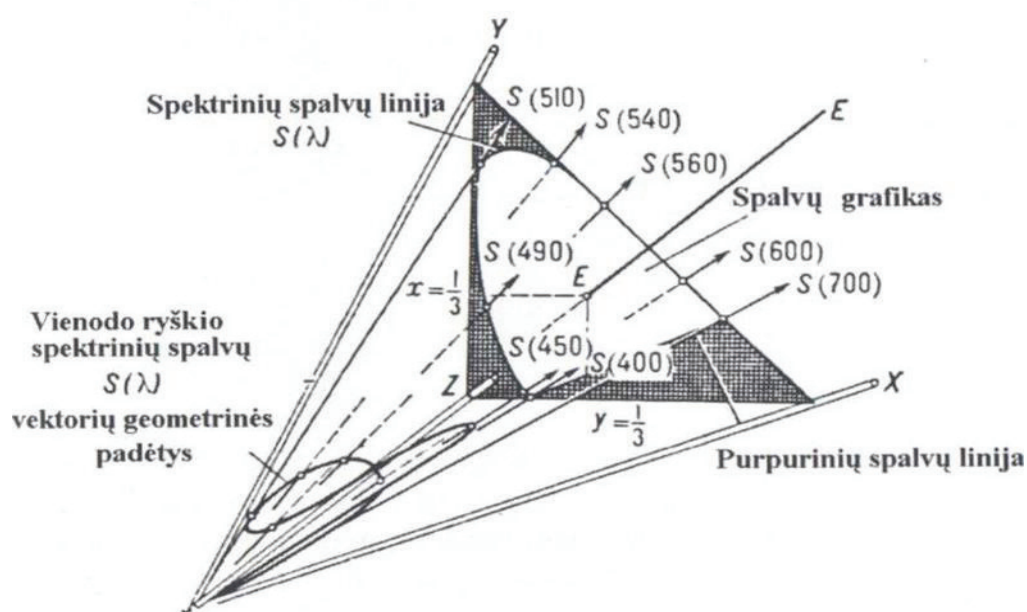
1931 m. Tarptautinė apšvietimo komisija (TAK) priėmė naują spalvos apibūdinimo sistemą XYZ. Šioje sistemoje naudojamų pagrindinių spalvų iš tikrųjų nėra, o yra matematinis darinys, kad spalvų maišymo funkcijos (kaip ir spalvingumo koordinatės) neturėtų neigiamų verčių (7 pav., a). Taigi kiekvieną spalvą galima aprašyti naudojantis lik teigiamais spalvų koeficientais. Kaip ir RGB sistemoje, sudedant lygiomis dalimis XYZ spalvas, gaunama balta spalva, o X'Y'Z' koordinatžių rinkinys aprašo registruojamą spalvos toną, kurį galima gauti sudedant įvairių bangos ilgių spalvas [1].



6 pav. RGB spalvų maišymo (lyginamosios) funkcijos: r - raudonos, b - mėlynos, g žalios spalvų (a); RGB spalvų diagrama (b)



a)



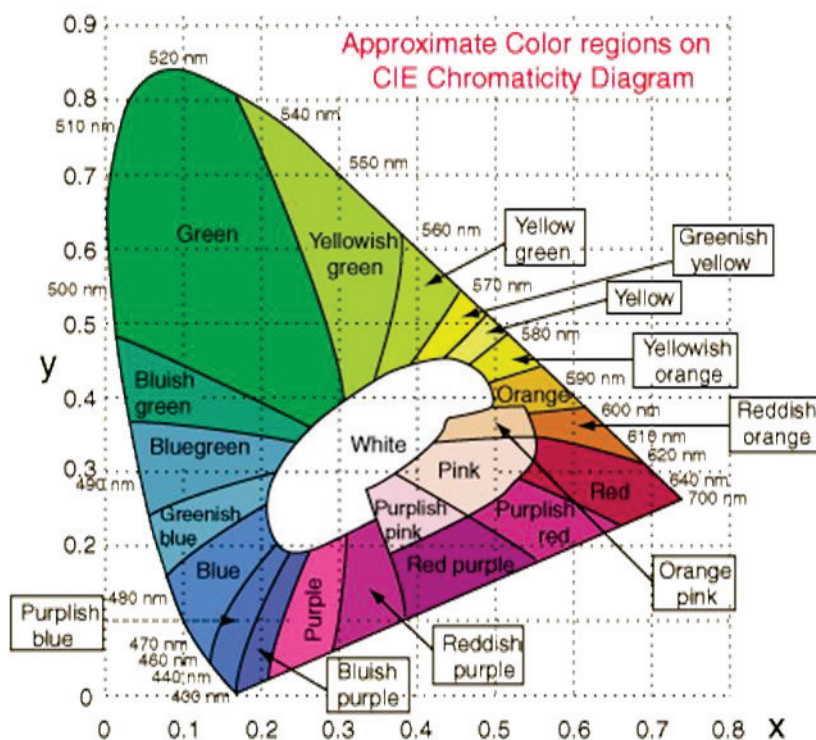
b)

7 pav. XYZ sistemos spalvų maišymo (lyginamosios) funkcijos: r raudonos, b - mėlynos, g - žalios spalvų (a); XYZ spalvų diagrama (b)

CIE sistemoje pagrindinės spalvos X, Y, Z parinktos taip, kad kreivė $y(\lambda)$ (7 pav. a) sutampa su spektriniu žmogaus akies matymo diapazonu, o F koeficientas tiesiogiai aprašo spalvos ryškį. Šioje sistemoje visos realios spalvos telpa į spalvų trikampį (7 pav., b). Spalvų diagrama yra brėžiama x ir y koordinatėse. Kiekvienas $(x; y)$ koordinačių derinys atitinka tam tikro ryškio, grynumo ir vyraujančio bangos ilgio spalvą. Taškas E simbolizuoja baltą spalvą, o nubrėžtoje spektrinių spalvų linijoje yra atidėti spektrinių spalvų bangų ilgiai [4].

Kreivė jungia matomų spektrinių spalvų visumą nuo violetinės iki raudonos spalvos, ir tos kreivės taškuose spalva yra ryškiausia. Kreivės viduje atitinkamos koordinatės aprašo visus galimus spektrinių spalvų ryškius ir grynumus (panašiai kaip ir Niutono spalvų apskritime 2 pav., a).

Taigi matome, kad CIE sistemoje spalvos apibūdinamos spalvos ryškiu ($L=Y'$) ir dviem spalvų koordinatėmis x ir y spalvų diagramoje. Nors žmogaus spalvos suvokimą lemia trijų rūšių receptoriai ir atrodytų, kad reikalingos trys koordinatės, kiekvieną spalvą galima aprašyti dviem spalvingumo koordinatėmis, kaip tai parodyta 8 pav.



8 pav. Spalvų išsidėstymas CIE sistemos spalvų diagramoje [4]

Tarptautinės apšvietimo komisijos pasiūlyta XYZ sistema naudojama spalvoms kiekybiškai aprašyti, spalvos matavimų rezultatus apdorojant spektrofotometriniais ar kolorimetriniais metodais. Nustatant $X'Y'Z'$ koeficientus CIE sistemoje, matuojamas objekto atspindžio (emisijos gebos) spektras ir atspindžio koeficiento vertė kiekviename bangos ilgių

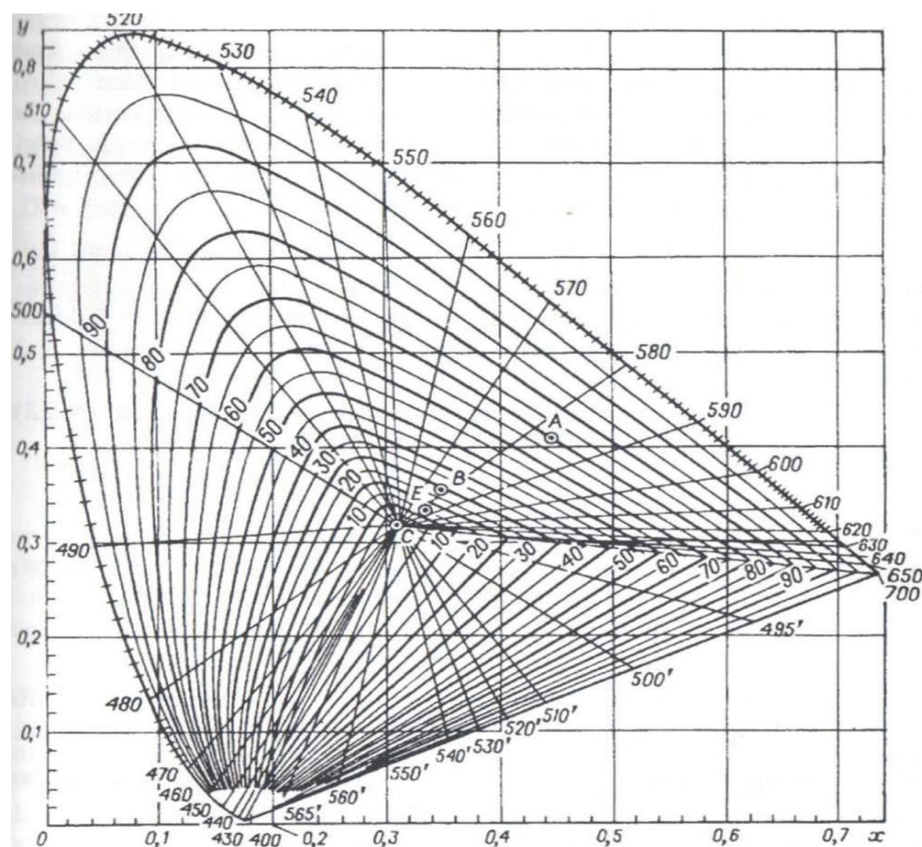
intervale. Ji padauginama iš XYZ spalvų maišymo funkcijų. Gautos vertės sumuojamos visame bangų diapazone ir toliau naudojamos CIE spalvingumo koordinatėms nustatyti.

Atliekant tokią procedūrą CIE sistemoje, Y' koeficientas yra lygus spalvos ryškiui L , o x ir y normuotos vertės yra spalvingumo koordinatės (analizei naudojamos tik dvi koordinatės, nes trečioji $z = 1 - x - y$ yra tiesinė pirmųjų dviejų kombinacija). T.y. pagal šią sistemą turint eksperimentinius objektų atspindžio ar pralaidumo spektrus, galima kiekybiškai apibūdinti vyraujančią bangos ilgį A , spalvos grynumą p bei ryškį L [2].

9 pav. parodyta, kaip galima nustatyti vyraujančią tam tikros spalvos bangos ilgį A . Grafiko lanko pavidalo skalėje atidėti matomos šviesos bangų ilgiai. Kreivės viduje yra atidėtas taškas C (achromatinis taškas), atitinkantis Saulės spektro spinduliuojamą spalvą. Žinant tiriamos spalvos x ir y spalvingumo koordinates, x ir y koordinačių susikirtimo vietoje gaunamas spalvos taškas B . Jis sujungiamas su tašku C , ir, tęsiant šią tiesę iki jos susikirtimo su grynųjų spektro spalvų lanko pavidalo skale, nustatomas vyraujantis bangos ilgis A . Vyraujantis bangos ilgis gali būti ir gryną purpurinių spalvų tiesiojoje skalėje (violetinę ir raudoną spalvas jungianti tiesė, t. y. tarp 400 ir 700 nm). Jis yra žymimas λ' ir vadinamas papildomu bangos ilgiu. Antra vertus, žinant vyraujančią bangos ilgį, iš 9 pav. galima rasti šios spalvos x ir y koordinates (atvirkščias veiksmas).

9 paveikslu taip pat galima pasinaudoti spalvos grynumui p nustatyti. Diagramoje vienodos energijos šviesos šaltiniui C , kuris naudojamas medžiagų spalvai nustatyti ir kuris pagal spektrą yra artimas saulės šviesai, nubraižytos vienodo grynumo tiesės esant visiems šviesos bangų ilgiams (kas 10 nm). Naudojantis jomis, galima lengvai nustatyti skaitinę p vertę. Tam tikslui pamatuojami atkarpos nuo taško C iki analizuojamos spalvos spalvingumo taško, kurio koordinatės (x_B, y_B) , ir atkarpos, nubrėžtos iš taško C per tašką (x_B, y_B) iki spektrinių spalvų linijos, ilgiai. Šių atkarpų ilgių santykis savo verte lygus p .

Šiame darbe pasirinkta RGB spalvos koordinčių matavimo skalė, nes ji artimiausia žmogaus regėjimui ir naudojamas prietaisas veikia šioje skalėje.



1.3. Hidrotehninēms betoninēms ir gelžbetoninēms konstrukcijas naudojamo betono reikalavimai

Statant hidrotechninius betoninius ir gelžbetoninius statinius su pigmentuotu (spalvotu) betonu, jam keliama tokie patys reikalavimai kaip ir įprastiniam (nepigmentuotam) hidrotechniniam betonui. Šiame darbe pagrindu nagrinėjamos jachtų uostelio krantinėse panaudotas betonas. Krantinė – hidrotechninis statinys, atibojantis ežero, jūros, upės ar vandens saugyklos krantą ir sudarantis tinkamas sąlygas laivybai (laivų krantinė) ir miestų reikmėms (miestų krantinė); atstoja ir krantosaugos statinį. Būna labai įvairių tipų ir konstrukcijų.

Hidrotechniniams statiniams ir jų dalims naudojamas betonas turi tenkinti LST EN 206-1:2002. Tokiam betonui keliami papildinti reikalavimai: tankiui, vandens nelaidumui, ilgaamžiškumui. Masyvioms konstrukcijoms naudojamas hidrotechninis betonas turi pasižymėti mažu šilumos išsiskyrimu kietėjant.

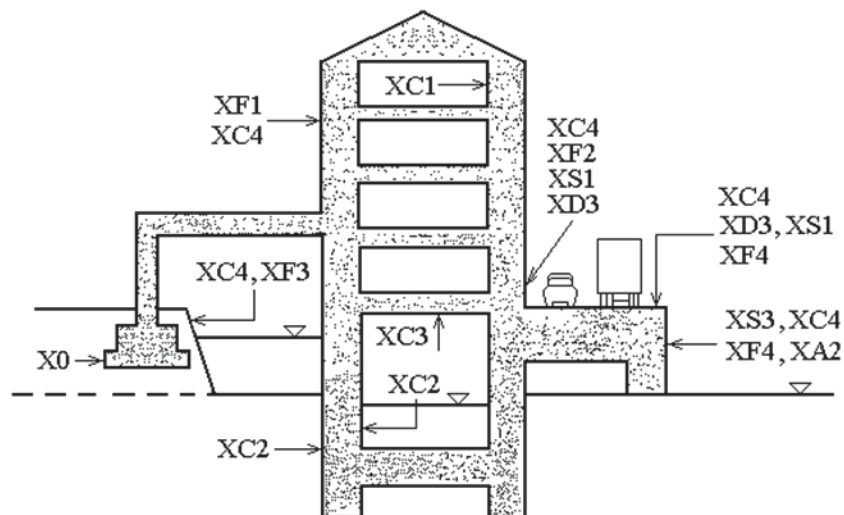
Pagal sudėtingas eksploatavimo sąlygas, išskiriamos keturios būdingiausios HTS statybai vartojamo betono zonos: povandeninė dalis, viršvandeninė dalis, kintančio vandens lygio ir sausoji dalis.

Reikalavimai hidrotechniniam betonui ir gelžbetoniui taip pat turi būti nustatomi pagal aplinkos poveikio klases:

1. lentelė. Aplinkos poveikio betonui ir gelžbetoniui klasės

Klasių žymėjimas	Aplinkos aprašymas	HTS zonos pagal 218 p [10]
1. Nėra korozijos ar agresijos rizikos		
XO	Betonui be armatūros arba metalinių įdėtinių detalių: visos naudojimo aplinkos, išskyrus tas, kuriose yra šaldymo ir šildymo, erozijos ir cheminis poveikiai	IV
2. Karbonizacijos sukeliama korozija		
Kai armuotą arba su metalinėmis įdėtinėmis detalėmis betoną veikia oras ir drėgmė		
XC1	Sausa arba pastoviai šlapia	III
XC2	Šlapia, retai sausa	
XC3	Vidutiniškai drėgna	I
XC4	Cikliškai šlapia ir sausa	II
<i>Pastaba.</i> Drėgnumo sąlygos yra susijusios su armatūros arba įdėtinio metalo apsauginiu betono sluoksniu, bet daugeliu atvejų betono dangos būklė atspindi vietovės aplinkos sąlygas. Tokiu atveju vietovės aplinkos klasifikacija gali būti adekvati nurodytai klasei. Jeigu tarp betono ir aplinkos yra užtvara, tokiu atveju gali būti kitaip.		
3. Chloridų, bet ne jūros vandens, sukelta korozija		
Kai armuotą arba su įdėtinėmis metalinėmis detalėmis betoną veikia turintis chloridų, bet ne jūros vanduo, ledą tirpinančios druskos		
XD1	Vidutiniškai drėgna aplinka	
XD2	Drėgna, retai sausa	
XD3	Cikliškai drėgna ir sausa	
4. Jūros vandens chloridų sukeliama korozija		
Kai armuotą arba su įdėtinėmis metalinėmis detalėmis betoną veikia jūros chloridų turintis vanduo arba oras su jūrinės kilmės chloridais		
XS1	Veikia purslų druska, bet ne tiesioginis jūros vanduo	I
XS2	Pastoviai panardinta	III
XS3	Potvynio, purslų ir taškymo zonos	II
5. Šaldymo/šildymo poveikis be druskos arba su ja		
Kai betonas eksploatuojamas esant esminiams šaldymo, šildymo bei šlapios aplinkos poveikiams		
XF1	Vidutinis vandens įmirkis be ledo tirpinimo medžiagos	I
XF2	Vidutinis vandens įmirkis su ledo tirpinimo medžiaga	
XF3	Aukštas vandens įmirkis be ledo tirpinimo medžiagos	II
XF4	Didelis vandens įmirkis su ledą tirpinančiomis medžiagomis arba jūros vandeniu	
6. Cheminis poveikis		
Kai betonas atviras cheminiam poveikiui, veikiant gamtiniam gruntui arba gruntiniam vandeniui, kaip nurodyta [7.37] 2 lentelėje		

Klasių žymėjimas	Aplinkos aprašymas	HTS zonos pagal 218 p [10]
XA1	Silpno cheminio agresyvumo aplinka pagal [7.39] 2 lentelę	
XA2	Vidutinio cheminio agresyvumo aplinka pagal [7.39] 2 lentelę	
XA3	Didelio cheminio agresyvumo aplinka pagal [7.39] 2 lentelę	



10 pav. Aplinkos poveikio klasių betonui pavyzdžiai hidrotechnikos ir transporto statiniuose [10]

Betono nelaidumas vandeniui reglamentuojamas toms HTS konstrukcijoms, kurios eksploatuojamos sąlyčio su vandeniu zonoje arba yra veikiamos agresyvios aplinkos drėgmėje, todėl II, III BGU betono zonose ir esant aplinkos poveikio klasėms XC1, XC2, XS2, XF3, XF4, XA1, XA2, XA3 turi būti naudojamas vandeniui nelaidus betonas. Neaidžiu vandeniui laikomas toks betonas, kai vidutinis vandens įsiskverbimo gylis, bandant pagal LST EN 12390-8:2003 yra mažesnis negu 20 mm, o didžiausias – ne daugiau kaip 50 mm. Šiuos reikalavimus atitinka ne žemesnės kaip C25/30 klasės betonas [10]. Jachtų uostelio statybai naudotas betonas ir yra C25/30 klasės.

Atsižvelgiant į aplinkos agresyvumo lygį, gelžbetoninių konstrukcijų betonas turėjo atitikti šias nelaidumo vandeniui markes: silpno agresyvumo aplinkoje (aplinkos poveikio klasė XA1) – W4, vidutinio agresyvumo aplinkoje (XA2) – W6, didelio agresyvumo aplinkoje (XA3) – W8. Nepralaidų vandeniui betoną galima apibūdinti nelaidumo vandeniui marke ne žemesne kaip W10.

2 lentelė. Aplinkos poveikio betonui ir gelžbetoniui klasės, vandens nelaidumas [10]

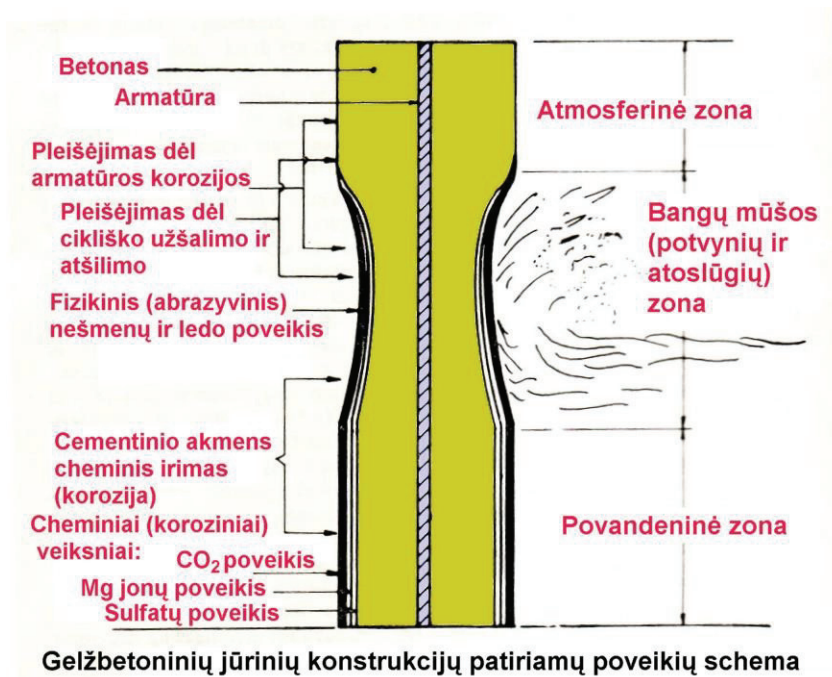
Slėgio gradientas $I = H / S$	$I \leq 5$	$I \leq 5$	$10 < I \leq 20$	$20 < I \leq 30$	$I > 30$
Nelaidumo vandeniui markė	W4	W6	W8	W10	$\geq W12$

Tam tikrais atvejais būtina numatyti gelžbetoninių ir betoninių konstrukcijų paviršių izoliavimą, tai reikalinga kai aplinka yra agresyvi ir betonas netenkina vandens nelaidumo reikalavimų.

Betono atsparumas šalčiui reglamentuojamas toms konstrukcijoms, kurias veikia drėgna aplinka, vanduo ir cikliškas vandens užšalimas ir atitirpimas (I, II, IV zonos, XC1, XC2, XC3, XC4, XF1, XF2, XF3, XF4 aplinkos poveikio klasės). Projektuose gali būti nustatytos tokios atsparumo šalčiui markės: F50, F75, F100, F150, F200, F300, F400, F500, F600. Bendroju atveju, esant aukštam vandens įmirkiui, reikiama betono atsparumo šalčiui markė F parenkama įvertinus klimatinės, naudojimo sąlygas, atsižvelgiant į vidutinį daugiamečių užšalimo-atšilimo ciklų skaičių. Lietuvos klimatinėmis sąlygomis su gėlu vandeniu kontaktuojantis HTS betonas turi atitikti atsparumo šalčiui markę ne žemesnę kaip: F50 – masyvių statinių vidinėje zonoje; F100 – viršvandeninė dalis; F150 – paviršinėje kintamo vandens lygio zonoje [9].

Hidrotechninės konstrukcijos priklausomai nuo jų vietos vandens lygio atžvilgiu skirstomas į tokias zonas:

- Povandeninė dalis, kuri visą laiką yra po vandeniu;
- Viršvandeninė dalis, kuri visą laiką yra sausa (virš kintamo vandens lygio zonos);
- Kintančio vandens lygio zona, kuri periodiškai sudrėksta ir išdžiūsta.



11 pav. Gelžbetoninių jūrinių konstrukcijų patiriamų poveikių schema

Hidrotechninių konstrukcijų zonavimas leidžia tai pačiai konstrukcijai parinkti skirtingus betonus arba betono paviršiaus apsaugines priemones. Hidrotechninės konstrukcijos paprastai būna masyvios. Masyviomis laikomos tokios konstrukcijos, kurias kietinant būtinos specialios priemonės temperatūriniams įtempiams, susidarantiems dėl didelio šilumos išsiskyrimo cemento kietėjimo metu, reguliuoti. Masyviose konstrukcijose dar išskiriamos išorinė zona ir vidinė konstrukcijos zona. Išorinės zonos betonas veikiamas cikliško užšaldymo ir atšildymo, sudrėkinimo ir išdžiovinimo, vandens, ledo ir kitų poveikių, todėl jam keliama aukšti stiprumo reikalavimai (stiprumo klasė virš 30/37), atsparumo šalčiui reikalavimai (atsparumo šalčiui markė didesnė už F200) bei vandens nelaidumo reikalavimai (vandens nelaidumo markė didesnė už W8). Vidinės zonos betonas būna apsaugotas išorinės zonos betono nuo žalingo aplinkos poveikio. Šiam betonui nekeliami aukšti techniniai reikalavimai. Svarbiausias reikalavimas šiam betonui – minimalus šilumos išsiskyrimas kietėjimo metu, nes esant dideliame šilumos išsiskyrimui dėl didelių temperatūrų skirtumų atsiranda temperatūriniai plyšiai hidrotechninėje konstrukcijoje[9].

Povandeninės konstrukcijos zonos betonas nėra veikiamas didelių destruktinių procesų, nes apsaugotas vandens nuo aplinkos poveikio, jeigu konstrukcijoje nėra defektų plyšių . Povandeninėje konstrukcijos dalyje nėra aplinkos poveikio išdžiovinimo, šalčio poveikio bei temperatūrinių pokyčių, būdingų aplinkos poveikių.

Šioje konstrukcijos zonoje didžiausias ardomasis poveikis – jūros vandens agresyvus cheminis poveikis korozija. Korozija paprastai pradeda veikti betono paviršių, toliau difunduoja į betono gilesnius sluoksnius, o kai kuriose vietose jūros vandens difuzijai pasiekus armatūrą, prasideda armatūros korozija. Be to, povandeninėje konstrukcijos dalyje galima erozija ir įvairių objektų smūginis poveikis dėl vandens srovių.

Viršvandeninė konstrukcijos zona retai kada sudrėksta vandeniu, dažniausiai tik audros metu. Šios konstrukcijos zoną intensyviai veikia oro temperatūros pokyčiai, kartu ir neigiami, vėjo poveikis, saulės ultravioletinių spindulių poveikis ir kai kurios vietos vandens bangų slėgis.

Intensyviausi įrimą sąlygojantys poveikiai šioje konstrukcijos zonoje yra kapiliarinis vandens įgėris ir vandens bangų slėgis.

Kintančio vandens lygio zonoje betonas intensyviausiai veikiamas agresyvių aplinkos poveikių. Šios zonos betonas veikiamas dažno sudrėkimo ir išdžiūvimo, užšalimo ir atšilimo, jūros vandens cheminio poveikio ir didžiausiais mechaniniais bangų ir ledo gabalų smūgiais.

Šioje konstrukcijos zonoje dėl dažno sudrėkimo ir išdžiūvimo bei ore esančio anglies dvideginio poveikio vyksta greita betono karbonizacija. Ypač giliai betonas karbonizuojasi ir gali pasiekti armatūrą plyšių ir kapiliarinių porų vietose. Šiose vietose išnykus kalcio hidroksidui betono

porose jūros vanduo difunduoja iki armatūros ir sukelia armatūros koroziją. Armatūros korozijos produktai susidaro apie armatūros strypą, didina tūrį ir sukelia slėgį, ardo betoną apie armatūros strypą, gali net atskelti betono sluoksnį nuo armatūros strypo. Apnuoginta armatūra intensyviai koroduoja neapsaugota betono ir konstrukcijos laikančioji galia intensyviai mažėja.

Kintančio vandens lygio zonoje intensyviausiai ardomas dėl užšaldymo ir atšildymo drėgnoje būklėje. Šis poveikis dažniausiai sukelia gelžbetoninės konstrukcijos irimą kintančio vandens lygio zonoje. Dėl mažo betono atsparumo šalčiui kintančio vandens lygio zonoje gali atsirasti dideli gelžbetoninių konstrukcijų defektai [9].

1.4. Pigmentų naudojimas betone

Šio amžiaus 5-6 dešimtmetyje atlėgus susižavėjimui pilku betono ir gelžbetonio vaizdu gimė posakiai: „pilkas kaip betonas“, „betono džiunglės“ – kuriais apibūdinama žmogui svetima aplinka. Tada suvokta, kad betonas yra statybinė medžiaga, kurią galima padaryti išraiškingą, su fantazija. Prireikė dar keliasdešimt metų kol buvo suvokta, kad betoną galima panaudoti estetiškai gražų, kur gamtinis akmuo pasiekia savo galimybių ribas. Taip buvo sukurtas architektūrinis betonas – tai labai geros kokybės betonas, kurio architektūrinei išraiškai būdinga begalė formų, spalvų ir atspalvių, įvairių paviršių faktūra. Tokio betono negalima vadinti apdailiniu, nes jis atlieka ir savo konstrukcinę paskirtį.

1.4.1. Standarto LST EN 12878:2005 en „Pigmentai statybinėms medžiagoms cemento ir (arba) kalkių pagrindu dažyti. Techniniai reikalavimai ir tyrimo metodai“ reikalavimai

Pigmentus naudojamus statybinėms medžiagoms reglamentuoja standartas LST EN 12878:2005 en. „Pigmentai statybinėms medžiagoms cemento ir (arba) kalkių pagrindu dažyti. Techniniai reikalavimai ir tyrimo metodai.“

Standarto reikalavimai bei kokybės tikrinimo metodai skirti: pigmentams, naudojamiems spalvinti statybines medžiagas su cementu ir cemento bei kalkių mišiniais. Pigmentai, kuriems taikomas šis standartas taip pat gali būti naudojami ir kalkiniame skiedinyje. Standarto reikalavimai taikomi visiems pigmentams, pigmentų mišiniams, pigmentų ir užpildų (angl. extender) mišiniams, koks bebūtų jų būvis – milteliai, granuliuotieji pigmentai ar skystieji preparatai.

Standarte LST EN 12878:2005 en. minimos pigmentų atmainos:

- sintetiniai ar natūralūs geležies oksidai ir hidroksidai;
- chromo, titano ir mangano oksidai;

- kompleksiniai neorganiniai pigmentai, pvz., aukščiau išvardytų metalų oksidų ir hidroksidų junginiai su kobalto, aliuminio, nikelio, stibio oksidais ir hidroksidais;
- ultramarino pigmentai;
- mėlynasis ir žaliasis ftalocianinas;
- elementinė anglis (turi būti vertinama kaip neorganinis pigmentas);
- išvardytų junginių mišiniai (juose gali būti užpildų).

Standarto reikalavimai bei kokybės tikrinimo metodai skirti: pigmentams, naudojamiems spalvinti statybines Techniniai reikalavimai ir tyrimo metodai.“

Pigmentams reikalavimai keliama atsižvelgiant į spalvotų gaminių ir konstrukcijų pobūdį (armavimą): „A“ kategorija – nearmuotos betoninės konstrukcijos ar gaminiai, „B“ kategorija – gelžbetoniniai arba armuoti gaminiai ir konstrukcijos.

3 lentelė. „A“ ir „B“ kategorijų betoninių konstrukcijų reikalavimai pagal LST EN 12878:2005 en

Reglamentuojama savybė	„A“ gaminų kategorija	„B“ gaminų kategorija
Stiprio gniuždant sumažėjimas po 28 parų	Deklaruoja gamintojas	$\leq 8 \%$
Vandenyje tirpių junginių kiekis	Deklaruoja gamintojas	$\leq 0,5 \%$
Vandenyje tirpių chloridų kiekis	Deklaruoja gamintojas	$\leq 0,10 \%$
Suminio chlorido kiekis	Deklaruoja gamintojas	$\leq 0,10 \%$

Pigmentų gamintojo / tiekėjo deklaruojami rodikliai:

- dozuotinas pigmentų kiekis (nerekomenduojama naudoti daugiau kaip 10 % cemento ar kalkių masės);
- pigmentų dalelių koncentracija (pigmentų suspensijose);
- pigmentų paruošimui panaudotų priedų pobūdis pagal EN 934–2 standarto klasifikaciją;
- kaitmenys (išdegus $1000^{\circ} \pm 50^{\circ}\text{C}$ temperatūroje);

- santykinis spalvos intensyvumas (palyginti su standartiniu mėginiu – privalo patekti į intervalą $100 \pm 5\%$);
- liekana ant sieto su 90μ m akutėmis (standartas ISO 787–7);
- atsparumas klimatiniams veiksniams (bandymų trukmė – sutarties dalykas, rekomenduotina ≥ 2 metai);
- pH vertė (nuo deklaruotosios gali skirtis ± 2);
- terminis stabilumas (technologiniame procese, kai temperatūra pakyla $> 80^\circ\text{C}$; šie procesai „negali būti sumodeliuoti paprastais laboratoriniais bandymais“. „Bandymo metodas turi būti suderintas tarp suinteresuotų pusių.“);
- CIELAB spalvų skirtumo vertė ΔE , gauta lyginant duotojo pigmento spalvą su standartinio pigmento spalva.

1.4.2. Pagrindinės tvarių pigmentų savybės

Pigmentai gali būti klasifikuojami pagal daugelį parametrų:

- pagal paskirtį – dažams, plastikui, antikorozinėms metalų dangoms, portlandcementiniams ir kalkiniams, gipsiniams dirbiniams spalvinti skirti, universalieji;
- pagal cheminę ir mineralinę sudėtį – organiniai (iš organinių junginių ir medžiagų) mineraliniai (iš oksidų, hidroksidų, kompleksinių junginių), mišrūs (modifikuotieji);
- pagal kilmės pobūdį – gamtiniai (biologinės - zoologinės ar augalinės kilmės, mineraliniai, mišrūs) ir sintetiniai;
- pagal agregatinį būvį – milteliai, suspensijos, pastos, granulės;
- pagal savybes – tirpūs ar netirpūs tirpikliuose, atsparūs ar neatsparūs šarmams, aukštai temperatūrai ir t.t.

Kaip taisyklė betonui spalvinti naudojami sintetiniai, mineraliniai pigmentai, nes gamtiniai pigmentai kaip ir organinės sudėties dažniausiai būna mažos dažomosios gebos, neilgaamžiai ir greitai suskyla arba išsiplauna. Dalis mineralinių pigmentų yra pakankamai brangūs, todėl dalis tiekėjų norėdami išgauti „brangių“ (pvz. mėlynos) spalvų pigmentus panaudoja mineralinio ir organinio pigmentų mišinius, po kurio laiko lauka spalva pasikeičia į visiškai kitokią spalvą, nes organinis pigmentas išsiplauna. Pigmento dozė - kiekis nuo cemento masės priklauso nuo to kokia yra pigmento dažomoji geba. Pigmento kiekis betoniniuose dirbiniuose dažniausiai dozuojamas pagal mišinyje esančio sunaudoto portlandcemenčio kiekį (pagal masę, rečiau – pagal tūrį). Pigmentų dozavimo eiliškumas priklauso nuo pigmento agregatinio būvio. Pigmentų dažymo (dažančioji) geba yra jų gebėjimas nustelbti natūralią medžiagos (terpės, kur šis pigmentas

išsklaidytas) spalvą. Pavyzdžiui panaudojus 6% raudono pigmento cemento masės gausime raudonos spalvos gaminį, o panaudoję sumaltos raudonosios plytos miltelius 6% cemento masės nepamatysime beveik jokio skirtumo nuo nepigmentuoto. Taip yra todėl, kad tikrųjų pigmentų dalelės yra labai smulkios ir turi didelę dažomąją gebą.

4 lentelė Svarbiausi mineraliniai pigmentai

Spalva	Cheminė formulė	Cheminis apibūdinimas	Įprastinis pavadinimas	Santykinė kaina
Raudona	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	Geležies (III) oksidas	Raudonas Fe oksidas	1
Juoda	Fe_3O_4	Geležies (II, III) oksidas	Juodas Fe oksidas	0.8
Geltona	$\alpha\text{-FeOOH}$	Geležies (III) hidroksidas	Geltonas Fe hidroksidas	1.2
Ruda		Mišinys $\alpha\text{-FeOOH}$ ir/ar Fe_2O_3 su Fe_3O_4	Rudas Fe oksidas	1.1
Žalia	Cr_2O_3	Chromo (III) oksidas	Žaliasis chromo oksidas	4
Mėlyna	CoAl_2O_4	Cobalto aluminatas	Mėlynasis kobaltas	27
Balta	TiO_2	Titano (IV) oksidas	Titano dioksidas	1.4

Pagrindiniai reikalavimai, keliami įvairioms statybinėms medžiagoms ir dirbiniams spalvinti naudojamiems pigmentams:

- netirpūs vandenyje ir silpnose rūgštyse;
- atsparūs klimatiniam poveikiui ir neblunkantys;
- atsparūs portlandcementyje ir gesintose kalkėse esantiems šarmams;
- negali daryti neigiamo poveikio skiediniui, betonui ir kitiems dirbiniams;
- pasižymintys didele dažomąja geba;
- turi būti inertiški ir nekenksmingi žmogui bei aplinkai.

1.4.3. Pagrindiniai veiksniai, lemiantys pigmentuotų betoninių dirbinių spalvą ir jos ilgaamžiškumą

Pigmentuotų betoninių dirbinių estetinį vaizdą ir jo ilgaamžiškumą pirmiausia lemia naudojamo pigmento savybės. Pagrindinės tvarių pigmentų savybės aptartos prieš tai esančiame skyrelyje. Norint gauti ryškias spalvas, būtina panaudoti tinkamą kiekį pigmento. Pigmento dozė priklauso nuo jo agregatinio būvio ir pagal pagal LST EN 12878:2005 en nerekomenduojama naudoti daugiau kaip 10% pigmentų portlandcemenčio masės. Jei naudojant 10% pigmento nepavyksta gauti norimos spalvos, vadinasi pasirinkto pigmento dažomoji geba yra maža ir su juo gauti norimo rezultato nepavyks. Pigmentai turi tolygiai pasiskirstyti mišinyje, kad gautume tolygią spalvą visame gaminyje.

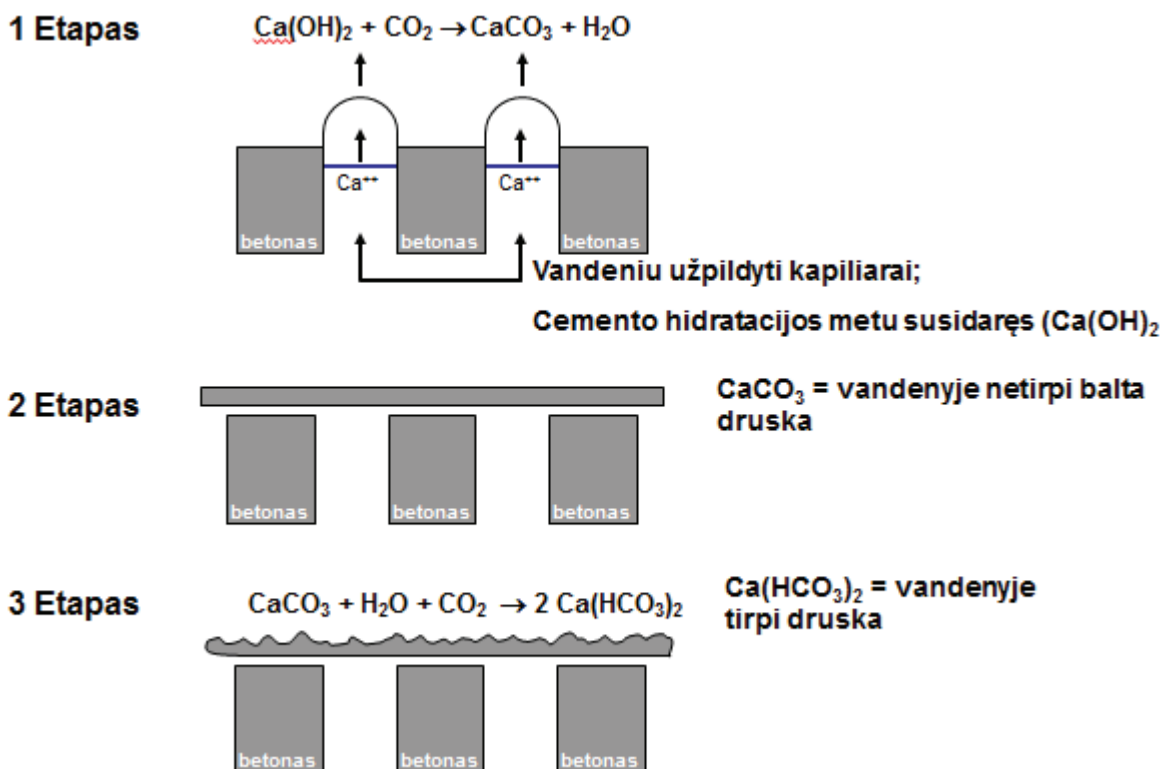
Betoninių gaminių spalva priklauso ir nuo betono mišinyje naudojamų užpildų. Naudojami užpildai turėtų būti švarūs, be molio dalelių, neužteršti jokiais teršalais. Esant daug molio dalelių sumažėja pigmentų dažomoji geba, nes yra didelis savitasis paviršiaus plotas, o pigmento dalelės turi kiekvieną mišinyje esančią dalelę tarsi apglėbti. Jeigu naudojami užpildai bus šviesūs, tada spalva visada bus ryškesnė už tokius pat gaminius kuriuose bus panaudoti tamsūs užpildai [14].

Gaminamo betono mišinio spalvos ryškumas priklauso ir nuo vandens ir cemento santykio, nes kuo didesnis V/C santykis tuo gaminys gaunamas porėtesnis. Esant daug porų krintanti šviesa ant paviršiaus yra išsklaidoma, o neporėtame gaminyje šviesa neatspindima, todėl gaminiai su mažesniu V/C santykiu vizualiai atrodo sodresnės spalvos už gaminius su didesniu V/C santykiu, nors pigmento kiekis bus ir toks pats.

Kiekvienas betoninis gaminys gali būti eksploatuojamas skirtingose sąlygose, todėl jo paviršiaus spalva gali stipriai skirtis nuo tokio pat gaminio, esančio kitokiose sąlygose. Taip pat skirsis betoninių gaminių spalva juos skirtingai kietinant: gaminio, kietinto šutinant spalva visada bus švaresnė už gaminio, kuris buvo kietinamas įprastinėmis sąlygomis [14].

Neseniai pagamintuose betoniniuose gaminiuose labai dažnai galima išvysti susidarančias baltas apnašas, kurios pigmentuotus gaminius neleidžia atskleisti jų estetinį vaizdą. Baltų apnašų susidarymo procesas vadinamas eflorescencija.

12 pav. Baltų apnašų susidarymo mechanizmas



Viena iš pagrindinių naudojamų pigmentų savybių turėtų būti jo cheminis stabilumas, jis turėtų būti tvarus šarminėje aplinkoje ir atsparus UV spindulių poveikiui. Šiuos poveikius patiria beveik visi betoniniai gaminiai, nes juose yra šarminė aplinka, o saulė lemia UV spindulių poveikį.

1.5. Pigmentuoto betono užpildų specifika

Užpildai - birios gamtinių uolienų arba dirbtinės medžiagos. Jos dažniausiai būna kampuotų ar apvalainų grūdelių formos, kurių dydis - nuo keliolikos milimetrų iki kelių dešimtųjų milimetro dalių. Nuo užpildų savybių, jų koncentracijos mišinyje priklauso gaminio struktūra ir savybės. Užpildai užpildo gaminio tūrį, o vienoks ar kitoks rišiklis, kurio tūris mišinyje paprastai būna kelis kartus mažesnis už užpildo tūrį, tik suriša gaminyje užpildo daleles. Gaminant kompozitinius mišinius būtina įvertinti komponentų savybes, užpildo dalelių dydį, formą, išsidėstymą, paviršiaus šiurkštumą ir kitas suketėjusio kompozito ilgalaikiškumui įvertinti būtinas savybes. Dažnai siekiama gauti optimalios struktūros mišinį ir reikiamos kokybės gaminį.

Vienas iš svarbiausių užpildų parametrų yra jo granuliometrinė sudėtis, nuo šio parametro priklauso kaip bus užpildytas betono mišinys, kiek bus reikalinga rišamosios medžiagos, o nuo to ir kiek bus reikalinga pigmento. Granuliometrinė sudėtis - užpildo dalelių pasiskirstymas pagal stambumą, išreikštas išbirų per nustatytą sietų skaičių masės procentais. Užpildai gali būti monodispersiniai ir polidispersiniai. Monodispersiniais vadinami tokie užpildai, kurių dalelės yra apytikriai vienodo skersmens, tačiau tokių realiai būna retai. Tai vienfrakciniai užpildai, kurių dalelių skersmuo kinta nedaug. Kitimo ribos apibrėžtos stambiausių ir smulkiausių dalelių skersmenų santykiu: $D/d = 1,4$; $D/d = 2^{0,5}$ (čia D ir d - atitinkamai stambiausio ir smulkiausio sietų akelių matmenys)[7].

Plačiausiai naudojami dvifrakciniai arba polifrakciniai užpildai. Polifrakciniai užpildai būna tolydinės (netrūkios) granuliometrinės sudėties. Tolydinė sudėtis yra tokia, kurioje yra įvairių frakcijų dalelių. Trūkioji grūdinė sudėtis, būna tada, kai vienos ar kelių stambumo frakcijų dalelių mišinyje yra palyginti mažai arba visai nėra.

Kiekvieno užpildo frakcijai apibūdinti ir grūdinei sudėčiai nustatyti naudojami trijų komplektų sietų rinkiniai: pagrindinis ir du papildomi. Iš vieno arba skirtingų komplektų parinkus du gretimus sietus, galima pagal jų akelių matmenis apibūdinti norimą frakciją arba frakcijų mišinį. Siauriausios frakcijos viršutinio ir apatinio sietų akelių matmenų santykis yra 1,4. Užpildų mišiniai gali būti sudaryti iš dviejų, trijų ar daugiau frakcijų. Mišinių frakcijų variantų gali būti labai daug.

Smulkusis užpildas yra toks, kurio dalelių stambumas (D) ne didesnis kaip 4 mm. Smulkusis užpildas, dažniausiai smėlis, gaunamas trupinant uolienas, žvirgždą arba gaminant dirbtinį užpildą.

Stambusis užpildas toks, kurio dalelių stambumas (D) ne mažesnis kaip 4 mm ir (d) ne mažesnis kaip 2 mm. Stambusis užpildas dažniausiai būna natūralus žvirgždas.

Gamtinis natūralios sudėties 0/8 mm užpildas yra dalelių, ne didesnių kaip $D=8$ mm ir $d = 0,063$ mm, mišinys.

Mišrusis užpildas yra stambiųjų ir smulkiųjų dalelių, kurių $D < 45$ mm ir $d = 0$, frakcijų mišiniai. Toks mišinys praktikoje dar vadinamas žvyru.

Užpildų grūdinę sudėtį taip pat galima įvertinti lyginamuoju paviršiumi. Tai irgi užpildų geometrinių savybių alternatyvusis rodiklis. Lyginamasis paviršius yra grūdelių paviršiaus ploto ir masės santykis. Ši charakteristika praktikoje naudojama, nes ji apytiksliai nusako užpildo dalelių stambumą. Pagal lyginamąjį paviršių galima lyginti įvairių, ypač dispersiškų, užpildų stambumą.

5 lentelė Užpildų granulimetrinės sudėties reikalavimai [17]

Užpildas	Frakcija	Išbiros masė, procentais					Kategorija, G
		$2D$	$1,4D$	D	d	$d/2$	
Stambusis	$D/d > 2$ ir $D > 11,2$ mm	100	98–100	90–99	0–15	0–5	$G_{C90/15}$
Smulkusis	$D \leq 4$ mm ir $d = 0$	100	95–100	85–99	–	–	G_F85
Natūralios sudėties	$D \leq 8$ mm ir $d = 0$	100	98–100	90–99	–	–	G_{NG90}
Frakcijų mišinys	$D < 45$ mm ir	100	98–100	90–99	–	–	G_A90
	$D = 0$	100	98–100	85–99	–	–	G_A85

Kaip smulkus užpildas betonui gaminti naudojamas smėlis, dažniausiai jo dalelės būna nuo 0,125 mm (0,125–0,5 mm). Betonų gamybai dažniausiai naudojamas gamtinis smėlis, susidaręs įrant gamtinėms uolienoms. Naudojamas ir dirbtinis smėlis, kuris gaunamas smulkinant gamtines uolienas arba smulkinant dirbinių iš natūralių akmenų gamybos atliekas. Taip pat naudojamos granito ar dolomito skaldos gamybos atliekos (atsijos). Gamtinis smėlis yra įvairių mineralų grūdelių (daugiausia kvarco, feldšpatų, kalcito, žėručių ir kt.) mišinys. Jo dalelės nuzulintos, apvalios. Dirbtinio smėlio dalelės šiurkščios, aštriabriaunės. Betonų gamybai naudojamo smėlio kokybė priklauso nuo dalelių grūdinės sudėties ir kenksmingų priemaišų. Kai betonų gamybai naudojamos aštriabriaunės dalelės, gaunasi stipresni dirbtiniai akmenys. Apie smulkiojo užpildo

tinkamumą betono mišinių gamybai sprendžiama tik pilnai kompleksiškai jį ištyrus (būtina tirti jo grūdinę sudėtį, užterštumą moliu, dulkėmis, organinėmis priemaisomis, tirpiomis druskomis ir pan.)[17].

Užpildas turi būti sudarytas iš įvairaus dydžio dalelių (įvairių frakcijų). Yra nustatyta, kad užpildo stambių, vidutinių ir smulkių dalelių kiekis (t.y. užpildo dalelių sudėtis) nustatomas naudojantis patikrintomis rekomendacijomis tokiu būdu, kad mažesnės dalelės būtų tuštumose tarp stambių dalelių. Kuo tankiau sudėtos užpildo dalelės, tuo mažesnis tuštumų tūris.

Betonų ir skiedinių gamybai gamtinis žvyras dažniausiai netinka. Kad būtų galimąjį naudoti betono mišinių gamybai, būtina atskirti stambias daleles nuo smulkiųjų. Smulkiosios stambiausios dalelės yra ne didesnės nei 2,5 mm. Smėlio granulimetrinė sudėtis nustatoma prasijojant tam tikro, normomis reglamentuoto, iki pastovios masės išdžiovinto gamtinio ar dirbtinio smėlio - žvyro kiekį. Tiriant granulimetrinę birios medžiagos sudėtį laboratorinėmis sąlygomis, dažniausiai per tam tikros sudėties sietų komplektą sijojama 1500 - 1000 g gamtinio (arba dirbtinio) smėlio. Sijojimui tinka sietų komplektai apvaliomis ir kvadratinėmis akelėmis. Sietų akelių matmenys standartizuoti. Pagrindinio sietų komplekto sietai yra su tokių dydžių akelėmis:

6 lentelė Pagrindinių standartizuotų sietų matmenys

Apskritųjų akučių skersmuo, mm	0,140	0,315	0,63	1,25	2,5
Kvadratinių akučių kraštinės ilgis, mm	0,125	0,250	0,5	1	2

Smėlyje, kuris naudojamas kaip užpildas betonų gamybai, gali būti ne daugiau kaip 5% nuo 4 (5) iki 8 (10) mm žvirgždo dalelių o didesnių negu 8(10) mm dalelių negali būti.

Atlikus sausąjį sijojimą t.y. suskirsčius ėminį į atskiras dalis pagal tam tikro didumo grūdelius, sveriami medžiagos kiekiai, esantys ant sietų. Po to apskaičiuojamos dalinės liekanos ant kiekvieno sieto (%), ir galiausiai, nustatoma pilnoji liekana (%). Turint granulometrinės sudėties rezultatus, galima apskaičiuoti stambumo (arba smulkumo) modulį. Tai bedimensinis dydis, kuris apskaičiuojamas kaip pilnųjų liekanų suma, padalyta iš 100.

Pagal stambumo (smulkumo) modulį smėlis skirstomas į labai stambų, stambų vidutinį, smulkų ir labai smulkų.

Smulkios dalelės (dulkės, dumblas, molis) padidina vandens sąnaudas ir cemento kiekį betono gaminiam. Todėl smėlyje dalelių, praeinančių pro patį smulkiausią 0,125 (0,14) mm sietą

turi būti ne daugiau kaip 10%. Taip pat ribojamas ir molio bei dulkių kiekis smėlyje. Dulkių, dumblingų ir molingų dalelių, nustatomų plaunant, kiekis turi neviršyti 3 %. Molio dalelės yra labai labai mažos, jų dydis $< 0,002$ mm, todėl jų savitojo paviršiaus plotas yra labai didelis. Betonai - tai dirbtinis akmuo, kuriame klijine medžiaga - cemento tešla turi būti padengiamos visos užpildo dalelės. Esant dideliame dalelių savitojo paviršiaus plotui, reikia žymiai daugiau klijų, pvz. cemento, kuris yra pats brangiausias komponentas. Vadinasi, didėjant jo išeigai, sparčiai brangsta betonai [7].

Gamtiniame smėlyje ir skaldoje gali būti organinių priemaišų (pavyzdžiui, augalų liekanų skilimo produktų), organinių humusinių rūgščių, kurios sumažina betono stiprumą ir net suardo cementą. Organinės priemaišos nustatomos kalorimetriniu metodu kaitinant. Smėlis yra tinkamas betonui, jeigu skystis - 3 % NaOH tirpalas virš smėlio - nenusidažo arba jo spalva būna šviesesnė už etalono.

Pigmentai betono mišinyje gali būti kaip mikroužpildai. Mikroužpildai yra smulkus mineraliniai milteliai, gaunami iš gamtinių mineralinių uolienų ir mineralinių pramonės atliekų. Mikroužpildai yra nekenksmingi, nelėtina cemento rišimos ir ar kitaip ne blogina sukiestėjusių betono ar skiedinio fizikinių ir mechaninių savybių.

Pagal stambumą mikroužpildai skirstomi į tris grupes: stambesni už cementą, cemento stambumo ir smulkesni už cementą. Pagal cheminį aktyvumą mikro užpildai yra aktyvieji ir inertiški. Aktyvieji užpildai, sumaišyti su kalkėmis, rišasi ir kietėja gerindami mišinių stiprį. Inertiniai mikroužpildai didina kompozito tankumą, užpildo mikrotuštas, didina ilgalaikiškumą bei naudojami pigmentai gali suteikti norimą spalvą ar atspalvį.

Mikroužpildo dalelės turi būti tokio stambumo, kad tilptų tarp stambesniųjų užpildo dalelių. Granulimetrinė sudėtis nustatoma sijoiant jas per standartinius sietus. Tačiau labai dispersiškų mikroužpildų daleles per tankius sietus sunkiai sijoja, todėl sietinė analizė atliekama, kai dalelių skersmuo yra didesnis kaip 5 μ m. Inertiškų mikroužpildų (malto kvarcinio smėlio, maltų klinčių, dolomito, granito ir kt.) granulimetrinės sudėties reikalavimai pateikti 4 lentelėje.

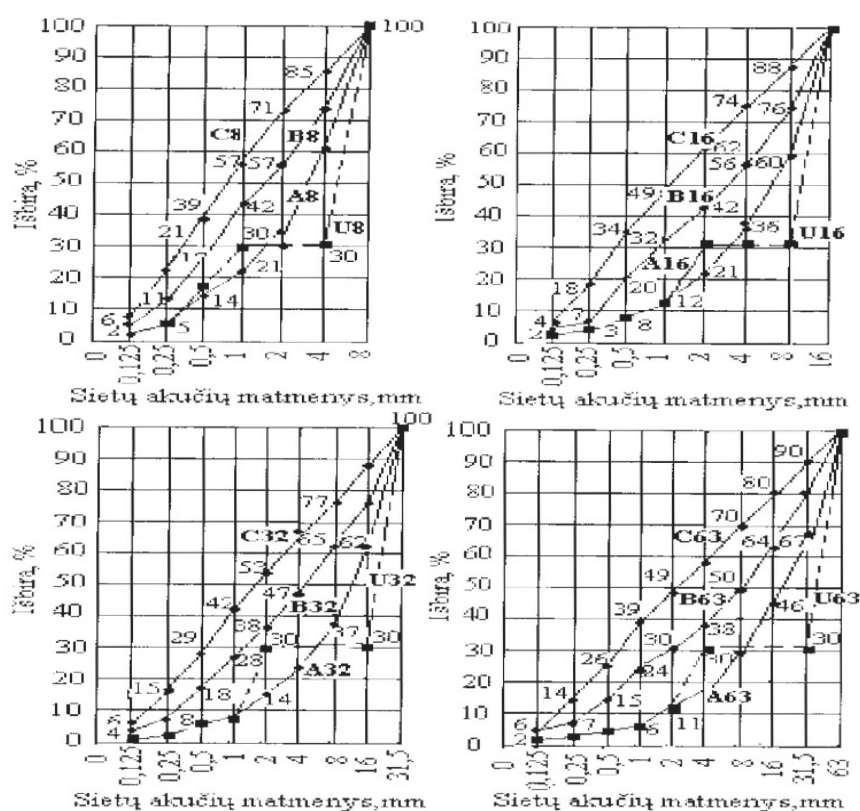
7lentelė. Mikroužpildų granulimetrinės sudėties reikalavimai [17]

Sieto akelių skersmuo, mm	Išbira per sietą, masės %	
	leistinos absoliutinės ribos, kai imamas vienas bandinys	didžiausias nuokrypis, kai ėminių yra ne mažiau kaip 10
2	100	—
0,125	85–100	10
0,063	70–100	10

Patogiausia optimalios sudėties betono užpildų mišinį sudaryti iš atskirų frakcijų arba frakcijų grupių, kuriose būtų 2 arba 3 frakcijos. Užpildų mišinio sudėtis paprastai optimizuojama

keičiant stambiojo ir smulkiojo užpildo santykį. Mišinys laikomas geriausios sudėties, kai jo tuštymėtumas mažiausias. Optimizavimo kriterijus yra mažiausias tuštymėtumas, o optimalią užpildų sudėti galima apskaičiuoti pagal granulimetrinę sudėtį. 13 paveiksle esančios kreivės yra patogios, parenkant betono mišinio užpildų sudėtį, tai galima atlikti dviem būdais: 1) pagal kreives nustatyti frakcijų procentinę sudėtį arba 2) ties išbiros 50% riba kreives padalyti į dvi dalis ir apskaičiuoti stambesnių ir smulkesnių dalelių santykį. Pigmentuoto betono gaminiams reikia parinkti optimalios granulimetrinės sudėties užpildus siekiant gauti atitinkamos kokybės gaminius [7].

13pav. Užpildų granulimetrinės sudėties tipiniai grafikai A, B, C yra standartinės granulimetrinės kreivės [17]



Betono mišinyje esantiems užpildams keliami svarbūs cheminiai reikalavimai. Europos standartuose yra nustatyti užpildų cheminėms savybėms keliami reikalavimai: chloridų ir sulfatų kiekiai, tirpumas rūgštyse, organinės priemaišos, trukdančios cementui kietėti. dirbtiniuose užpilduose esantys plėtrūs kalcio silikatai, irstančios geležies kiekis, šlakai ir kt. Pagal cheminius rodiklius užpildai gali būti priskiriami atitinkamai kategorijai arba apribotas jų naudojimas tam tikroms statybos sritims.

Užpildų gebėjimas chemiškai reaguoti su rišamosiomis medžiagomis gali pasireikšti įvairiais būdais. Betonui, ypač gelžbetoniui, neigiamą įtaką daro chloridai, kurie gerai tirpsta vandenyje ir reaguoja su metalais. Betonai gali irti, kai užpilduose yra daugiau kaip 0,15% natrio ir kalio druskų

(chloridų). Chloridų kiekis labiausiai priklauso nuo užpildo kilmės. Šios druskos padidina suminį chloridų ir šarmų kiekį. Paprastai ribojamas su visais komponentais į betoną patenkantis chlorido jonų kiekis. Didžiausias leistinas chloridų kiekis užpilde: įtemptajam betonui - 0,03%; armuotajam betonui - 0,06%; nearmuotajam betonui - 0,15% [7].

Aktyviųjų reaktyviausių priemaišų ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) yra opokoje, titnago, dolomitinėse klintyse bei kai kurių vulkaninių uolienu turinčiuose užpilduose. Šalies žvyrynuose opalo kiekis svyruoja nuo 1 % iki 2,7%, titnago - nuo 0,5% iki 2,2%. Aktyviojo silicio oksido pasitaiko šlakiniuose grūdeliuose ir kituose dirbtiniuose užpilduose.

Šios uolienos jau suketėjusiam betone reaguoja su cemento šarmais, dalelės didina savo tūrį, todėl betonas su tokiais užpildais deformuojasi, trūkinėja, mažėja jo stiprumas ir konstrukcijos gali net suirti. Paviršiuje esančios užpildo reaktyviosios dalelės skilinėja, gadindamos apdailą.

Šarminė korozija

Betono struktūros destrukciniai pokyčiai atsiranda ir dėl vidinių įtempimų, atsirandančių betonuose ar skiediniuose, ir dėl aktyviosios reakcijos su SiO_2 . Ši reakcija vyksta lėtai, porose kaupiasi naujadarai, didėja tūris, betonas brinksta ir lėtai yra. Proceso greitis irgi priklauso nuo cemento cheminės sudėties. Užpildo grūdelių kiekis taip pat turi įtakos betono šarminei korozijai atsirasti. Pavojingiausi yra 2-4 mm skersmens grūdeliai, ant kurių susidarantys nauji junginiai gali ardyti betoną. Betonams naudojant aktyviuosius užpildus, reikia patikrinti šarmų ir aktyviųjų užpildų reakcijos pokyčių įtaką betono ilgalaikiškumui. Norint išvengti šarmų reakcijos sukeltą ardymo poveikio dėl tam tikro cemento ir užpildų derinio gali būti reikalinga viena iš tokių atsargumo priemonių: riboti bendrą šarmų kiekį mišinyje: naudoti mažašarmį cementą; naudoti nereaktyviuosius užpildus; naudoti pucolaninius priedus, surišančius šarmus.

Šarmams neatsparūs tie užpildai, kuriuose yra amorfinio silicio dioksido, kadangi jie drėgnoje aplinkoje reaguoja su natrio ir kalio šarmais ir su laisvosiomis kalkėmis, taip sudalydami tūrį didinančius junginius, ardančius medžiagas. Atsparumas šarmams gali būti nustatomas keliais būdais: pagal masės pokytį, stiprumo sumažėjimą ir kt. Šie procesai nevyksta, jei užpilduose šarmų kiekis neviršija nustatytos kritinės ribos. Ši kritinė riba, arba leidžiamas šarmų kiekis, užpilduose nustatomas, remiantis jų reaktyvumo bei kitų cheminių medžiagų įtaka betono ilgalaikiškumui ir ilgamečių mokslinių tyrimų rezultatais. Šalyje dažniausia aktyviojo silicio dioksido yra vakariniuose regiono žvyrynų telkiniuose.

Kalcio karbonatų kiekis užpilduose taip pat turi būti kontroliuojamas. Klintiniai Ca(OH)_2 užpildai reaguoja su CO_2 ir susidaro vandenyje tirpus $\text{Ca(HCO}_3)_2$; junginys, kuris gali būti išplaunamas. Karbonatų kiekis nustatomas pagal EN 196 standartą. Kriauklainės klintys, koralinės

klintys, kreidos mergelis pagal cheminę sudėtį yra kalcio karbonatai, susidarę iš gyvūnų liekanų. Tokios klintinės medžiagos yra poringos, lengvos, veikiamos vandens minkštėja. Tokių uolienu kiekis stambiajame užpilde yra ribojamas. Jų kiekis nustatomas pagal standartą EN 933. Kai kurie sieros junginiai, esantys užpilduose, tam tikromis aplinkybėmis betone gali oksiduotis ir sudaryti sulfatus. Jie dėl plėtimosi gali ardyti betoną.

Naudojant dirbtinius užpildus, leidžiami didesni sieros kiekiai. Pavyzdžiui, oru ataušintame aukštakrosnių šlake sieros leidžiama iki 2 %. Jei užpilduose yra piritu (nestabilios geležies sulfido FeS formos), būtina numatyti ypatingas atsargumo priemones. Žinant, kad yra šio mineralo, didžiausias bendras sieros kiekis turi būti ne didesnis kaip 0,1 %. Sieros jonai, ištirpę vandenyje, betone su cemento mineralais sukelia betono sulfatinę koroziją.

Sumažinti kenksmingų medžiagų poveikį cementui galima keliais būdais: [mirkyti medienos užpildus vandenyje; įdėti į mišinį „mineralizatorių“, kurie, paveikti specialių priemonių, neutralizuos kenksmingas medžiagas.

Užpilduose esantys kai kurie molio mineralai taip pat turi neigiamos įtakos cemento kietėjimui, stiprumui, ilgalaikiškumui.

Daugelio užpildų trūkumas yra mažas atsparumas aplinkos drėgmės pokyčiams; susitraukimas džiūstant ir plėtimasis drėkstant - tai turinės drėgmės deformacijos. Užpildų formos ir matmenų kitimas lemia vidaus įtempimų atsiradimą ir destruktiją sąlyčio su rišančiąja medžiaga zonoje. Dėl užpildo savybių betone atsiranda irimą rodantys susitraukimo plyšiai. Būtina patikrinti užpildo tinkamumą betonui. Tai svarbu atlikti, esant konstrukciniam betonui. Susitraukimo deformacijos tiriamos pagal EN 1367 standartą. Ši deformacija įvertinama procentais. Į tokią savybę neatsižvelgiama aplinkos sąlygomis, kai betonas su naudojamu užpildu negali džiūti, ir kai nėra atmosferos poveikių pavojaus.

Dekoratyviajam betonui svarbu paviršiaus būklė. Betono paviršiaus kokybei ir ilgalaikiškumui įtakos turi užpilduose esančios priemaišos. Jų kiekiai turi būti ribojami. Kai kurios užpildo priemaišos gali sudaryti išskyrų arba sproginėti, nudažyti paviršių, atsirasti dėmių. Dekoratyvaus betono paviršius turi atitikti etaloninį pavyzdį. Jei numatoma, kad betono paviršiaus kokybė bus svarbus jo rodiklis, užpilduose neturi būti tokių ir tiek priemaišų, kurios pakenktų paviršiaus kokybei arba ilgalaikiškumui.

Tam tikrais atvejais leidžiami nedideli priemaišų kiekiai, nustatyti pagal standartą EN 1744. Priemaišų kiekiai vertinami masės procentais nuo bendro užpildų kiekio.

Užpildų savybių vienodumas - tai kokybės rodiklių pastovumas per tam tikrą gamybos laikotarpį. Gamyklose yra sukuriamos produkcijos kokybės kontrolės tarnybos, kurios tikrina ir

užtikrina gaminamų užpildų kokybę. Firmos, prekiaujančios užpildais, naudoja priemones, mažinančias nekokybiškos produkcijos atsiradimo galimybes, o gamintojai sudaro produkcijos kokybės valdymo sistemą, kad jų produkcija galėtų atitikti aukštus vartotojų reikalavimus.

Užpildų rodiklių vienodumas nustatomas pagal vieną ar kelias svarbiausias savybes. Standartuose yra nurodyti privalomieji rodikliai, kuriuos turi atitikti užpildai, tinkantys pastatams, keliams ir kitiems inžineriniams statiniams naudojamam betonui gaminti. Svarbiausios deklaruojamos savybės: dalelių forma; stambumas ir tankis; švarumas; atsparumas trupinimui/skaldymui; atsparumas glūdinimui/dilimui/ dėvėjimuisi; cheminė sudėtis; tūrio pastovumas; vandens įmirkis; kenksmingos medžiagos; atsparumas šaldymui ir atšildymui. Svarbiausių techninių savybių rodiklių vienodumui nustatyti dažniausiai laikomi tikimybių teorijos ir matematinės statistikos metodai. Savybės nustatomos standartuose numatytais medžiagų bandymo metodais. Stengiamasi, kad kuo mažesnę įtaką turėtų įrenginiai ir vykdymo operatoriai.

Praktikoje visų užpildų kokybės patikrinti neįmanoma, todėl kiekvienoje pamainoje tam tikra tvarka atrenkamas tam tikras bandinių skaičius (x_i), nustatomos jų savybės ir surašomos nustatyto formato dokumentuose. Sukaupus atitinkamą bandymo rezultatų skaičių galima apskaičiuoti statistinius rodiklius: vidutinį aritmetinį vidurkį ($\bar{x}$), vidutinę kvadratinę paklaidą (δ), variacijos koeficientą (v), pagal kuriuos įvertinamas ir palyginamas atskirų savybės rodiklio reikšmių pasiskirstymas ir tikimybiškai nustatoma produkcijos kokybė.

Teorinės dalies išvados

- ✓ Spalvotasis (apdailinis) betonas gana plačiai naudojamas ir hidrotechninėje statyboje;
- ✓ Spalvotajam (apdailiniam) betonui keliami tokie patys reikalavimai, kaip ir nespalvotajam (kartu su estetinio pobūdžio reikalavimais);
- ✓ Vienas iš dažniausiai pasirenkamų spalvotojo hidrotechninio betono ruošimo būdų – jo tūrinis spalvinimas pigmentais: dažniausiai naudojami mineraliniai milteliniai pigmentai;
- ✓ Egzistuoja daug betono (statybinių medžiagų) kolorimetrijos sistemų, šiame darbe kolorimetrinių parametrų aprašymui pasirinkta RGB skalė, nes ji fiziologiškai artimiausia žmogaus regėjimui;

2. EKSPERIMENTINĖ DALIS

2.1. Pagrindinio tyrimo objekto aprašymas

2.1.1. Smiltynės jachtų uosto situacija prieš jos rekonstrukciją

Smiltynės jachtų uostas yra šiaurinėje Kuršių Nerijos dalyje. Jachtų uostą sudaro esamos krantinės Nr. 1, Nr.2 ir Nr.3 bei infrastruktūrai skirti pastatai (viešbutis, garažai ir kt).

Krantinę Nr. 1 sudaro 204 m ilgio molas ir 268 m ilgio krantinė. Krantinė pastatyta 1966 m. Esamas dugno gylis pirmajame baseine svyruoja nuo -2,50 iki — 5,00 m. Krantinės viršaus altitudė svyruoja nuo +1,28 iki +1,38 m.

Krantinės Nr. 2 ilgis 297 m. Krantinė pastatyta 1966 m. Esamas dugno gylis antrajame baseine svyruoja nuo —1,70 iki — 3,00 m. Krantinės viršaus altitudė svyruoja nuo +1,17 iki +1,31 m.

Esama krantinių architektūra skurdi, vyrauja betoniniai masyvai, prie žemesnių vandens lygių galima pastebėti plieninį ar medinį įlaidą.

2.1.2. Krantines veikiantys poveikiai

Vyraujančios vėjų kryptys Klaipėdoje: Vakarų 15,8%; Šiaurės vakarų 13,9 %; Pietų vakarų 14,3 %; Pietryčių 17,0 % [13].

47,6% sudaro dažniausiai pasitaikantys vėjo greičiai 4-8 m/s. Stiprūs vėjai 9-13 m/s sudaro Vėjo greičio dažnumai priklausomai nuo jo krypties parodyti žemiau pateiktoje lentelėje:

8 lentelė Vėjo greičio dažnumai priklausomai nuo jo krypties Kuršių mariose [13]

1 Greitis	Š	ŠR	R	PR	P	PV	V	ŠV	Suma
m/s	%								
-	0,59								
1-3	4,933	5,761	7,012	5,433	2,930	2,630	2,757	4,108	35,564
4-8	3,029	3,273	5,269	9,732	3,973	7,260	7,810	7,213	47,559
8-13	0,382	0,120	0,392	1,687	1,060	3,088	3,569	1,741	12,039
14-20	0,057	0,008	0,024	0,189	0,272	1,268	1,569	0,695	4,082
>20	0,002	-	-	-	0,002	0,056	0,079	0,024	0,163
Suma:	8,403	9,162	12,697	17,041	8,237	14,302	15,784	13,871	100,000

2.1.3. Temperatūra

Visame Klaipėdos krašte šilčiausiu laikotarpiu laikomas liepos mėnuo, kurio vidutinė temperatūra apie 17°C. Šalčiausias mėnuo yra sausis, kurio temperatūros vidurkis -5,1 °C. Krašto vidutinė metinė temperatūra yra 6,2 °C.

9lentelė Temperatūros rodikliai Klaipėdos krašte [13]

Mėnuo	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
°[°C]	-2,8	-2,6	0,3	5,0	10,6	14,3	16,6	16,8	13,3	9,0	3,9	-0,1
max [°C]	8,7	15,4	17,1	27,0	30,4	34,0	34,0	34,0	30,4	22,2	15,4	10,3
min [°C]	-33,0	-33,4	-20,8	-12,8	-4,0	-0,7	4,9	2,9	-4,9	-9,1	-14,4	-24,2

2.1.4. Srovės

Visame Klaipėdos krašte šilčiausiu laikotarpiu laikomas liepos mėnuo, kurio vidutinė temperatūra apie 17°C. Šalčiausias mėnuo yra sausis, kurio temperatūros vidurkis -5,1 °C. Krašto vidutinė metinė temperatūra yra 6,2 °C.

Srovių pobūdį Klaipėdos kanale nulemia keli gamtiniai veiksniai - upių prietaka, lygių tarp marių ir jūros skirtumai, vandens apykaita su jūra per sąsiaurį ir vėjas. Upių prietaka į Kuršių marias yra itin svarbus veiksnys, nuo kurio dydžio ir kaitos metų bėgyje daugiausiai priklauso vandens masės dinamika sąsiauryje. Per Kuršių marias į jūrą nuteka vidutiniškai 22,1 km³ gėlo vandens. Upių prietaka formuoja pastovią ištekančią į jūrą srovę, kurios vidutinis daugiametis greitis 30-40 cm/s.

Vyraujančių ištekančių į jūrą srovių dinamiką labai pakeičia stiprių vėjų sukelti staigūs vandens lygių pasikeitimai. Tokių patvankų metu susidaro į kuršių marias įtekančios srovės, šios srovės formuojasi pučiant štorminių greičių V, ŠV, Š kryptių vėjams. Sąsiauryje stebimos ir dvisluoksnės srovės. Jos susidaro tada, kai Kuršių marių vandens lygis skiriasi nuo Baltijos jūros ir keičiasi srovės kryptis Klaipėdos sąsiauryje. Tada paviršiniu sluoksniu į jūrą nuteka lengvesni gėli marių vandenys, o apatiniu - į Kuršių marias skverbiasi sūresni ir sunkesni jūros vandenys [13].

2.1.5. Bangavimas

Bangavimas Klaipėdos sąsiauryje tiesiogiai priklauso nuo vėjo režimo ir šiek tiek skiriasi nuo Baltijos jūros bangavimo. Tam įtakos turi Kuršių Nerijos pusiasalis, apsaugantis nuo tiesioginės jūros bangavimo įtakos. Jūros bangavimas per uosto vartus veikia tik šiaurinę uosto akvatoriją, palaispniui silpnėdamas tolstant nuo jūros vartų.

Didžiausios bangos prie Klaipėdos uosto įplaukos kanalo formuojasi didelių audrų metu pučiant stipriems PV-V-ŠV krypties vėjams. V bei V-ŠV krypties bangos sklinda toliausiai į uosto akvatoriją. Bangų parametrai uosto akvatorijoje yra skaičiuojami arba modeliuojami panaudojant vėjo charakteristikų, batimetrijos ir bangų aukščio uosto prieigose duomenis. Jachtų uostelio krantinės yra pietinėje Klaipėdos uosto įplaukimo kanalo dalyje, todėl pavojingiausios bangos krantinėms ir molui didelės įtakos neturi. Jachtų uostelį pasikartojančiai pasiekia praplaukiančių laivų sukeltos bangos.

2.1.6. Ledas

Ledas Kuršių mariose susidaro kasmet. Ledo sezono trukmė Klaipėdos sąsiauryje mažiausia yra 16, vidutinė —107 ir didžiausia 152 dienos.

Jūrinių tyrimų centro archyvo duomenimis didžiausias ledas arčiausiai Klaipėdos uosto išmatuotas stebint ledą profilį Juodkrantė - Klaipėda. Didžiausias ledas 43 cm išmatuotas į pietus nuo Alksnynės, matavimo laikotarpis 1972-02-25. Atliekant ledo storio matavimus Juodkrantė - Dreverna, nustatytas ledas 80 cm, matavimo laikotarpis 1970-03-11. Stebėtame profilyje Nida - Ventė stambiausias ledas matuotas 1969-03-10, 73 cm, ledo profilio stebėjimo laikotarpis 1958-2008 metai [.

Klaipėdos sąsiauris iki Kiaulės nugaros seklumos paprastai neužšąla, (išskyrus 1935-1936 m ir 1936-1937 metų žiemos, kai ledas dangą buvo 20-30 dienų) nes ledą sulaužo laivai.

Klaipėdos uoste ledų stebėjimai atliekami uosto vartuose ir už jų. Tai yra siauriausia uosto vieta ir išnešamų ledų kiekis šioje vietoje skiriasi nuo esamų uosto akvatorijoje. Galima teigti, kad ledonešiui susidaryti reikalingos palankios meteorologinės sąlygos. Aukšti vandens lygiai susidaro pučiant smarkiems Š, ŠV, V, PV vėjams, kurie sudaro patvanką tuo metu į uostą ir marias plūsta jūrinis vanduo ir susidaro aukšti vandens lygiai, kurie stabdo ištekančią marių vandenį. Nurimus vėjams vandens lygis sumažėja. Ledonešiui palankūs yra R PR ir P vėjai, tada vanduo teka iš Kuršių marių su ledais. Prie P vėjų ledonešis sustiprėja. Vidutinis daugiamečio ledonešio yra kovo mėnesio trečiasis ketvirtis.

2.2. Tyrimuose naudota įranga

Kiekvieno žmogaus akis mato skirtingai, ir spalvos kiekvienam atrodo kitokios: vienas sako rausva, kitas šviesiai raudona, o trečias pasakys, jog jam atrodo, kad tai raudona spalva. Norint tiksliai įvertinti spalvos rodiklius vien žmogaus akies nepakanka, reikia spalvą aprašyti skaitmenimis. Yra trys spalvos, kurios dar yra vadinamos tiesiškai nepriklausomomis spalvomis - tai spalvos, iš kurių nė viena negali būti gauta, sudedant dvi spalvas. Tos spalvos yra raudona, žalia ir mėlyna. Mano naudotas prietaisas EasyQA 5.1 nustato RGB koordinates (tai bedimensis dydis vadinamas spalvos koeficientu). Kiekvienas iš RGB (anglų žodžių „red“, „green“, „blue“ trumpiniai) imtuvų jautrus tam tikrame bangų ilgių diapazone. R imtuvas (jutiklis) jautrus spektro ilgųjų bangų (raudonajai) sričiai, G imtuvas jautrus spektro vidutinių bangų (žaliajai) sričiai ir B imtuvas jautrus spektro trumpųjų bangų (mėlynajai) sričiai sumuoja sužadinius, kuriuos sukelia visi atspindėtosios šviesos bangų ilgiai

Naudojamo prietaiso techniniai rodikliai:

Matavimo spektras - 400nm - 700nm

Skirtingų spalvų jautrumas - 16500000 vnt

Maitinimo šaltinis - 6v vidinė baterija

Ilgis - 168,7 mm ,**plotis** - 48 mm , **aukštis** - 61 mm

Matavimo trukmė - apie. 1 sek

Matavimo skersmuo – 7mm

Svoris - 115 g (su baterija)



14 pav. Naudojamas prietaisas EasyQA 5.1

Rentgeno spinduliuotės difrakcinė analizė atlikta panaudojus rentgeno spindulių difraktometrą DRON-5 (Vilnius, VGTU „Termoizoliacijos“ institutas, dr. A. Špokauskas). Įrenginio pagrindinės techninės charakteristikos: rentgeno spindulių detektoriaus sukimosi žingsnis - $0,02^\circ$, sukimo kampas 2θ – nuo 3 iki 70° , impulsų intensyvumo matavimo trukmė – $0,5$ sekundės, įtampa -30 kV, srovės stiprumas -20 mA. Bandiniai tiriami miltelių metodu, kai tiriamą medžiagą susmulkinama ir supresuojama į tabletę. Šis bandinys įtvirtinamas įrenginio laikiklyje ir į jį nukreipiamas tam tikru greičiu besisukantis rentgeno spindulių šaltinis ir jų atspindžio detektoriai.

Rentgeno spinduliams būdinga difrakcija, nes sklisdami į kristalus, amorfinės medžiagas, dujas, skysčius jie užlinksta. Pereidami kliūtis rentgeno spinduliai lūžta, kai kliūčių dydžiai artimi bangos ilgiui. Spinduliams lūžtant susidaro antrinių spindulių pluoštai, nukrypę į įvairias puses nuo pradinės sklidimo krypties. Pagal atspindėtą difrakcinį vaizdą nustatomos tiriamosios medžiagos struktūrinės charakteristikos. Metodo esmė yra tokia, kad rentgeno spindulių pluoštas, krisdamas kampu θ į kažkurios gardelės plokštumą, atsispindi nuo jų tuo pačiu kampu. Rentgenografinę analizės esmę nusako Vulfo ir Brego lygtis :

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

čia: λ - žinomas rentgeno spindulių bangos ilgis,

n - sveikasis skaičius, spektro arba atspindžio eilė,

d - gardelės tarp plokštuminis atstumas (nustatomas tyrimo metu),

θ - spindulių kritimo (atspindžio) kampas (nuolat matuojamas ir užfiksuojamas rentgenogramoje).

Rentgeno spinduliai atsispindėję nuo skirtingų atominių plokštumų stiprina vienas kitą, tai yra interferuoja, kai tenkinamos Vulfo ir Brego lygties sąlygos, o priešingu atveju spinduliai vienas kitą gesina. Pagal gautus atspindžio minimumus ir maksimumus nustatoma kokia kristalinė gardelė sudaro tiriamą medžiagą.

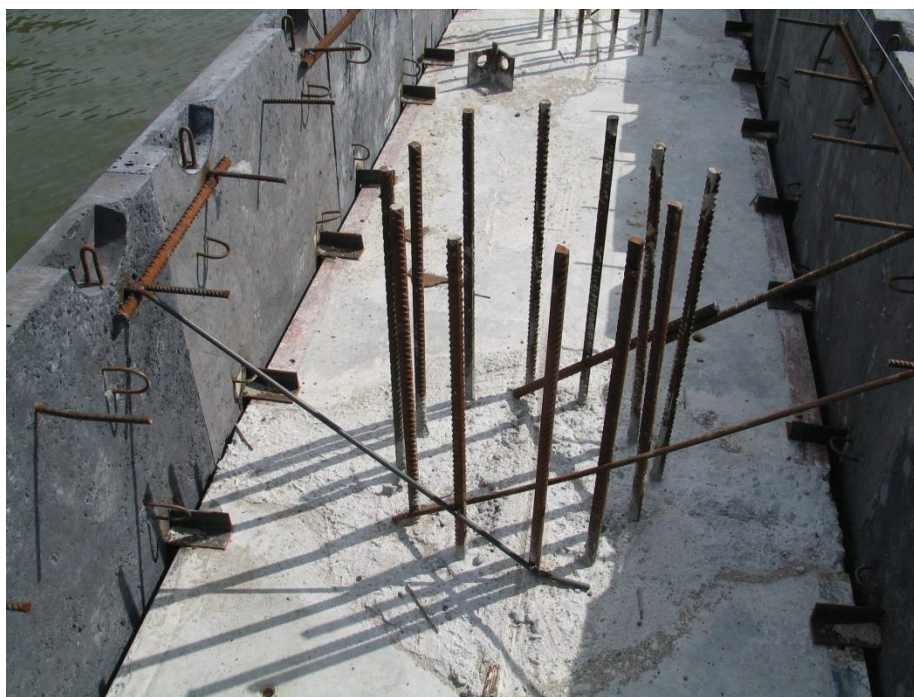
Stebint tiriamą objektą fotofiksacijai buvo naudojamas fotoaparatas Nikon Coolpix L120. Kurio techninės charakteristikos: 14.1 megapikselių fotografavimo raiška; 1/2.3" dydžio CCD tipo vaizdo jutiklis; plačiakampis Nikkor objektyvas (25-525mm); 21x optinis vaizdo priartinimas; ISO jautrumas nuo ISO 80 iki ISO 6400; 7.5 cm (3.0") ryškus LCD ekranas (921 tūkst. taškų)

2.3. Tyrimų duomenys

2.3.1. Stebėti apdailinio krantinės betono pokyčiai

Mano magistriniame darbe buvo stebimas 2011 metais pastatytas, bet dar iki šiol nepriduotas, Smiltynės Jachtų klubo uostelis. Objekte buvo lankomasi kartą per 3 mėnesius, iš viso apsilankyta 6 kartus. Pokyčiai buvo fotografuojami ir bandoma visus juos paaiškinti. Norint tiksliau aprašyti atsirandančius pokyčius buvo nubraižyti krantinių fasadai ir jų planas (pateikiami priede Nr. 1).

Pirmasis apsilankymas objekte buvo 2011m vasarą dar vykstant statybos darbams. Apžiūrėta betonuojamų krantinių konstrukcija. Pigmentuotas betonas naudotas tik krantinės apdailinėms plokštėms. Viršutinėje krantinių dalyje apdailinės plokštės panaudotos ir kaip liktiniai klojiniai.



15 pav. Betonuojamos Jachtų uostelio krantinės (J-K ašyje)

Sumontuotos apdailinės pigmentuoto betono plokštės tolygios spalvos neišlaiko. Ryškiai pastebimi klojinių tepalo likučiai. Taip pat matyti eflorescensijos produktai (baltos apnašos ant betono gaminių). Manoma, kad per neilgą laiko tarpą eflorescensijos produktai ir klojinių tepalo dėmės nusiplaus. Pastebima, kad vienodo intensyvumo spalvą išgauti betono gaminiuose labai sunku, nors ir naudojama aukštos klasės dozavimo techniką pigmentuotus betono gaminius gamina UAB „Perdanga“ .



16 pav. Eflorescencijos produktai ir tepalų likučiai (G-F ašyje)



17 pav. Spalvos netolygumas (M-N ašyje)

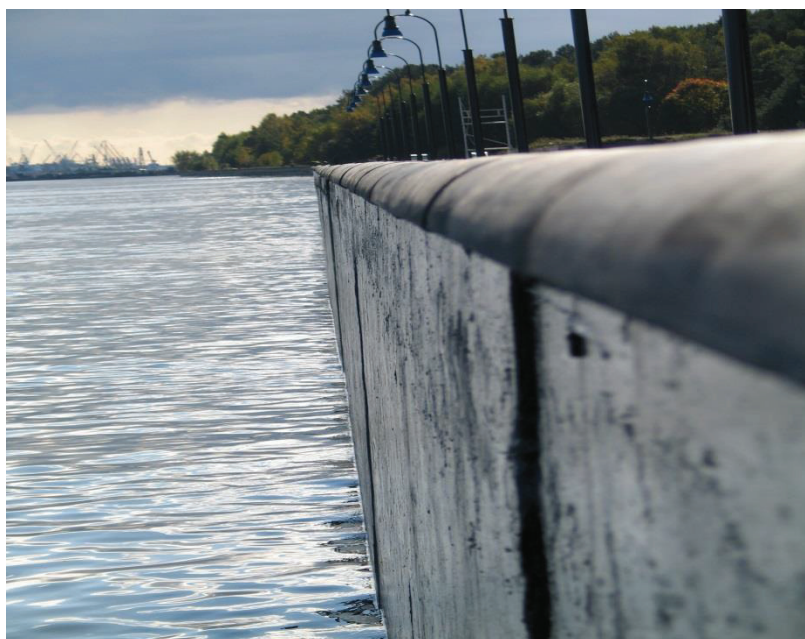
Sekantis apsilankymas objekte 2011 m. rudenį. Objekto statybos darbai beveik baigti, tvarkomas dar tik gerbūvis. Efluorescencijos produktų jau nebematyti, bet spalvos netolygumas ir tebalo likučiai ant krantinių betono paviršiaus pastebimi visur - krantinės atrodo nešvarios. Ašyje C-

D pastebėti nedideli kiekiai išsiskyre kalcio karbonato, kurie gadina dekoratyvinį paviršių. Kalcio karbonatas greičiausiai išsiskiria dėl netinkamai užtaisytų sujungimų.



18 pav. „Murzinos“ krantinės ir kalcio karbonato išsiskyrimas (C-D ašyje)

Krantinė, esanti A-B ašyje, neaptaisyta pigmentuoto betono plokštėmis o ji nušveista, nugruntuota ir padengta epoksidine derva; matomai bijota didesnio tiesioginio bangų poveikio nuo praplaukiančių laivų.



19 pav. Epoksidinės dervos danga ant betono krantinių iš Kuršių marių pusės (A-B ašyje)

Aplankius stebimą objektą 2012 metų ankstyvą pavasarį pastebėta, kad spalvos „murzinumas“ ne taip krenta į akis, tikriausiai todėl, kad oras drėgnas ir vanduo spalvos netolygumus „išlygina“. Po vandeniui esančios plokštės atrodo visiškai vienodos, bet jau pastebima, kad jos po truputi apauga vandens dumbliais ir kitais augalais. Tarp ašių G-F atsirado plyšys pro kurį išsiskiria kalcio karbonatas, plyšys dar nedidelis, jo atsiradimo priežastis – konstrukcijų deformacijos.

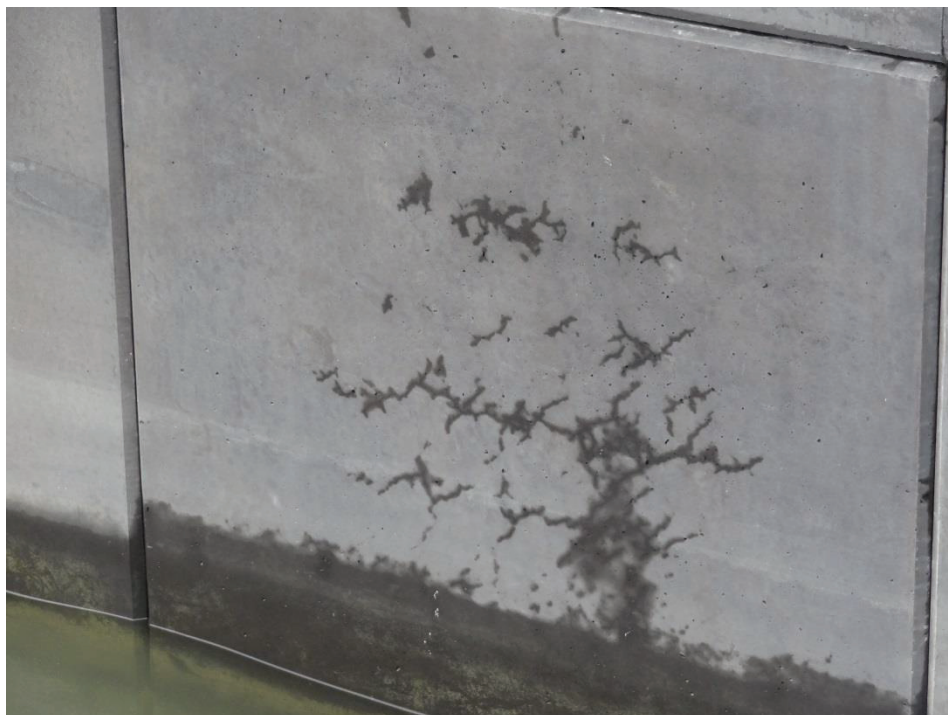


20 pav. Ledų sangrūda uostelio teritorijoje (E-F ašyje)



21 pav. Atsiradęs plyšelis krantinėje (G-F ašyje)

Keliose krantinės apdailinėse plokštėse matyti įvairių formų ir dydžių plyšelių atsiradimas. Spėjama, kad tai gali būti šarminės korozijos pradžia (dėl esančių priemaišų užpilduose).



22 pav. Šarminės korozijos pradžia (D-C ašyje)

Apsilankius Smiltynės Jachtų uostelyje 2012 m vasarą, didesnių pokyčių nuo matytų pavasarį nepastebėta. Didžiausi pokyčiai objekte vyksta nuo vėlyvo rudens iki ankstyvo pavasario, nes tada patiriamas didžiausias atmosferos veiksnių poveikis. Vasarą, esant sausam orui, spalva kažkiek praranda savo intensyvumą, apsineša dulkėmis, atsiranda baltų apnašų. Pigmentuoto betono apdailinės plokštės stovi daugiau kaip metai laiko, bet prie jų prisilietus jos „tepa“ – ant rankos palieka pigmentų likučiai. Vanduo, saulė ir vėjas lig tol nesugebėjo nuvalyti to tepančio sluoksnio. Pastebėta, kad virš krantinių esančios pusapvalės dekoratyvinės detalės (prieplaukos kordono borteliai), viršūnėse pasidarė labai porėtos. Taip nutinka, kai žiemos metu ant tų vietų patenka vanduo ir jis užšąla. Ledas suardo betono struktūrą ir lietaus vanduo išplauna smulkius užpildus: taip susidaro nelygus paviršius.



23 pav. Ledo poveikis apdailiniam betonui (N-M ašyje)

2012 metų rudenį matoma, kad kalcio karbonato kiekiai ant krantinių plokščių intensyviai didėja. Kintamo vandens ir povandeninėje zonoje matyti daug įvairios augmenijos, kuri padengia betoną ir gadina jo dekoratyviasias savybes (25 pav.). Spalvos koordinatų pamatuoti per augmeniją neįmanoma, juos prieš tai reikia pašalinti. Paėmę šitų dumblių mėginius juos paprašėme ištirti biologei doc. dr. Ritą Nekrošienę, kuri nustatė, kad šita augmenija yra maurarykštė. Paplitusi visame pasaulyje, auga įvairiuose vandenyse prisitvirtinusi prie riedulių, įvairių nuskendusiu daiktų. Lietuvoje auga gėluose vandenyse, Baltijos jūros litoralinėje dalyje, Kuršių mariose. Be maurarykštės *Cladophora glomerata*, Lietuvoje iš viso aptinkamos dar 7 jų rūšys, tačiau plačiau paplitusios tik 5. Augalo apibūdinimas:

Skyrius – žaliadumbliai (Chlorophyta)

Klasė – Ulvophyceae

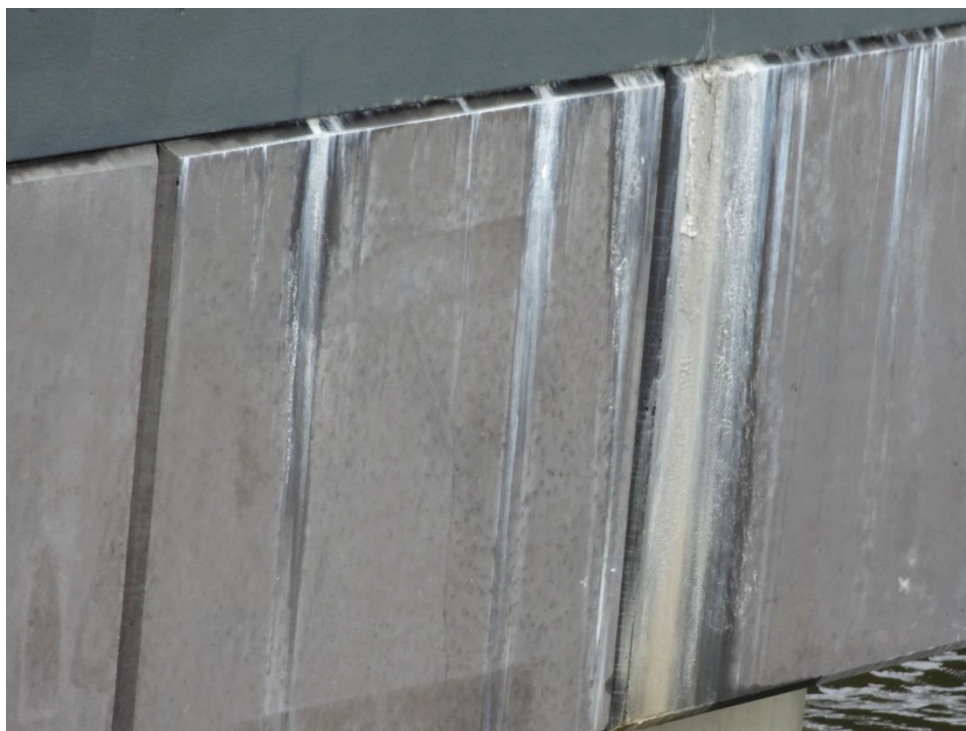
Eilė – Maurarykštiečiai (Cladophorales)

Šeima – Maurarykštiniai (Cladophoraceae)

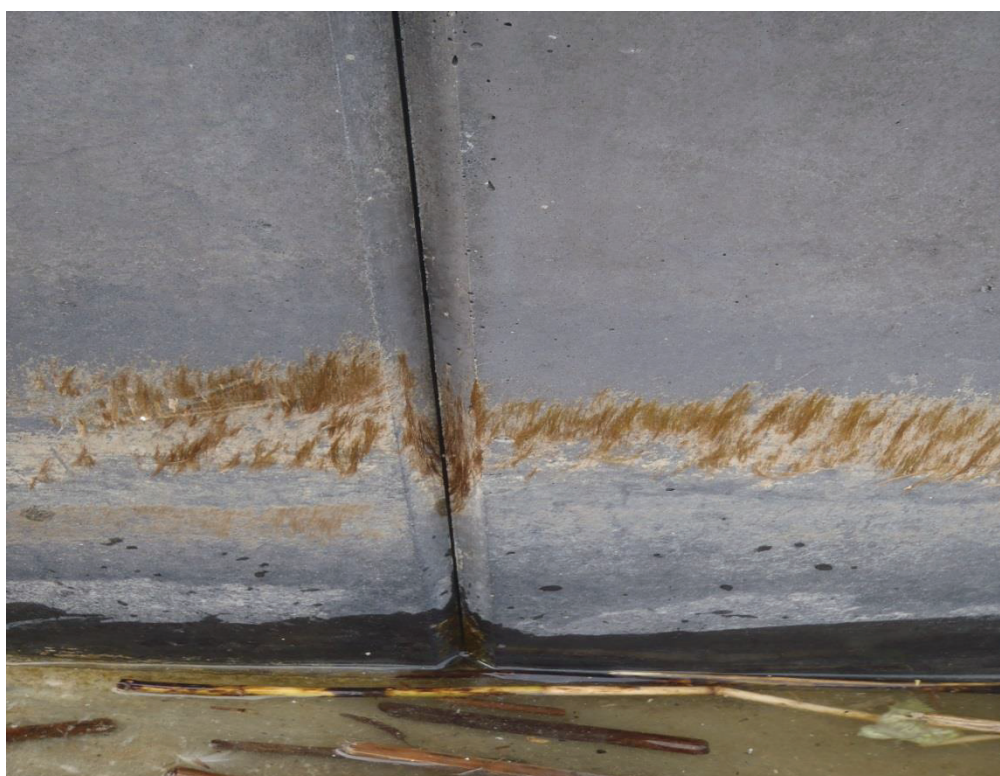
Gentis – Maurarykštė – (*Cladophora*)

Rūšis – Maurarykštė (*Cladophora glomerata* L. Kutzing.)

Estetinį vaizdą ašyje C-D gadina paukščių išmatos, esančios ant krantinės viršutinės apdailinės dalies. Projektuotojai neišsprendė šios detalės, nenumatė priemonių kad paukščiai čia negalėtų teršti. Teršimas ryškiausias vasaros metu, rudenį ir pavasarį jų išmatas nuplauna lietus.



24 pav. Kalcio karbonato išsiskyrimas (C-D ašyje)



25 pav. Augmenija ant pigmentuoto betono (J-K ašyje)



26 pav. Paukščių išmatos gadina estetinį vaizdą (C-D ašyje)

2013 metų žiemą uostelio konstrukcijose ryškiai matoma linija iki kiek buvo pakilęs vandens lygis per rudens liūtis ir vėjus. Toje linijoje matyti įvairūs augmenijos likučiai ir kitos apnašos. Tarp ašių G-F pastebėtas atsiradęs dar vienas plyšys (28 pav.). Atšokęs betono fragmentas yra netoli to, kuris užfiksuotas 21 paveiksle. Tikėtina šiame krantinės ruože vyksta didžiausios grunto deformacijos ir visa krantinė deformuojasi, taip ir susidaro šitie plyšiai, betono fragmentų atšokimai.



27 pav. Apnašų likučiai buvusio vandens lygyje (N-M ašyje)



28 pav. Atšokęs betono fragmentas (G-F ašyje)

2013 metų pavasario apsilankymo metu pastebėta, kad bandant suvienodinti spalvos tolygumą ir paslėpti atsiradusias poras (23 pav.), pusapvalėse dekoratyvinėse detalėse (kordono borteliuose), jos nuteptos pigmento – cemento mišiniu. Toliau stebimas dideliais kiekiais išsiskiriantis kalcio karbonatas. Pastebėtas ir neabejotinas šarminės korozijos atvejis (30 pav.). Matome, kad užpilduose buvęs aktyvus mineralas (tikėtina titnagas) veikiamas betone esančių šarmų pradėjo didinti savo tūrį tol kol atplėšė betono gabalą. Iš tokio aktyvaus užpildo gabalo kuris yra pakankamai didelis gali stipriai sumažėti laikančios konstrukcijos galia ar net įvykti avarija.



29 pav. Pigmento tepimo požymiai (L-K ašyje)

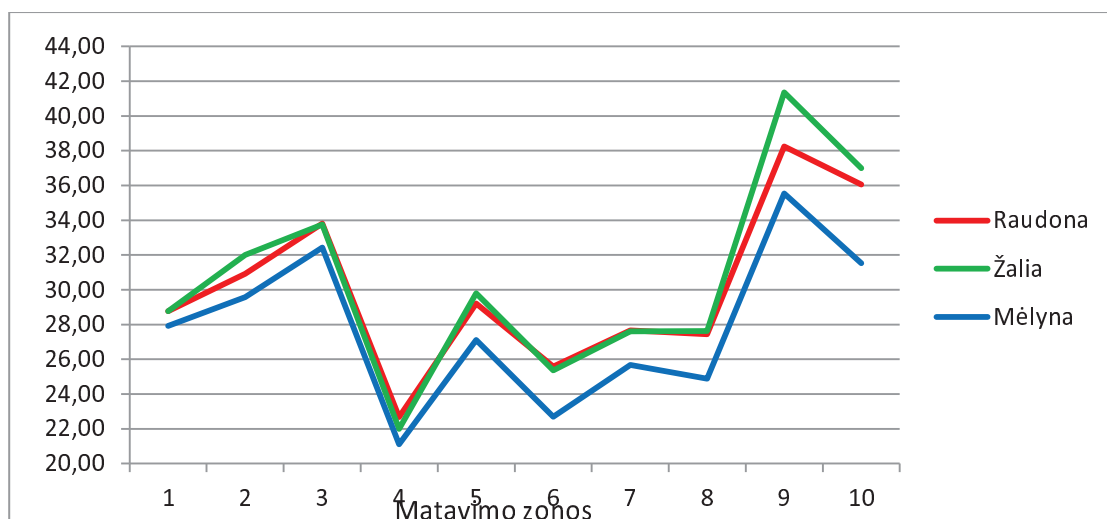


30 pav. Šarminės korozijos pasekmės (M-L ašyje)

Per mano stebėjimo laikotarpį jachtų uostelio pigmentuoto betono dekoratyviosios savybės pakito nedaug. Pastebima, kad vis daugiau vietų susidaro kalcio karbonato apnašos, vienas iš būdų sumažinti jų sumažinti – siūles užpildyti elastingu hermetiku, nes čia jos buvo užpildytos pigmentuotu skiediniu, kuris dėl deformacijų ištrupėjo. Tolygios spalvos betone gauti praktiškai neįmanoma: uostelyje skiriasi viena krantinės plokštė nuo kitos atspalviu, tik vanduo (įmirkis) suvienodina spalvą. Ant krantinių ir dabar dar tebėra matyti klotinių tepalo likučiai: formuojant dekoratyvius pigmentuoto betono gaminius, reikėtų naudoti itin kokybiškus tepalus. Prisilietus prie spalvoto betono, ypač su didesniu kiekiu pigmento, pirštai lieka juodi, vadinasi tokiu gaminių paviršiuje yra nemažas kiekis pigmento, kuris nėra surištas, bet ir nenusiplauna. Pigmentuotų gaminių tepimo priežastys gali būti dvi: a) dalis pigmento paviršiniame sluoksnyje yra nesurištas, nes klotinių tepalas neleido hidratuotis plonam cementinės tešlos sluoksneliui; b) esant pigmento dalelių dideliame savitajam paviršiui ir dideliame kiekiui (dozei), cementas nebesugeba viso kiekio surišti, todėl lieka nesurištas kiekis pigmento, kuris ir tepa. Matome, kad keliose vietose yra pasireiškusi betono šarminė korozija, tai parodo, kad būtina kruopščiai parinkti ir kontroliuoti betono užpildų sudėtį ir kokybę. Rangovas, siekdamas suvienodinti spalvą dalį pigmentuotų elementų nuglaistė pigmento – cemento mišiniu. Tai padaryti tik šį 2013m pavasarį, todėl norint ištirti kaip ši danga reaguos į atmosferos poveikį, reikia ilgesnio laiko ir detalesnių tyrimų.

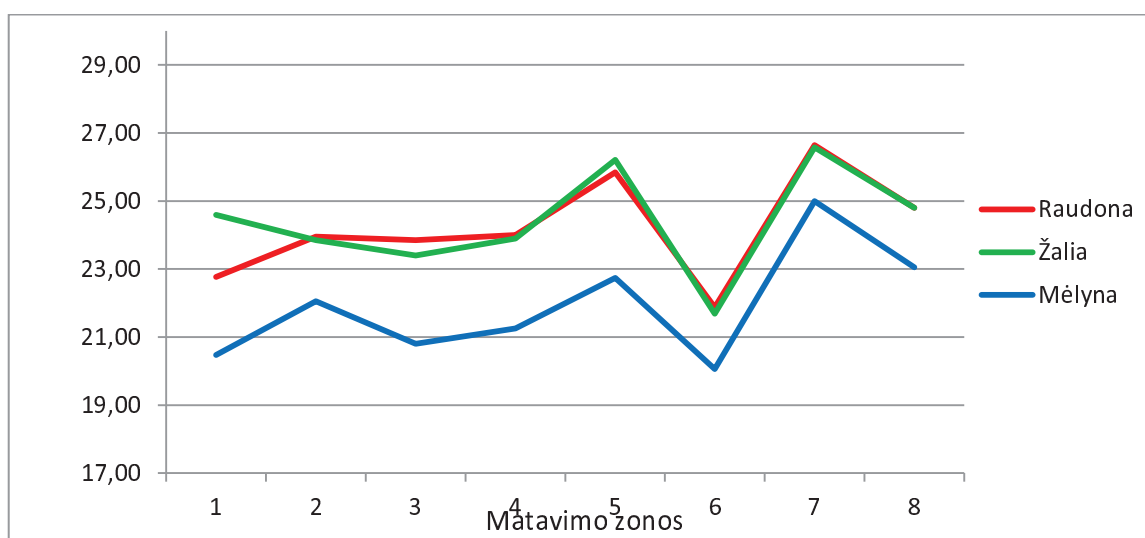
2.3.2. Kolorimetrijos rezultatai jachtų uostelyje

Stebint jachtų uostelį, buvo pasirinktos dvi matavimų grupės nustatyti spalvos tolygumui: pirmą grupę natūraliai išbetonuotos detalės, antrą grupę buvo cemento-pigmento mišiniu nuglaistytos zonos. Pirmoje matavimų grupėje buvo pasirinkta 10 matavimų zonų, kuriose pamatuota 15-20 taškų. (2 priedas) Iš gautų rezultatų (31 pav.) matyti, kad spalvos intensyvumas skiriasi, gana nemažai, spalvos koordinatės kinta daugiau kaip 20 vienetų (skalė nuo 0 iki 255). Natūraliomis sąlygomis gauti vienodą spalvos intensyvumą praktiškai neįmanoma.



31 pav. Spalvos RGB koordinačių kitimas betono gaminiuose Jachtų uostelyje

Rangovas pastebėjęs didžiulius spalvos netolygumus dalį spalvotų elementų bandė suvienodinti juos nuglaistydami cemento-pigmento mišiniu. Pamatuojus šitų elementų RGB koordinates iš 32 pav. matyti, kad spalvos intensyvumo skirtumas yra nedidelis (apie 7 vienetus), plika akimi beveik nepastebimas. Šis būdas suvienodinti spalvas veiksmingas, tik neaišku, kiek spalvotas glaistas bus atsparus aplinkos poveikiui.



32 pav. Spalvos RGB koordinačių kitimas glaistytuose betono gaminiuose jachtų uostelyje

2.4. Aplinkos sąlygų įtakos modeliavimas pigmentuotiems gaminiams

Buvo pagaminti skiedinio kubeliai 70x70x70 keičiant pigmento procentinę dalį nuo cemento masės (0%; 1%; 2%; 4%; 6%; 8%; 10%; 12%;). Pagaminta buvo po 12 kubelių kiekvienos sudėties. Kubeliuose skiedinio V/C= 0,46 buvo išlaikomas pastovus. Naudotas pigmentas IOX B03, Black kurio pagrindinė sudedamoji dalis yra juodas geležies oksidas, lygiai toks pats ir iš to paties tiekėjo pigmentas buvo panaudotas jachtų uostelio statyboje Smėlis visiems kubeliams buvo naudojamas tas pats, keletą kartų patikrintas jo stambumo modulis. Reikalavimai smėliui buvo aptariami teorinėje dalyje 1.4 skyriuje.

Nustatant smėlio granulimetrinę (grūdinę) sudėtį vadovautasi LST EN 933-1:2002.

10 lentelė Smėlio sijojoimo rezultatai

Sietų Nr.	Dalinės liekanos	Pilnos liekanos $A_i = \sum_i a_i$
2,5	11,5%	11,5%
1,25	11,8%	23,3%
0,63	33,3%	56,6%
0,315	31,3%	87,9%
0,14	10,1%	98,0%

Pro sietą nr 0,14 praėjo 2%

Pagal sijojoimo duomenis apskaičiuojamas stambumo modulis:

$$M_s = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}}{100};$$

$$M_s = \frac{11,5 + 23,3 + 56,6 + 87,9 + 98,0}{100} = 2,773$$

Iš smėlio reikšmių $A_{0,63}$ ir M_s nustatytas smėlio stambumas: pagal pilną liekaną ant sieto Nr.0,63 A_i ($A_{0,63}$)=56.6% ir M_s =2.773, galima teigti, kad smėlio granulimetrinė sudėtis pagal smulkumą yra smulki.

2.4.1. Modeliuojamų kubelių kolorimetriniai parametrai

Po 4 kubelius iš kiekvieno maišymo (1 grupė) buvo išbandyta po 28 parų. Kiti 4 iš kiekvieno maišymo (2grupė) buvo padėti į sausą, uždara vietą, o dar kiti iš po 4 (3 grupė) iš kiekvienos

partijos panardinti į vandenį, kur pastoviai vyksta plovimas, taip imituojant bangų, ledo poveikį pigmentuotam betono gaminiui. Skiedinio kubeliai įmesti į vandenį – sraunų upelį, kuris teka žiemą ir vasarą, tik žiemą užšąla jo paviršius. Gylis nedidelis ir esant pavasario ledonešiui kubeliai patiria tiesioginį ledo poveikį. Po metų apžiūrėjus kubelius jie buvo apaugę dumbliais. Paėmę šitų dumblių mėginius juos ištyrė biologė doc. dr. Rita Nekrošienė, kuri nustatė, kad šita augmenija yra vienaląstis žaliadumblis chlorelė. Jis greitai dauginasi, naudojamas farmacijoje ir kitose praktinėse srityse. Gali augti ir gėluose, ir sūriuose vandenyse. Aptinkamas ir laisvai plūduriuojantis, tačiau labiausiai šis dumblis pastebimas, kai pradeda augti ant įvairių po vandeniu esančių daiktų: riedulių, krantinių, tiltų atramų ir pan. Plačiai paplitęs. Nuo kubelių šitie žaliadumbliai labai lengvai nusiplovė tuo pačiu tekančiu vandeniu. Augalo apibūdinimas:

Skyrius – žaliadumbliai (Chlorophyta)

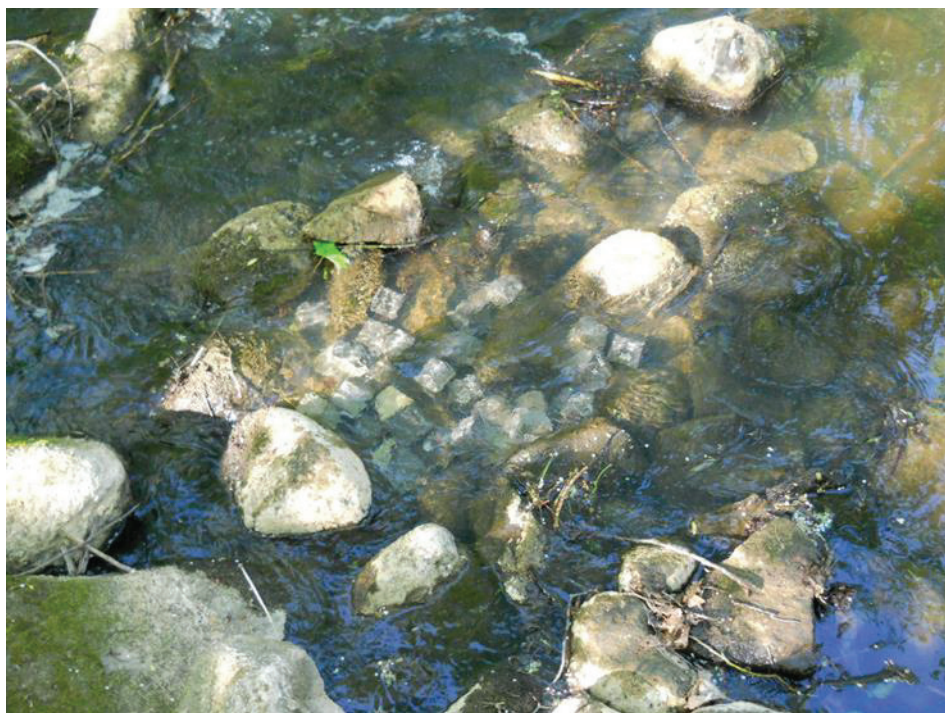
Klasė – Trebouxiphyceae

Eilė – Chlorellales

Šeima – Chlorellaceae

Gentis – Chlorella

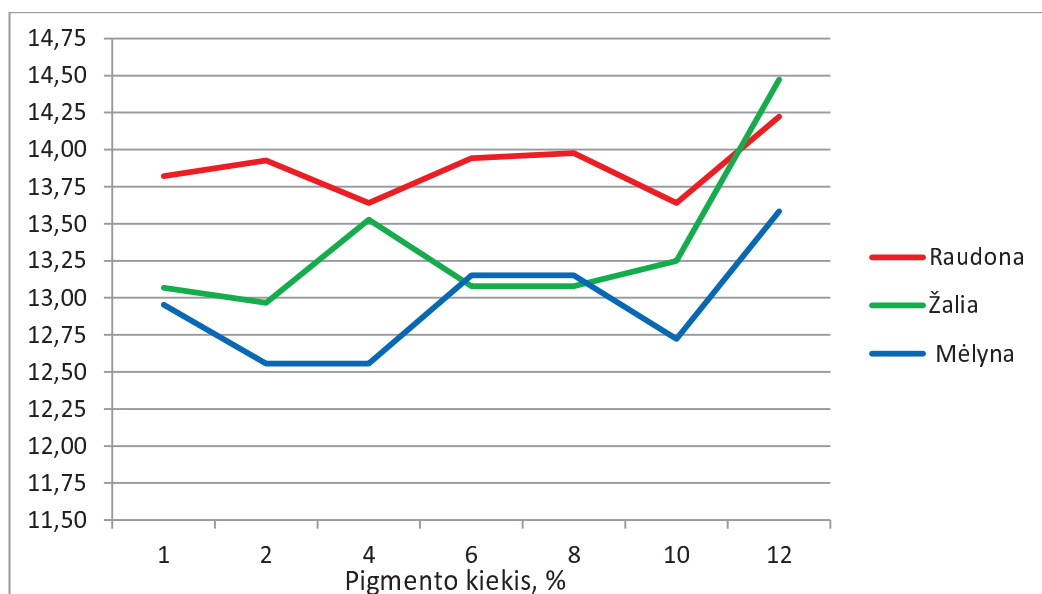
Rūšis – Chlorelė (atrodo – Chlorella variabilis.)



33 pav. Skiedinio kubelių plovimo sąlygų imitavimas

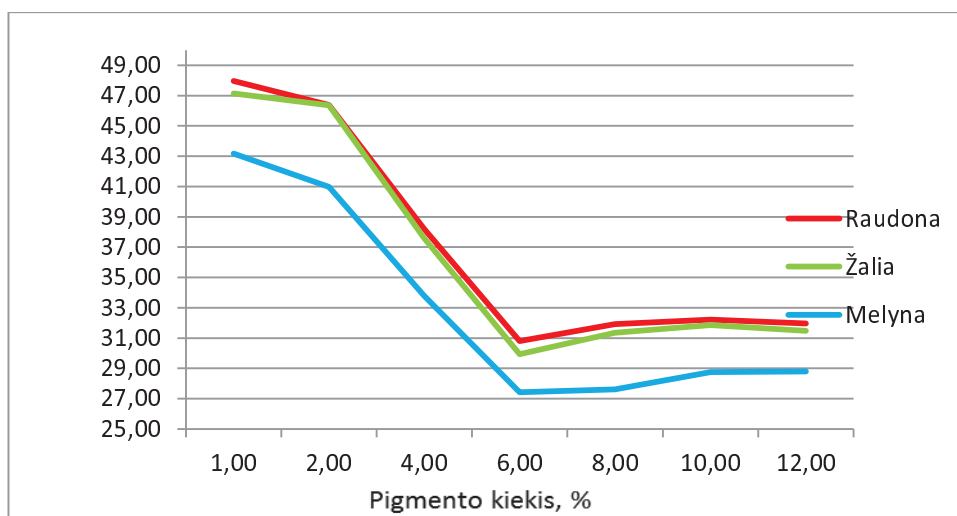
3 grupės kubeliai tekančiame vandenyje buvo išlaikyti 12 mėnesių. Po 12 mėnesių juos ištraukus buvo nustatinėjami jų spalviniai parametrai naudojant prietaisą EasyQA 5.1. Iš gautų rezultatų (3 priedas) sudaryti grafikai. Pirmasis grafikas (34 pav.) sudarytas pamatavus spalvinius parametrus kubelius tik ištraukus iš vandens ir juos nusausinus. Iš gauto grafiko matyti, kad drėgnas

pigmentuoto kubelio paviršius labai suvienodėja ir aiškos spalvos intensyvumo priklausomybės nuo pigmento kiekio skiedinyje nėra.



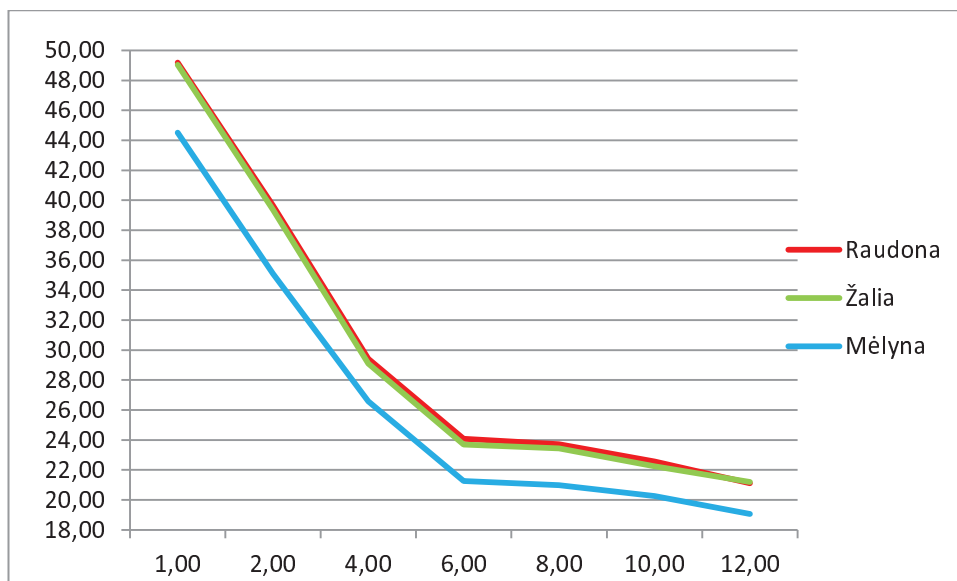
34 pav. Šlapių kubelių spalvos matavimo rezultatai

Sekantis grafikas (35 pav.) sudarytas pamatavus tuos pačius bandinius išdžiovinus (priedas Nr. 4). Bandiniams išdžiūvus jau pastebima spalvos intensyvumo priklausomybė nuo pigmento kiekio. Iš grafiko matyti, kad spalva nuo 1% iki 2% intensyvėja gana nedaug, nuo 2% iki 6% pastebimas gana ryškus pokytis, o pasiekus 6% ribą spalvos ryškumas mažai kinta. Pagal LST EN 12878:2005 rekomenduojamas pigmento kiekis nuo cemento yra 6% - 8% atskirais atvejais iki 10 %. Todėl galima teigti, kad mano panaudoto pigmento IOX B03, black nėra būtina naudoti daugiau negu 6%, nes spalvos intensyvumo padidėjimas nėra proporcingas kainos atžvilgiu ir kitų betono savybių sąskaita. Svarbu pigmentą tinkamai išmaišyti esamame mišinio tūryje, kad gautume tolygią spalvą.



35 pav. Tekančiame vandenyje išbuvusių kubelių spalviniai parametrai išdžiūvus

36 paveiksle matome kubelių išlaikytų sausoje uždaroje patalpoje, spalvines charakteristikas nuo pigmento kiekio (5 priedas). Kubeliai laikyti sausai, stipriai pasidengia kalkėmis, norint gauti tikslesnius rezultatus kubeliai buvo nuvalyti su specialiu tirpalu. Iš rezultatų matome, kad pigmento kiekis iki 6% turi žymią įtaką skiedinio spalvinėms charakteristikoms, o nuo 6% pigmento kiekio didėjimas beturi nedidelę įtaką spalvos intensyvumui. Iš to seka, kad pigmento soties riba yra apie 6%. Taip pat galima teigti, kad spalvinės charakteristikos labai priklauso ir nuo to kokiomis sąlygomis bus eksploatuojama pigmentuota konstrukcija. Esant visiškai sausai aplinkai, yra didelė tikimybė, kad konstrukcija pasidengs baltomis apnašomis ir nebeliks gražaus (spalvoto) vaizdo.



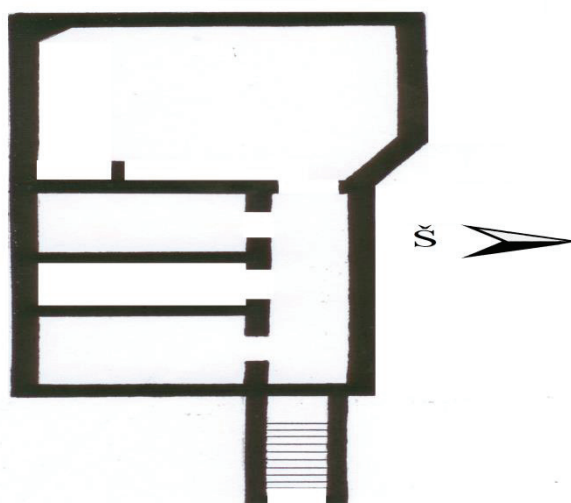
36 pav. Kubelių, kurie kietėjo sausoje aplinkoje, spalviniai parametrai

Mano darbe aprašomi jachtų uostelio dekoratyviojo betono pokyčiai per 2 metus, tiek laiko truko magistro studijos, tai sąlyginai trumpas laiko tarpas, todėl norint išsamiau ištirti aplinkos poveikį pigmentams reikia ilgesnio laiko tarpo. Todėl buvo nuspręsta ištirti per Antrąją pasaulinį karą pastatytos fortifikuotos artilerijos pozicijos kamufliažinės dangos rodiklius.

2.5. Kamufliavimo dangos tyrimas

Vokiečių kariškiai Antrojo pasaulinio karo metu naudojo labai įvairias stacionarių objektų ir technikos maskavimo priemones – žvalgybos dėmesį nukreipiančius maketus, augaliją ir reljefo ypatybes, pagalbines priemones (maskuojančiuosius tinklus, audinius), statiniams suteikdavo specifinę formą, jų konstrukcijų paviršiui – neįprastą faktūrą. Klaipėdos / Memelio apylinkių fortifikacinius statinius pirmiausia bandyta slėpti naudojantis pajūrio reljefo ypatybėmis ir gausia augalija, naudotos ir kai kurios inžinierinės maskuotės priemonės – pirmiausiai tinklai, rečiau gelžbetoninių konstrukcijų paviršiaus specifinė faktūra. Šiame skyriuje daugiausia dėmesio skiriama išlikusiems fortifikacinių statinių kamufliažiniams dažams (dangoms) – jų sudėčiai, dažymo technologijos rekonstrukcijai, tvarumui.

Kamufliažinės dangos tyrimo objektu pasirinkta viena fortifikuota artilerijos pozicija (aikštelė su brustveru ir po ja esančiomis pagalbinėmis patalpomis, Ji priklauso statinių kompleksui, esančiam Kuršių nerijoje – prieš Kiaulės nugaros salą pastatytai stacionariai sunkiosios priešlėktuvinės ir kranto apsaugos artilerijos pabūklų baterijai. Tai paveldosauginis objektas, Kultūros paveldo departamento Klaipėdos teritoriniame padalinyje esančioje byloje jis vadinamas Alksnynės gynybiniu kompleksu (kultūros vertybės unikalus kodas 30540). Aptartoji stacionari fortifikuota artilerijos pozicija šioje byloje vadinama Alksnynės gynybinio komplekso antruoju bunkeriu (pabūklo platforma), unikalus kodas kultūros vertybės – 30545.



37 pav. Tiriamos artilerijos pozicijos planas

Tarp Klaipėdoje ir jos apylinkėse išlikusių stacionarių artilerijos baterijų ši išsiskiria ir tuo, kad dalis jos statinių (pabūklų aikštelių su brustverais, kuriuose saugota amunicija) buvo iškilę virš žemės paviršiaus. Todėl šiuos baterijos statinius hitlerinės Vokietijos karo jūrininkams teko

maskuoti kamufliažiniais dažais ir iš išorės. Šis objektas tyrimams pasirinktas ir dėl to, kad jame kamufliažinė danga išlikusi geriausiai. Daugumos kitų Klaipėdą supusių baterijų priešlėktuvinių pabūklų aikštelių brustverai ir kiti statiniai buvo palikti nedažyti (arba danga per septyniasdešimt metų nusilupo), kartais – padengti bitumo sluoksniu ir įgilinti grunte, todėl maskuoti tekdavo tik atvirus gelžbetoninius paviršius. Kita vertus, šių maskavimo principai galėjo būti kitokie, nebūtinai kamufliažinė danga.

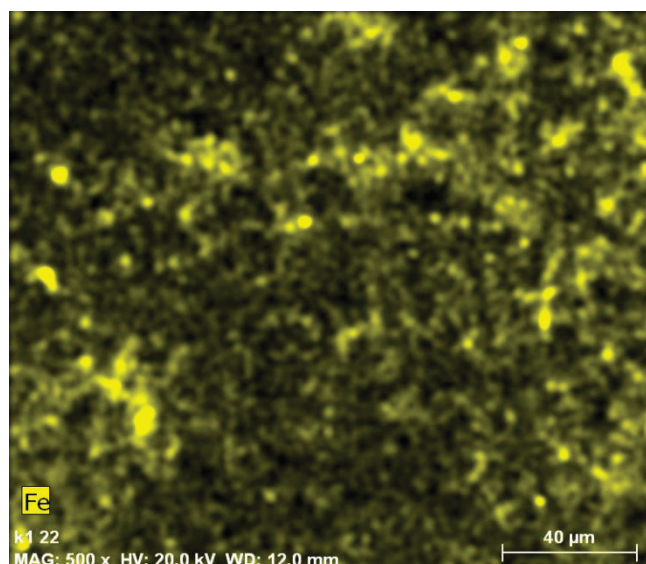
Literatūroje [23] karine tematika nurodoma, kad stacionarūs objektai turėtų būti maskuojami įvairiomis priemonėmis: išnaudojant maskuojamąsias aplinkos galimybes, statiniams suteikiant maskuojamąją (klaidinančią) formą, dažant kamufliažinių spalvų deriniais, uždengiant maskuojamosiomis priemonėmis, įrengiant imitacinius (klaidinančius, nukreipiančius statinius. Dažymas kariškių laikomas viena iš paprastesnių techninių maskavimo priemonių. Maskuojančiuoju (kamufliažiniu) dažymu siekiama taip pakeisti objektų spalvą, kad būtų sumažinta tikimybė juos pastebėti nuo žemės, iš jūros ir oro, arba neatpažįstamai iškreipti jų formą.

Kamufliažinės Kiaulės Nugaros baterijos statinių dangos storiui, sudėčiai, spalvinei gamai ir dažymo technologijai nustatyti naudoti stebėsena, fotofiksavimu ir instrumentiniais metodais grįsti tyrimai. Kamufliažinės baterijos statinių dangos buvo apžiūrėtos vietoje, išmatuotos ir užfiksuotos kelios, geriausiais išlikusios vienos iš pabūklų pozicijos statinio išorinės sienos projekcijos, jose pabandytas rekonstruoti kamufliažinis piešinys (figūros), vėliau atkasta dalis smėliu užneštų sienos paviršių, vizualiai ir instrumentiškai įvertintos kamufliažinės dangos spalvos, jų erozija, kaitos rodikliai. Spalviniuose instrumentiniuose tyrimuose naudotas nešiojamas kolorimetras, išmatuojantis spalvos rodiklius RGB koordinačių sistemoje. Juo tyrėme kamufliažinių dangų spalvų intensyvumą ir šio pokyčius dėl korozinių ir erozinių veiksnių, taip pat dangos įmirkimo. Rezultatai pateikiami priede 8 priede.

Instrumentiniams kamufliažinių dangos sluoksnių sudėties tyrimams pasirinktas kokybinės rentgenodifrakcinės analizės metodas ir tyrimai elektroniniu mikroskopu išnaudojant elementinės spektrometrinės analizės galimybes. Ši įranga naudota nuo gelžbetoninių statinių paviršiaus nukrapštytų ir į miltelius susmulkintų kamufliažinių dangų mineralinei ir cheminei sudėčiai nustatyti. Prieš tyrimus dalis žalios ir geltonos spalvų kamufliažinės dangos mėginių (38pav.) buvo panaudoti jų pigmentų koncentravimui ir tvarumo įvertinimui. Tam dangos fragmentai veikti 10 proc. koncentracijos druskos rūgšties tirpalu ir kaitinant iki 900oC temperatūroje.



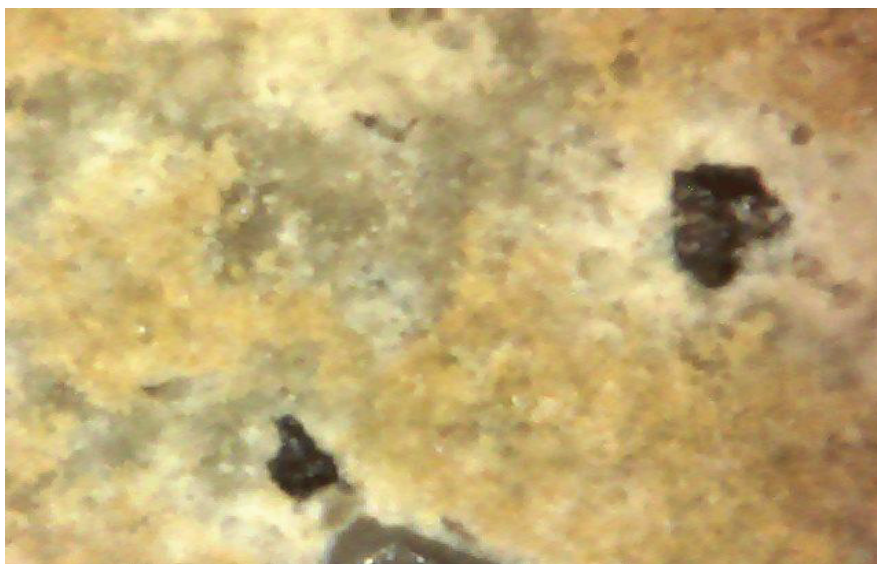
38 pav. Bandiniai kamufliažo dangos tyrimams



39 pav. Geltonos spalvos kamufliažo vaizdas elektroniniu mikroskopu padidinta 500 kartu

Aptariamos artilerijos baterijos statiniams maskuoti buvo panaudotos žalios ir geltonos spalvų dangos, iš kurių gelžbetoninės konstrukcijos paviršiuje buvo suformuotos daugiakampės spalvotos figūros. Šių įtvirtinimų kamufliažinio spalvinimo maniera būdinga Kriegsmarine daliniams, todėl kamufliažinių dažų sluoksnio priskirti vėlesniam laikotarpiui nėra pagrindo (dalį vokiečių paliktų fortifikacinių statinių pakrantėje kurį laiką po karo pagal tiesioginę paskirtį naudojo ar tik valdė sovietų artileristai, vėliau – pasieniečiai).

Kamufliažinės dangos sluoksnių beveik neišliko ant pabūklų aikštelių statinių horizontalių paviršių, nes šie patyrė intensyviausią klimato veiksnių poveikį. Kaip taisyklė, tokia kamufliažinė danga palyginti neblogai išsilaikė po įvairiomis minėtų statinių atbrailomis ir ant grunto sluoksniu užverstų statinių sienų. Daugelyje vietų jų paviršius yra suskeldėjęs arba pažeistas dėl betone esančių karbonatinių užpildų irimo (vadinamųjų „kraterių“ susidarymo) (40pav.).



40 pav. Paviršiaus suskeldėjimas, pigmento netolygus pasiskirstymas (150kart. Padidinta)

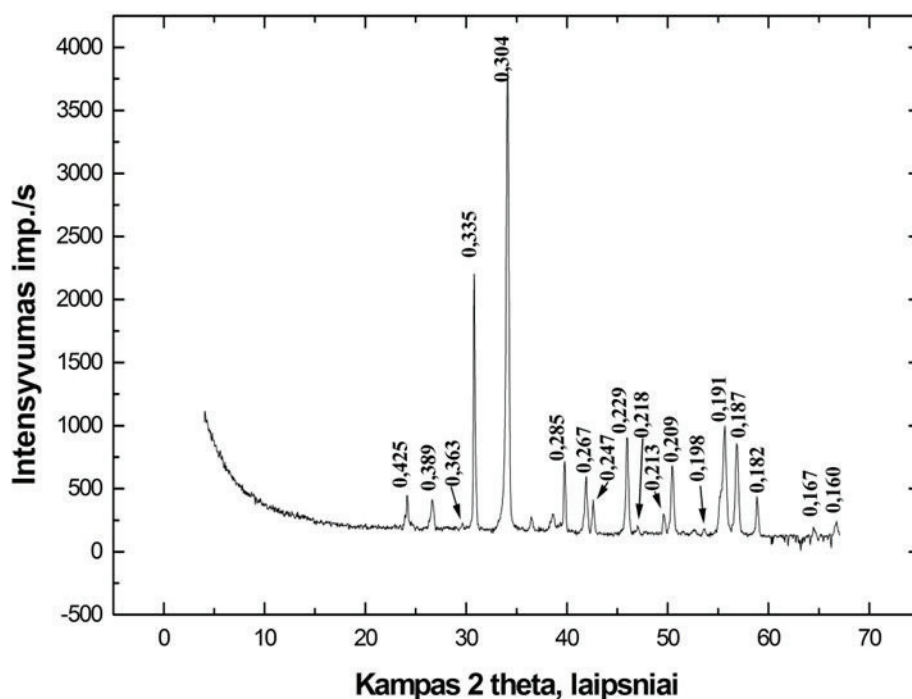
1–2 mm storio žalios ir geltonos spalvos kamufliažinės dangos sluoksniai palyginti lengvai atsiskiria nuo gelžbetoninio pagrindo, o jų paviršiuje iš arti galima įžvelgti storo plauko teptuko potėpių žymes. Pagal šiuolaikinę statybinių dažų ir dangų sudėties klasifikaciją, juos galėtume vadinti cementiniais ar silikatiniais. Apžiūrėdami nuo betono paviršiaus atluptus kamufliažinės dangos fragmentus, įsitikinome, kad jų spalvos intensyvumas skiriasi: į išorę atgręžtas paviršius yra intensyvesnio atspalvio, o buvusi su pagrindu sukibusi dangos sluoksnio pusės spalva yra mažiau intensyvi arba yra cementiniam akmeniui būdingo pilko atspalvio). Ypatingai akivaizdus šis skirtumas yra geltonos spalvos kamufliažinėje dangoje. Tai reiškia, kad pigmentų pasiskirstymas šiose kamufliažinėse dangose buvo netolygus. Kita vertus, aplinkos (klimatiniai) veiksniai tam įtakos neturėjo – pigmentai paprastai išplaunami (arba suardomi UV spinduliuotės) iš paviršinių dangų sluoksnių. Šiuo atveju galime teigti, kad netolygų pigmentų pasiskirstymą lėmė technologiniai veiksniai.

Tikėtina, kad kamufliažinė gelžbetoninių konstrukcijų danga buvo tepama per du kartus: pirma panaudotas gruntuojantis cementinės teslos ir kreidos miltelių (ar kitokio karbonatinio mikroužpildo) su smulkaus smėlio priemaiša užtepas be pigmento ar su itin nedideliu jo kiekiu, o po to – antrasis cementinio užtepo sluoksnis, praturtintas pigmentais ir kitais komponentais.

Pigmentuotų glaisto dangų rentgenogramos užrašytos preliminariai atlikus vienodus paruošiamuosius veiksmus: glaisto sluoksnio paviršių nukrapščius skustuvu, nuplovus 10 proc. koncentracijos druskos rūgšties tirpalu, vėliau taip koncentruotus pigmentų bandinius kaitinanat 200 – 800°C temperatūroje.

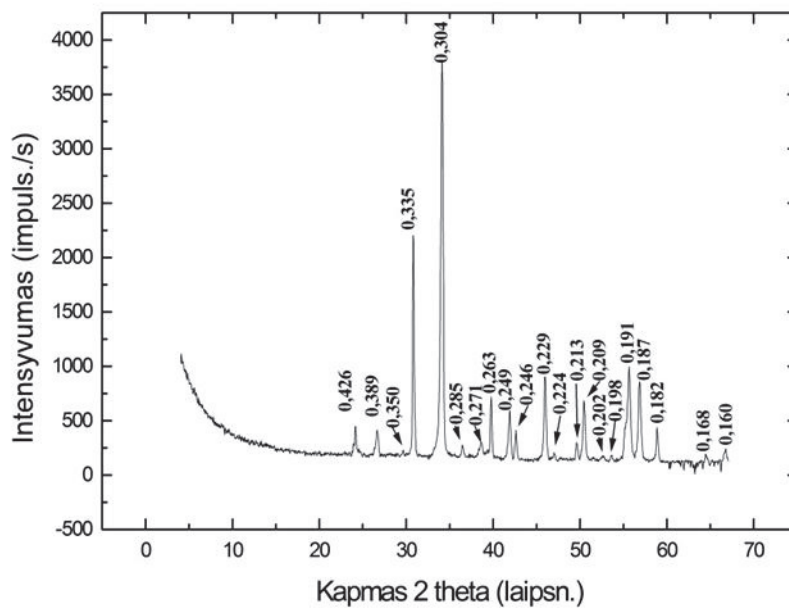
Žalios spalvos, skustuvu nuo paviršiaus nukrapštyto pigmentuoto glaisto rentgenogramose dominuoja žalias pigmentas chromo oksidas Cr_2O_3 (smailės su tarppokštuminiu atstumu $d=0,167$;

0,182; 0,218; 0,247; 0,363 nm), atsitiktinai patekęs smėlis (kvarcas SiO_2 , $d=0,182$; 0,198; 0,213; 0,335; 0,425 nm), kalcito (tikėtina, kreidos CaCO_3 , smailės $d=0,187$; 0,191; 0,209; 0,229; 0,285; 0,304; 0,389 nm, (41 pav). Paveiktas 10 proc. koncentracijos druskos rūgštimi, žalios spalvos glaisto sluoksnelis pabąla, o žalio pigmento milteliai nusiplauna į lėkštelę. Vėliau, surinkti lėkštelėje ir kaitinami iki 800oC temperatūros jie kiek patamsėjo, bet išliko žaliais.

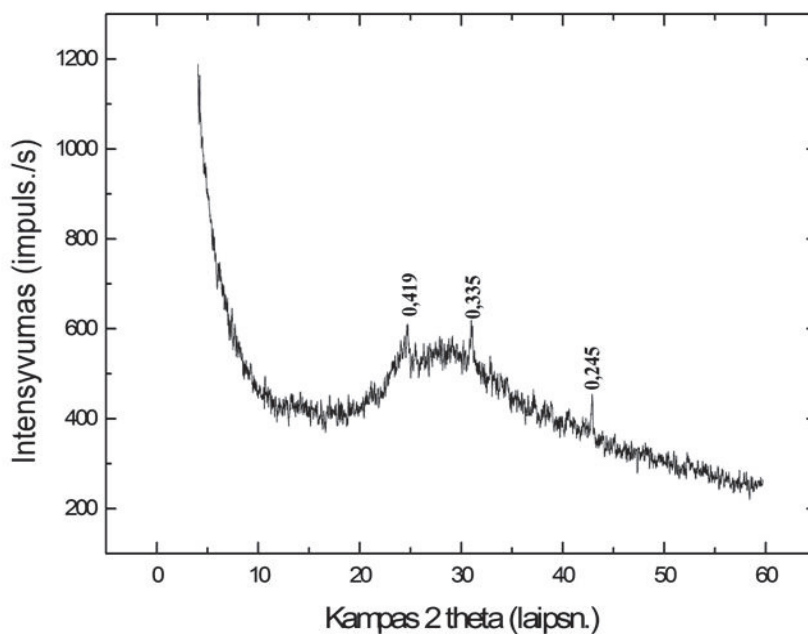


41 pav. Žalio pigmento rentgenograma

Geltonos spalvos pigmentuotos dangos paviršiuje dominuoja kalcio karbonato (kreidos), kvarco priemaišų smailės (42 pav.), taip pat viena intensyvi smailė $d=0,263$ nm, kurią būtų galima priskirti kalcio chromatui. 10 proc. koncentracijos druskos rūgšties tirpalu nuplovus geltono glaisto paviršių, lėkštelėje nusėda geltonos spalvos nuosėdos, tačiau jos jau yra amorfizuotos. Nuplautas paviršius pabąla. Nuplauti į lėkštelę, geltoni pigmentai rūgštyje amorfizuojasi (suyra), jų rentgenograma įgauna amorfiniam junginiui būdingą “kalno” formą (19 pav.), joje lieka tik getitui FeOOH būdinga smailė ($d=0,419$ nm), taip pat kvarcui būdinga smailė ($d=0,335$ nm). Tai rodo, kad geltonus pigmentus, tikėtina, galėjo sudaryti organiniai junginiai su nedideliu neorganinių junginių kiekiu.



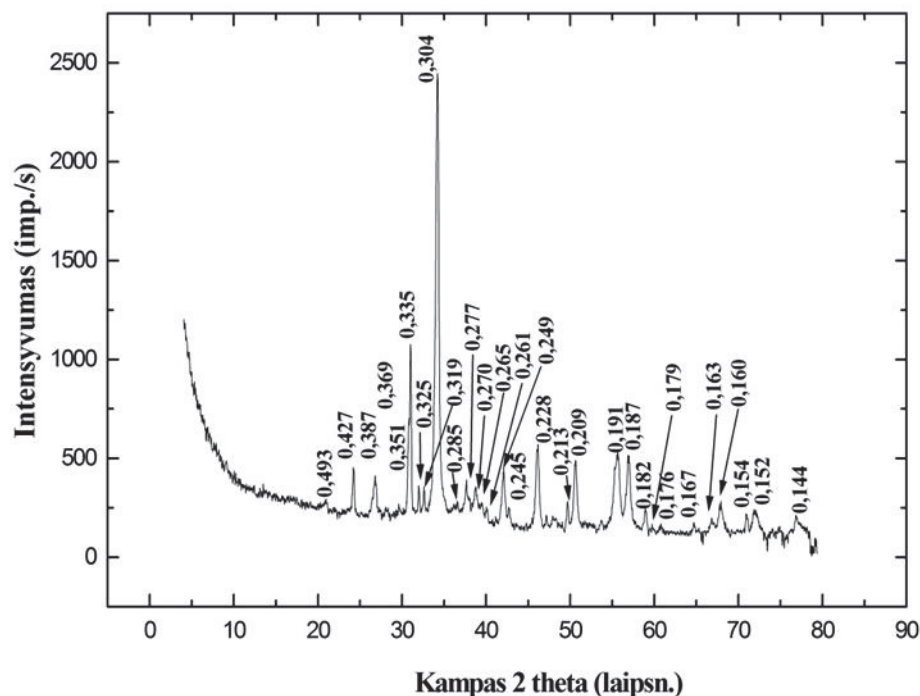
42 pav. Geltono pigmento rentgenograma



43 pav. Geltono amorfizuoto pigmento rentgenograma

Kelias minutes pakaitinti apie 600oC temperatūroje, geltoni pigmentai dega spragsėdami, kamufliažinė danga pabąla – pigmentas suyra, jos paviršinėje dalyje dominuoja kalcito (kreidos) smailės ($d=0,187; 0,191; 0,209; 0,228; 0,304; 0,389$ nm, 44 pav), yra labai nedaug chromo oksido ($d=0,167; 0,182; 0,219; 0,249; 0,265\text{--}0,270$ nm), taip pat kvarco dalelių ($d=0,182; 0,335; 0,425$ nm).

Tikėtina, kad geltonuose pigmentuose būta kalcio chromatų, kurie aukštesnėje temperatūroje galėjo suskilti (virsti chromo oksidu).



44 pav. Geltono kaitinto pigmento rentgenograma

Šių tyrimų rezultatai leidžia teigti, kad zenitinės artilerijos baterijas valdę nacistinės Vokietijos karo jūrininkai statiniams užmaskuoti buvo pasirinkę kompleksinį maskuotės principą – objekto kontūrus iškreipiantį (statinio formą deformuojantį ir šešėlį paslepiantį) bei imitacinį, su aplinka padedantį susiliesti kamufliažą. Pirmąjį reprezentuoja tik statinių sienose išlikę maskuojamųjų tinklų kabliai, o imitacinį kamufliažo principą realizavo aptartieji kamufliažo spalvų deriniai. Dvispalvis statinio kontūrus deformuojantysis kamufliažinis dažymas, kuriam būdingos aiškių, iš nedidelio atstumo nesusiliejančių į vientisą plokštumą (foną) geometrinių formų įvairovė, vienspalvės (geltonos ir žalios), bet skirtingai tonuotos, tikėtina, trafaretu suformuotos figūros, dominuoja vidiniuose pabūklų aikštelių brustveruose, o jų išorės plokštumose dominuoja žalios spalvos formos. [26] Tačiau taip gali atrodyti ir dėl skirtingo pigmentuotų paviršių tvarumo (išsiplovimo, korozijos).

Geltonai ir žaliai spalvoms išgauti buvo panaudoti pigmentai iš chromo junginių ir, tikėtina, nedidelis geležies oksidų kiekis. Pagal tirtų kamufliažinių dangų sluoksniuotumo pobūdį spėjame, kad jos buvo suformuotos teptuku. Tikėtina, kad kamufliažinė danga tepta du kartus – pirmą kartą užteptas glaistas, paruoštas iš cemento teslos su smulkiu karbonatiniu užpildu ir nedideliu

smulkaus smėlio kiekiu, o po to, šiam sluoksneliui dar neišdžiuvus, teptuku buvo užtepta pigmentuota cementinė tešla. Deja, ar šioms dangoms ruošti buvo panaudoti organinės kilmės medžiagos (rišikliai, gruntas), atsakyti negalime; jei šių medžiagų ir būta, tai per daugelį metų jos jau suiro.

Toks kamufliažinės dangos sluoksniuotumas, palyginti didelis jos sluoksnio storis, ilgalaikėje perspektyvoje nebuvo itin palankus jų tvarumui – nusiplaudamas arba / ir karbonatizuodamasis blunka paviršinis pigmentuotas sluoksnis, dangos fragmentai atsiskiria nuo betoninio pagrindo ir nukrinta. Tačiau to neįvyko smėliu užpustytose baterijų statinių sienose, nors kituose Kiaulės nugaros baterijos statiniuose tokios dangos belikę tik fragmentai. Gali būti, kad dėl to Klaipėdos miesto pramoniniuose rajonuose, atvirose Kuršių nerijos plotuose stovinčiose šio laikotarpio artilerijos baterijose tokių kamufliažinių dangų nebeišliko. Kita vertus, tegul tik fragmentiškai, bet ir po septyniasdešimties metų Kiaulės nugaros baterijos statiniuose išlikusi kamufliažinė danga yra geras ją dengusių asmenų profesinio meistriškumo rodiklis.

Kamufliažinės dangos pigmentų cheminė ir mineralinė sudėtis rodo, kad kranto apsaugos ir zenitinės baterijos jais dažytos greičiausiai statybos metu, apgalvotai, profesionaliai ir tikrai ne karo lauko sąlygomis, kada dažniausiai būdavo naudojamos pagalbinės dažymo priemonės – susmulkintos plytos, panaudotas tepalas, anglis, spalvotas gruntas, augalų ekstraktai ir pan. Spalvinė pigmentų sudėtis leidžia teigti, kad objektų statytojai geltona spalva siekė imituoti smėlingą Kuršių nerijos gruntą, o žalios spalvos figūromis, tikėtina, buvo stengtasi imituoti jauną ir dar retą spygliuočių mišką. Tam visiškai pakako dvispalvio kamufliažo, tinkančio ankstyvo pavasario – vėlyvo rudens laikotarpiu (molingo grunto, arimų imitacinis modelis, atitinkantis kitokį, trijų spalvų rinkinį su ruda / rausva spalva, Kuršių nerijai netinka). Kita vertus, pasirinktasis kamufliažinių dangų spalvų modelis, matyt, spygliuočių dominuojamoje teritorijoje tiko ir žiemą.

Dėl chromo oksido pigmento dalelių koncentracijos sumažėjimo kamufliažinėje dangoje (dėl jos dūlėjimo) šiuo metu sunku atkurti tikrąjį žalios spalvos intensyvumą, tačiau spėtume, kad juo siekta imituoti spygliuočių foną (skirtingo intensyvumo žaliais dažais ir jų deriniais su juodai pigmentuotais plotais dar gali būti imituojamos pievos, ryški ar tamsaus fono lapuočių medžių lapija). Kadangi aptariamuoju laikotarpiu žvalgybinė infraraudonųjų spindulių (IR) technika dar nebuvo naudojama, matyt, vokiečių kariškiai ne itin rūpinosi spektrinėmis panaudotų dangų charakteristikomis, jų vienodumu, nors literatūroje nurodoma, kad Kuršių nerijos baterijose panaudotų pigmentų spektrinės charakteristikos artimos gamtinių darinių spektrinėms charakteristikoms.

Neturėdami ikonografinės medžiagos, nieko negalime pasakyti apie baterijoje panaudotų dangų spalvų intensyvumo netolygumą karo ir pirmaisiais pokario metais. Vėliau jis galėjo

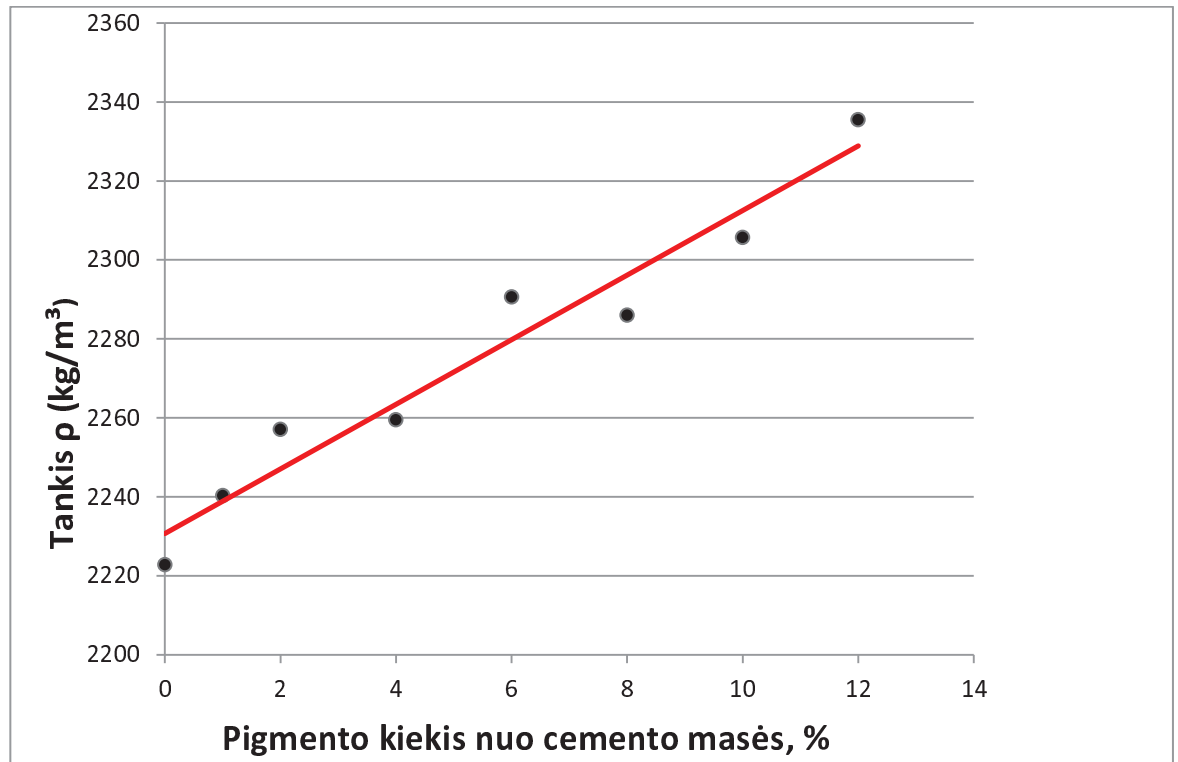
susidaryti dėl kamufliažinės dangos erozijos, karbonatizacijos, pigmentų išplovimo. Smėliu užpustytose sienų dalyse kamufliažinių spalvų intensyvumas gerokai didesnis.

Stačiausiems šias baterijas teko rūpintis, kad kamufliažiniai dažai ne tik leistų atkurti gamtinės aplinkos foną, bet ir tvirtai sukibtų su dažomu paviršiumi, būtų matiniai, atsparūs Saulės spindulių, abrazyviniam pūstomo smėlio ir klimatiniams poveikiams, padengtų kuo didesnę plotą. Todėl cemento pasirinkimas gelžbetonio kamufliažinių dangų rišikliu buvo logiškas, nors specializuotoje literatūroje apie kamufliažo įrengimo principus nurodoma, kad jose tokiu rišikliu galėjo būti ir aliejus, įvairios dervos, bitumas, klijai.

Gauti dažų sluoksnio tyrimų rezultatai ir dažymo technologijos rekonstrukcija leidžia daryti prielaidą, kad Kriegsmarine artileristai rado efektyvų, nesudėtingą ir, tikėtina, palyginti pigų kamufliažinio dažymo būdą.

2.6. Skiedinio ir betono stiprio priklausomybė nuo pigmento kiekio

Skiedinio kubelių tankio priklausomybė sudaryta naudojantis 7 priedo lentelėmis. Pagaminti kubeliai buvo sveriami, taip nustatius jų masę ir žinant tūrį, apskaičiuoti tankiai. Kubeliams gaminti buvo naudojamas vidutinės granuliometrinės sudėties smėlis, todėl šiuo atveju pigmentas atlieka ir mikroužpildo vaidmenį.

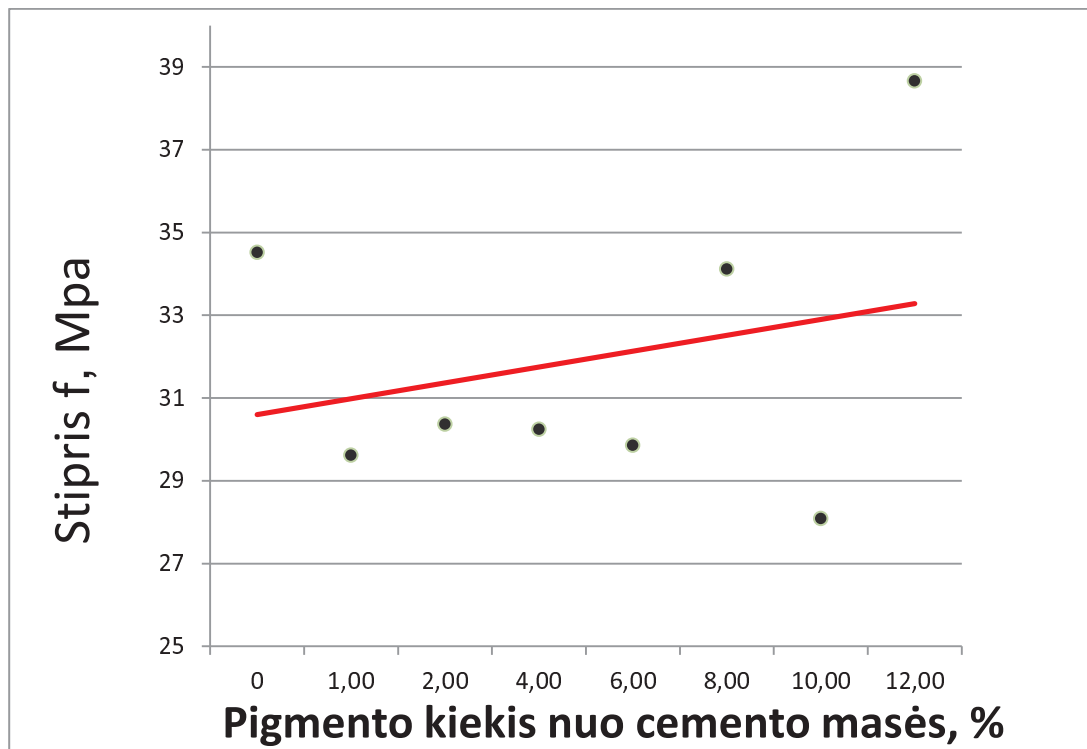


45 pav. Skiedinio tankio priklausomybė nuo pigmento kiekio

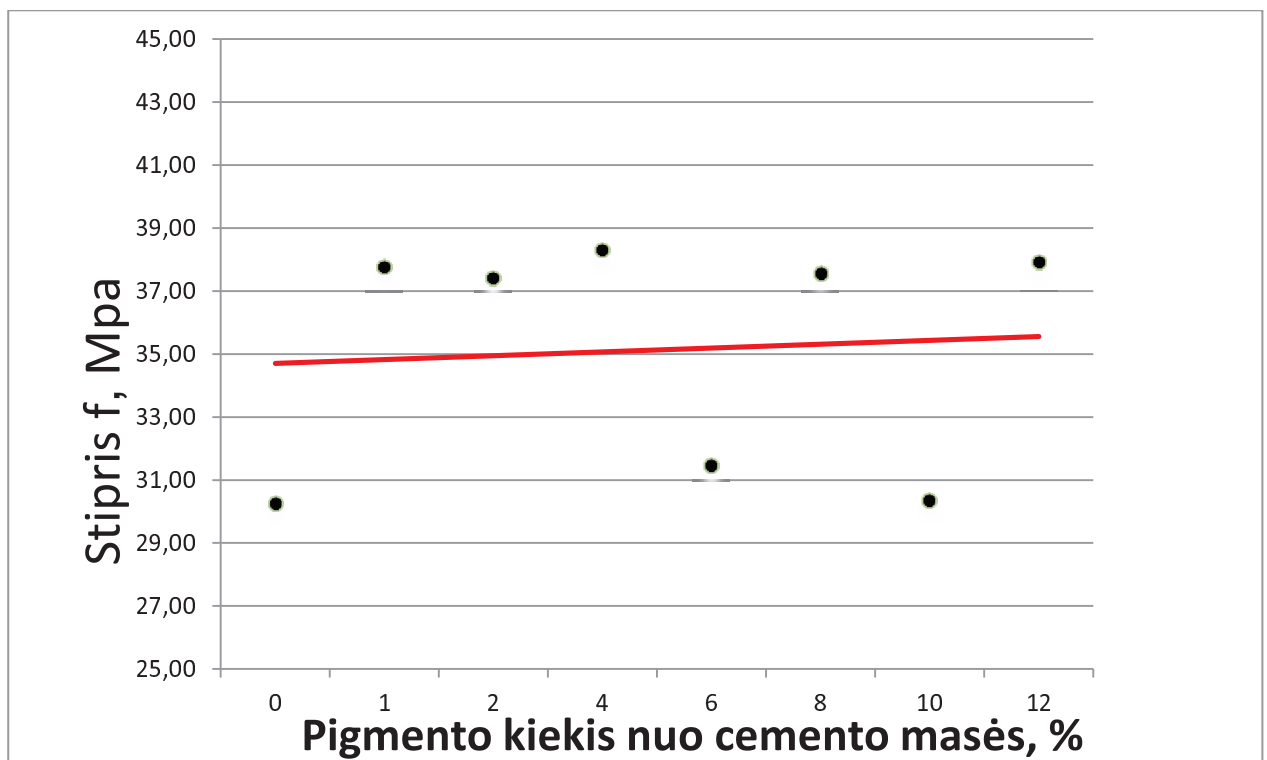
Nustačius skiedinio kubelių stiprį po 28 parų kietėjimo (6priedas) matyti, kad skiedinio stipris didėja nuo 34,5MPa kai pigmento nėra visai iki 38,6MPa (46 pav.) kai pigmento kiekis skiedinyje nuo cemento masės yra 12%.

Nustačius skiedinio kubelių stiprį po 1 metų laikytų sausoje aplinkoje (6priedas, 45 pav.) matyti, kad skiedinio stipris nesant pigmentui yra 30,2MPa, o esant 12% pigmento stipris padidėja iki 37,9MPa. Stiprio didėjimo tendencinė kreivė neintensyvi, nes kietėjimo sąlygos (sausą aplinką) nepalankios.

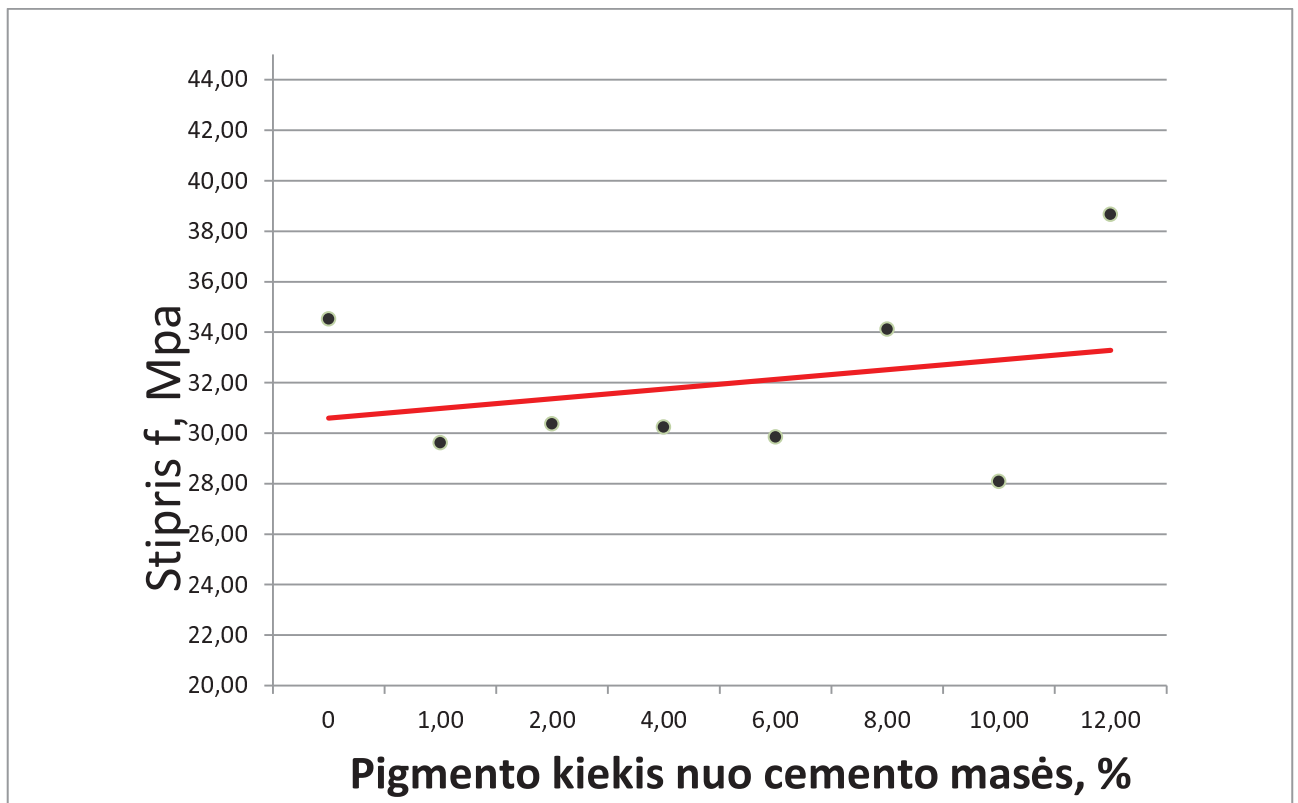
Skiedinio kubelių stipris po 1 metų buvusių upės vandenyje ir pastoviai plaunamų didėja nuo 34,8MPa, kai pigmento visai nėra skiedinyje iki 40,2MPa (6priedas), kai pigmento 12% nuo cemento masės. Stiprio didėjimo kreivė intensyvesnė už kietėjusius kubelius sausoje aplinkoje, nes kietėjimo sąlygos palankesnės (drėgna aplinka).



46 pav. Pigmentuoto skiedinio kubelių stipris po 28 parų kietėjimo

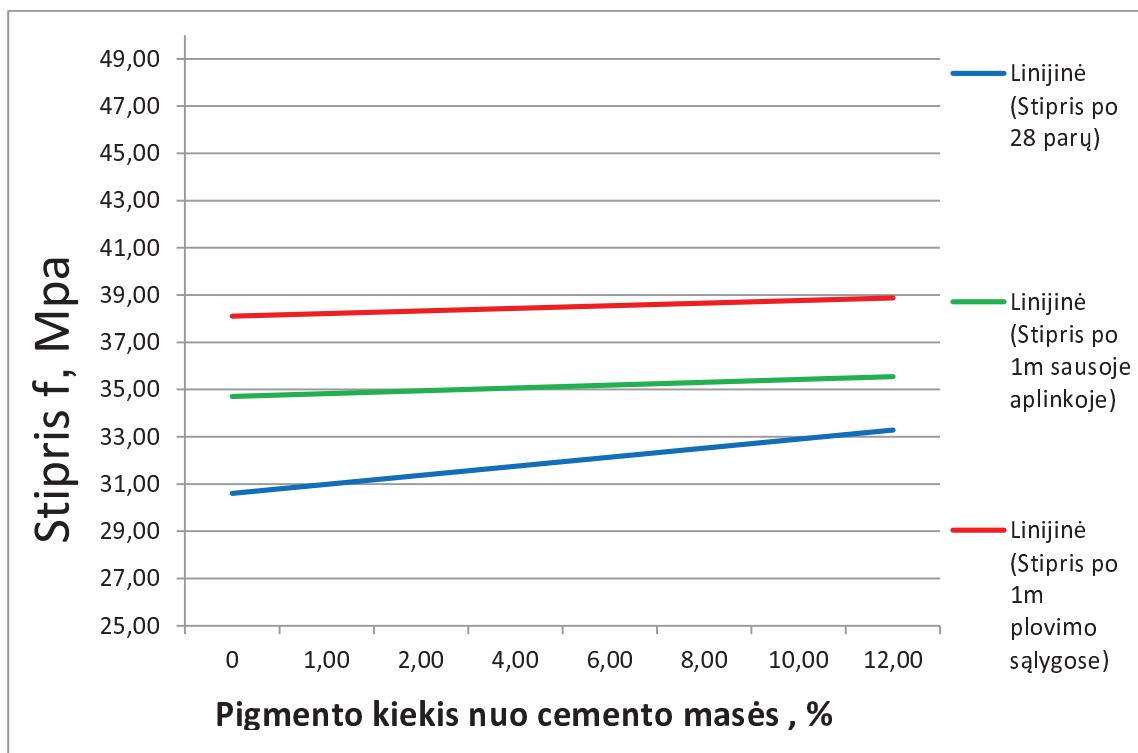


47 pav. Pigmentuoto skiedinio kubelių stipris po 12 mėnėsių (kubeliai laikyti sausoje sandarioje vietoje)



48 pav. Pigmentuoto skiedinio kubelių stipris po 12 mėnesių (kubeliai buvo vandenyje pastoviai plaunami)

Sudarius kubelių stiprio po 28 parų, po 1 metų sausoje aplinkoje ir po 1 metų vandenyje grafiką (6 priedas) matyti, kad kubelių stipris po 1 metų sausoje aplinkoje padidėjo prieš tai koks buvo po 28 parų sugniūždymo, dar labiau padidėjo po 1 metų kurie buvo vandenyje (47 pav). Skiedinio kubelių stipris taip pat didėja ir didėjant pigmento kiekiui skiedinyje, taip yra todėl, kad esant pigmento dideliame paviršiaus plotui dalis vandens yra surišama fiziškai, kuris vėliau panaudojamas cemento hidratacijai. Pigmento milteliai atlieka kaip ir mikroužpildo paskirtį, taip gaunamas tankesnis skiedinys ir todėl mažiau vandens išgaruoja, kuris panaudojamas skiedinio kietėjimui.



49 pav. Pigmentuoto skiedinio kubelių stipris po 28parų, po 1m sausoje aplinkoje buvusių, po 1m vandenyje buvusių kubelių.

Siekiant nustatyti ar tokios pačios priklausomybės galioja skiediniui ir betonui, buvo pagaminti betono kubeliai 150x150x150. Sudėtis kubelių išlaikyti tokia pati kaip ir statant jachtų uostelį. Buvo pagamintos 2 serijos po 6 kubelius be pigmento, ir 2 serijos po 6 kubelius su 10% pigmento. Po 3 kubelius kiekvienos serijos buvo sugniuždyti po 28 parų, o kiti 3 laikyti sausoje aplinkoje po 1 metų. Rezultatai pateikiami 11 lentelėje. Iš rezultatų matyti, kad betono stipris po 1 metų yra didesnis už betono stiprį po 28parų. Pigmentuoto betono stipris tiek po 28parų tiek po 1 metų yra didesnis už betono stiprį be pigmento, taip yra todėl, kad su pigmentu gauname tankesnę betoną. Betono stiprio padidėjimas po 1 metų su pigmentu yra didesnis, nes pigmento dalelės fiziškai suriša vandens, kuris vėliau panaudojamas betono kietėjimui (nes betonas kietėjo sausoje aplinkoje). Iš rezultatų matyti, kad tiek pigmentuoto skiedinio kubeliams, tiek pigmentuotam betonui galioja tos pačios tendencijos: didėjant pigmento kiekiui didėja ir betono stipris, ilgesnį laiką kietėjusiems gaminiams ši tendencija darosi vis ryškesnė.

11 lentelė Betono stiprio priklausomybė nuo pigmento

	Be pigmento			
	1 grupė		2 grupė	
	po 28parų	po 1 metų	po 28parų	po 1 metų
	44,58	50,82	57,62	54,19
	36,79	42,84	51,96	54,64
	37,14	39,53	48,14	53,74
Vidurkis	39,50	44,40	52,57	54,19
	Su 10% pigmento			
	1 grupė		2 grupė	
	po 28parų	po 1 metų	po 28parų	po 1 metų
	38,90	63,87	57,74	63,85
	40,78	50,78	46,72	59,20
	46,99	65,19	51,07	47,59
Vidurkis	42,22	59,95	51,84	56,88

IŠVADOS

- ✓ Klaipėdos krašto istorinių statinių būklės vertinimas rodo, kad mineraliniais pigmentais spalvintas betonas ir skiedinys yra tvarus, naudotas istoriniuose statiniuose ir, architektūriniu požiūriu, pasiteisinęs sprendimas;
- ✓ Visumoje, istorinių statinių betono spalvos intensyvumas, tvarumas priklauso nuo įvairių veiksnių (vietos statinyje, eksploatavimo sąlygų, pigmento sudėties) ir nėra tolygus;
- ✓ Stebint nuo 2011 metų stovinčio jachtų uostelio konstrukcijų pokyčius, pigmento įtakos jų eksploatacinėms savybėms nepastebėta, o spalvos intensyvumo pokyčiai nėra intensyvūs ir sietini su karbonatizacija bei kalkių apnašų susidarymo procesais;
- ✓ Gamybinėmis sąlygomis išgauti tolygią pigmentuoto betono spalvą yra sunku, bandymai ją suvienodinti glaistymu – dalinai pasiteisina, tačiau kol kas neaiškus tokio glaisto tvarumas;
- ✓ Ištyrus pigmento įtaką betonui ir skiediniui, nustatyta, kad didėjant šio dozei, didėja ir konglomeratų stipris; darome prielaidą – dėl didėjančio mišinio tankio ir pigmento dalelių fiziškai surišto vandens.
- ✓ Eksperimentiniai tyrimai rodo, kad naudojamo geležies oksido (Fe_3O_4) pigmentui būdinga spalvos intensyvumo soties riba – apie 6%;
- ✓ Kintant pigmento kiekiui, RGB spalvos koordinatų kreivių kitimo pobūdis yra beveik sinchroniškas, kas rodo adekvatų matavimo metodikos pasirinkimą;
- ✓ Uostelio krantinių betono stebėseną rodo, kad jo dekoratyviosioms savybėms ir ilgalaikiškumui santykinai didesnę įtaką daro ne pigmentai, o kiti veiksniai: technologinės ir konstrukcinės klaidos, karbonatizacijos procesas, biologiniai ir gamtiniai poveikiai;
- ✓ Vertinant objektyviais instrumentiniais metodais, spalvos intensyvumo (kolorimetrinių rodiklių) netolygumas bei kaita būdinga ir „etaloniniam“, architekto pasirinktam spalvotam betonui; ji pastebima net paprasta akimi;
- ✓ Preliminarūs stebėjimo rezultatai leidžia teigti, kad spalvos intensyvumo vienodumo hidrotechniniame betone užtikrinti neįmanoma dėl šio dirbtinio konglomerato prigimties (karbonatizacija ir t.t.), technologinių veiksnių ir dėl tokio betono eksploatacinės specifikos, o pagrįstoms išvadoms apie jo ilgalaikiškumą padaryti reiktų ilgesnio stebėjimo laikotarpio.

LITERATŪRA

1. M. R. Bynton. Color science, San Diego: University of California, 1996 - 289psl
2. C. J. Vickerman. Surface analysis: the principal techniques 1997 – 457p
3. S. Tamulevičius, G.Laukaitis, I. Prosyčėvas. Fizikiniai medžiagų tyrimo metodai Kaunas Technologija 2006 – 213p.
4. K. León, D. Mery, F. Pedreschi. Color Measurement in L*a*b* units from RGB digital images, Santiago: USACH, 2005 - 26psl
5. H. Elzbutas. Statybinių medžiagų savybių ir struktūros ypatybių tyrimo metodai. Mokomoji knyga. Kaunas: Vitae Litera. 2007, 147p.
6. STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ V.: Rekona, 2003
7. G. Stripkiūnas. Statybinių konglomeratų struktūra ir savybės. Kaunas: Vitae Litera, 2007 - 334 p.
8. A. Naujokaitis. Statybinės medžiagos. Betonai. Vilnius: Technika, 2007 - 356p.
9. J.Vyčius , V. Damulevičius. Hidrotechniniai statiniai. Kaunas: Akademija, 2007 - 73p.
10. STR 2.02.06:2004. Hidrotechnikos statiniai. Pagrindinės nuostatos. V.: Rekona, 2004
11. S. Tamulevičius, G.Laukaitis, I. Prosyčėvas. Fizikiniai medžiagų tyrimo metodai Kaunas Technologija 2006 – 213p.
12. P. Gregory, J. Wiley. Port engineering-planning, construction, maintenance, and security.. . 2004 - 881 p.
13. L. Katkevičius, R. Baublys. Vandens kelių, krantinių ir prieplaukų statyba. Kaunas 2008 - 77p.
14. EN 12878:2005 Pigments for the colouring of building materials based on cement and/or lime – Specifications and methods of test;‘
15. ; D. Reeve, A. Chadwick, C. Fleming. Coastal Engineering, London: Spon press, 2004 - 490psl.
16. G. Buxbaum, G. Pfaff. Industrial inorganic pigments. Krefeld, Germany: Weinheim Wiley-VCH. . 2005 – 297p
17. LST EN 12620:2002 Betono užpildai
18. R. K. Dhir, M. D. Newlands, T. D. Dyer and M C Tang. Designing concrete for the visual environment UK University of Dundee 2008 – 211p.
19. A. Poškus. Įvairių medžiagų būdingosios rentgeno spinduliuotės tyrimas. Vilnius, 2008, prieiga per internetą:<
http://www.kkek.ff.vu.lt/uploads/atomo_ir_branduolio_fizikos_laboratoriniai/nr04.pdf>

20. Chazette. Alain. Armements & Ouvrages de Fortresse du Mur de l'Atlantique. Editions Histoire & Fortifications, Paris, 2006.
21. Chazette. Alain. Artillerie Côtière: Atlantikwall et Sudwall en France. 1999. Fortications et Patrimoine.
22. R.F. Craig. Soil mechanics. Great Britain: Department of civil engineering, University of Dundee, 1992 – 249p.
23. J. Kaufmann, E. Kaufmann. W. Hanna Fortress Third Reich. German Fortifications and Defence Systems of World War II. Da Capo Press, Cambridge, 2003.
24. R. Rolf. Atlantikwall–Typenheft. Atlantic Wall Typology. Typologie du Mur de l'Atlantique. PRAK Publishing, Middelburg, 2008.
25. M. Griehl. Das grosse Buch der Flak. Deutsche Luftverteidigung 1912–1945. Wolfersheim / Berstadt: Podzun–Pallas-Verlag, 2003, p.151
26. R. Rolf. Vokiečių pakrantės gynybos įtvirtinimai Klaipėdos krašte (1939–1944). 2008. In: XX amžiaus fortifikacija Lietuvoje. (Red. Inga Veliutė) Kaunas: Arx Baltica, p.109–124.
27. P. Žostautaitė. Klaipėda – Lietuvos uostas (1923 – 1939). Vilnius: Mokslas, 1990.
28. A. Štuopys. Kranto ir priešlėktuvinės (FLAK) artilerijos baterijos Klaipėdoje: bandymai datuoti statybų laikotarpį. Klaipėdos krašto aneksija 1939 m.: Politiniai, ideologiniai, socialiniai ir kariniai aspektai. Acta Historica Universitatis Klaipedensis. XXI, 2010, p. 175–187.
29. P. Toussant, A. Chazette. Les pièces de 10,5 cm S.K.C/32 et S.K.C/33 de la Kriegsmarine. Fortifications et patrimoine. Nevenbre 1999. P.72.
30. V. Safronovas. Klaipėdos užėmimo istorijos 1944 – 1945 metais kontroversijos. Antrojo pasaulinio karo pabaiga Rytų Prūsijoje: faktai ir istorinės įžvalgos. Acta Historica Universitatis Klaipedensis. XVIII, 2009, P. 127-150. p134-138.
31. S.J. Zaloga, H. Johnson. 2005.D-Day fortifications in Normandy. Fortress 37. Osprey Publishing.
32. Die Stählerne Küste. 1942, Verlag Karl Curtius, Berlin,