



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS VALDYMO IR NEKILNOJAMOJO TURTO KATEDRA

Mindaugas Lukša

**PLOKŠČIŲ STOGŲ HIDROIZOLIACIJOS RACIONALIAUS
VARIANTO PARINKIMAS**

**RATIONAL CHOICE OF WATERPROOFING
MATERIALS FOR FLAT ROOFS**

Baigiamasis magistro darbas

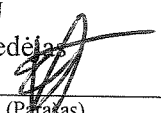
Statybos technologijos ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621J80003

Statybos ekonomikos ir verslo specializacija

Statybų inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2018

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS VALDYMO IR NEKILNOJAMOJO TURTO KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)
Artūras Kaklauskas
(Vardas, pavardė)

(Data)

Mindaugas Lukša

PLOKŠČIŲ STOGŲ HIDROIZOLIACIJOS RACIONALIAUS
VARIANTO PARINKIMAS

RATIONAL CHOICE OF WATERPROOFING
MATERIALS FOR FLAT ROOFS

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijos ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621J80003

Statybos ekonomikos ir verslo specializacija

Statybų inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

doc. dr. Natalija Lepkova
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas

lekt. Rima Gutušienė
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2018

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS VALDYMO IR NEKILNOJAMOJO TURTO KATEDRA

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Statybos technologijos ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621J80003

Statybos ekonomikos ir verslo specializacija

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(Parašas)

Artūras Kaklauskas

(Vardas, pavardė)

(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO

UŽDUOTIS

2016-08-15 Nr.

Vilnius

Studentui Mindaugui Lukšai
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema:

PLOKŠČIŲ STOGŲ HIDROIZOLIACIJOS RACIONALIAUS VARIANTO PARINKIMAS
RATIONAL CHOICE OF WATERPROOFING MATERIALS FOR FLAT ROOFS

patvirtinta 2018 m. kovo 14 d. dekanų potvarkiu Nr. 102 st.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2018 m. gegužės 23 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

1. Įvertinti plokščių stogų laikančiųjų konstrukcijų ir stogo sluoksnių reikšmę hidroizoliacinei dangai.
2. Nustatyti pagrindinius hidroizoliacinių medžiagų tipus bei priskirti jiems plačiai taikomus gaminius, o pagal apklaustų stogdengių ir prekybininkų išskirtus, hidroizoliacinei dangai taikomus pagrindinius kriterijus, tuos gaminius ir ištirti.
3. Išnagrinėti hidroizoliacijos testavimo ir vandens prabėgimo aptikimo galimybes.
4. Sudaryti rekomendacijas racionaliai plokščių stogų hidroizoliacijai parinkti ir įrengti, atliekant variantinę projektavimą.

Vadovas

(Parašas)

doc. dr. Natalija Lepkova

(Moksl. laipsnis/pedag.vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

(Parašas)

Mindaugas Lukša

(Vardas, pavardė)

2016-09-15

(Data)

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Mindaugas Lukša, 20094709

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Statybos fakultetas

(Fakultetas)

Statybos technologijos ir valdymas, SEVfm-16

(Studijų programa, akademinė grupė)

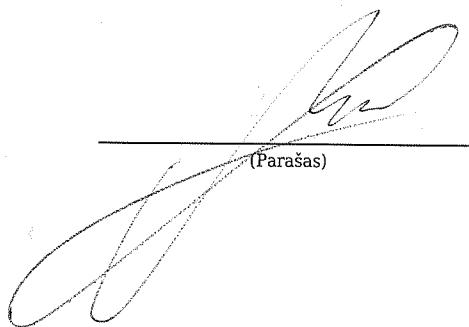
**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2018 m. gegužės 16 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Plokščių stogų hidroizoliacijos racionalaus varianto parinkimas“ patvirtintas 2018 m. kovo 14 d. dekanų potvarkiu Nr. 102st, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Mano darbo vadovas doc. dr. Natalija Lepkova.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).



(Parašas)

Mindaugas Lukša
(Vardas ir pavardė)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Statybos fakultetas
Statybos valdymo ir nekilnojamojo turto katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data

Antrosios pakopos studijų **Statybos technologijų ir valdymo** programos magistro baigiamasis darbas
Pavadinimas **Plokščių stogų hidroizoliacijos racionalaus varianto parinkimas**
Autorius **Mindaugas Lukša**
Vadovas **Natalija Lepkova**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe analizuojama plokščio stogo sandara, įvertinama sluoksnių įtaka hidroizeliacinei dangai. Nustatomi pagrindiniai hidroizoliacinių dangų tipai ir parenkama racionali hidroizoliacinė medžiaga, taikant daugiakriterį ARAS metodą. Analizuojami hidroizoliacijos testavimo bei vandens prabėgimo aptikimo įrenginiai. Norint sumažinti daromas klaidas ir praplėsti žinias, projektuojant ir įrengiant plokščius stogus, atliekamas stogo sluoksnių variantinis projektavimas. Sukuriama rekomendacinė sistema, jos taikymo metodika, pagal kurią būtų galima pasirinkti racionalią plokščio stogo dangą. Pateikiamos baigiamojo darbo išvados ir siūlymai.

Darbą sudaro 7 dalys: įvadas, 4 skyriai: plokščių stogų laikančiųjų konstrukcijų tipų ir stogo sluoksnių analitinė apžvalga bei jų įtaka hidroizeliacijai, hidroizoliacinių medžiagų parinkimo analizė, hidroizoliacijos testavimo ir vandens prabėgimo aptikimo tyrimas, rekomendacijos ir variantinis projektavimas, tinkamai plokščio stogo hidroizeliacijai parinkti ir įrengti, išvados ir siūlymai, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 95 p. teksto be priedų, 50 iliustr., 13 lent., 62 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai ir rekomendacinė sistema.

Prasminiai žodžiai: plokščias stogas, hidroizoliacija, ARAS, stogų klasifikacija, hidroizoliacijos testavimas, variantinis projektavimas, rekomendacijos.

ISBN	ISSN
Copies No.	
Date-.....-.....	

Title	Rational Choice of Waterproofing Materials for Flat Roofs
-------	---

Author	Mindaugas Lukša
Academic supervisor	Natalija Lepkova

Annotation

This thesis analyzed flat roof structure and the influence of layers for waterproofing materials. The main types of waterproofing covers identify. Selected rational waterproofing material by using multi - criteria ARAS method. Analyzed roof materials inspection and leak detection testing possibilities. There was made the optional flat roof layers design to reduce mistakes and increase knowledge in the design and installation of roofs. The recommendation system and application methodology which was created, helps to choose rational waterproofing material for flat roofs. The conclusions are attached.

Structure: introduction, 4 chapters: flat roof structure types and layers analytical review and their influence for waterproofing materials, analysis of waterproofing materials selection, inspection of roof materials and leak detection possibilities, recommendation and optional design to choose and install properly waterproofing materials for flat roofs, conclusions and suggestions, references

Thesis consist of: 95 p. text without appendixes, 50 pictures, 13 tables, 62 bibliographical entries.

Appendixes and recommendation system included separately.

Keywords: flat roof, waterproofing membrane, roof cover, ARAS, roofs classification, roof inspection, optional design, recommendations.

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS	9
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	10
ĮVADAS	13
1. PLOKŠČIŲ STOGŲ LAIKANČIŲJŲ KONSTRUKCIJŲ TIPŲ IR STOGO SLUOKSNIŲ ANALITINĖ APŽVALGA BEI JŲ ĮTAKA HIDROIZOLIACIJAI	16
1.1 Gelžbetoninės laikančiosios konstrukcijos	16
1.2 Metalinės laikančiosios konstrukcijos	19
1.3 Medinės laikančiosios konstrukcijos	21
1.4 Vandens nutekėjimo sistemos ir nuolydžių formavimas	24
1.5 Garo izoliacija.....	26
1.6 Šiltinimo medžiagos	30
2. HIDROIZOLIACINIŲ MEDŽIAGŲ PARINKIMO ANALIZĖ	36
2.1 Hidroizoliacinių medžiagų istorija	36
2.2 Skystos hidroizoliacinės sistemos	37
2.3 Prilydomos dangos	38
2.4 Vieno sluoksnio membranos ir jų naudojimo statistika.....	40
2.4.1. Guma - EPDM membrana	42
2.4.2. PVC ir TPO dangos.....	43
2.5.Guminės – bituminės dangos.....	47
2.6 Hidroizoliacinių dangų tvirtinimo būdai	51
2.7. Hidroizoliacinių medžiagų alternatyvų daugiakriterė analizė ARAS metodu	54
3. HIDROIZOLIACIJOS TESTAVIMO IR VANDENS PRABĖGIMO APTIKIMO TYRIMAS	62
3.1. Stogų hidroizoliacijos nesandarumų aptikimas	62
3.2. Dūmų testas	63
3.3. Sausas ir šlapias elektros impulsų testas.....	64
3.4. Vandens pratekėjimo į pastatą per stogą radimas taikant IoT	67

3.6. Plokščio stogo apžiūra, matavimai, tikrinimas ir darbų organizavimas	70
3.7. Atsikuriančios hidroizoliacinės medžiagos	74
4. REKOMENDACIJOS IR VARIANTINIS PROJEKTAVIMAS, TINKAMAI PLOKŠČIO STOGO HIDROIZOLIACIJAI PARINKI BEI ĮRENGTI	78
4.1. Metodika taikoma rekomendacinei sistemai, renkantis racionalią plokščių stogų hidroizoliaciją	79
4.2. Plokščių stogų hidroizoliacinių dangų privalumai ir trūkumai, suformuluoti rekomendacinėje sistemoje.....	86
IŠVADOS IR SIŪLYMAI	90
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI	92
PRIEDAI	96
A priedas. Analizuojamo pastato vizualizacija, stogo planas ir skaičiavimo schemos	96
B priedas. PARK TOWN 2 etapas: stogo hidroizoliacinių dangų sąmatos.....	98
C priedas. Analizuojamų hidroizoliacinių dangų, daugiakriterė analizė ARAS metodu	100
D priedas. Pažyma dėl dalyvavimo 2017 m. vasario 28d. 20-oje Jaunųjų mokslininkų konferencijoje	102

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Plonųjų gaminių vandens garų varžai lygiaverčio oro sluoksnio storis (STR 2.01.03:2009 – 9 lentelė)	27
1.2 lentelė. Garo izoliacinių medžiagų savybių palyginimas (sudaryta autoriaus)	29
1.3 lentelė. Pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientų $U_{(A+)}$, $W/(m^2 \cdot K)$ vertė A+ energinio naudingumo klasės pastatų (jų dalių) atitvarų norminių savitųjų šilumos nuostolių ir energinio naudingumo rodiklių skaičiavimai (STR 2.01.02:2016 – 5 lentelė)	30
1.4 lentelė. Kaip kito reikalavimai gyvenamųjų pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientams - U , $W/(m^2 \cdot K)$ (Varžoms – R , $m^2 \cdot K/W$) (Šiltinimo medžiagos...2017)	31
1.5 lentelė. Šiltinimo medžiagų savybių palyginimas (sudaryta autoriaus)	33
2.1 lentelė. Hidroizoliacinių medžiagų palyginimas pagal kainą ir išvaizdą (sudaryta autoriaus)	49
2.2 lentelė. Hidroizoliacinių medžiagų palyginimas pagal technines charakteristikas (sudaryta autoriaus)	50
2.3 lentelė. Kiekvienos vietovės kategorijos paviršiaus šiurkštumo aprašymas ir iliustracijos (EN 1991-1-4:2005)	52
2.4 lentelė. Hidroizoliacinių medžiagų kriterijų skaitinės reikšmės, daugiakriteriam ARAS metodui taikyti (sudaryta autoriaus)	57
2.5 lentelė. Duomenų matrica, įvertinus kriterijų reikšmingumus.	59
2.6 lentelė. Efektyvumo ir naudingumo indekso nustatymas	60
3.1 lentelė. Plokščio stogo testavimo ir apžiūros galimybės ir kaina (sudaryta autoriaus)	73
4.1 lentelė. Plokštiesiems stogams taikomų, pagrindinių hidroizoliacinių medžiagų tipų, privalumai ir trūkumai	87
B.1 lentelė. Stogo PARK TOWN 2 etapas: prilydomos dangos hidroizoliacijos sąmata.	98
B.2 lentelė. Stogo PARK TOWN 2 etapas: EPDM hidroizoliacijos sąmata.	98
B.3 lentelė. Stogo PARK TOWN 2 etapas: PVC dangos hidroizoliacijos sąmata.	99
C.1 lentelė. Pradinių duomenų matrica	100
C.2 lentelė. Transformuota sprendimų matrica	101
C.3 lentelė. Normalizuota sprendimų matrica	101

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Gelžbetoninė perdanga (autoriaus nuotrauka).....	17
1.2 pav. Galima plokščio stogo detalė ir jos apibūdinimas. Gelžbetoninė konstrukcija (sudaryta autoriaus)	17
1.3 pav Plokščio stogo sandara ir dažniausiai pasitaikantys gelžbetoninės konstrukcijos sluoksniai – spalvoti (sudaryta autoriaus)	18
1.4 pav. Metalinė konstrukcija (autoriaus nuotrauka).....	19
1.5 pav. Galima plokščio stogo detalė ir jos apibūdinimas. Metalinė konstrukcija (sudaryta autoriaus)	19
1.6 pav. Plokščio stogo sandara ir dažniausiai pasitaikantys metalinės konstrukcijos sluoksniai – spalvoti (sudaryta autoriaus)	20
1.7 pav. Medinė konstrukcija (autoriaus nuotraukos).....	21
1.8 pav. Galima plokščio stogo detalė ir jos apibūdinimas. Medinė konstrukcija, nuolydis išgaunamas su stogo konstrukcija (sudaryta autoriaus).....	22
1.9 pav. Galima plokščio stogo detalė ir jos apibūdinimas. Medinė konstrukcija, nuolydis išgaunamas iš nuolydinio putų polistirolu EPS (sudaryta autoriaus)	22
1.10 pav. Plokščio stogo sandara ir dažniausiai pasitaikantys metalinės konstrukcijos sluoksniai – spalvoti (sudaryta autoriaus)	23
1.11 pav. Ant plokščio stogo augančios samanų ir medžių dėl netinkamo nuolydžio (autoriaus nuotrauka).....	26
1.12 pav. Garus izoliuojančio sluoksnio įrengimo virš trapecinių plieno lakštų schemos (STR 2.01.02:2016).....	28
1.13 pav. Šiltinimo medžiagų palyginimas (Konstrukcinių detalių...2018).....	32
1.14 pav. Šiltinimo medžiagų palyginimas pagal storius ir pagal kvadrato kainas A+ energinės klasės gyvenamajam pastatui (sudaryta autoriaus)	34
2.1 pav. Skysta hidroizoliacinė danga – poliurėja (Aukštuminių pastatų... 2017).....	38
2.2 pav. Stogas įrengtas iš prilydomų stogo dangų (autoriaus nuotrauka).....	39
2.3 pav. Hidroizoliacinių dangų pasiskirstymas Europoje 2014 metais (AMI Survey 2015)..	40
2.4 pav. Hidroizoliacinių dangų pirkimai Europoje, proc., 2008- 2014 metais (AMI Survey 2014).....	41
2.5 pav. Komerciniams stogams naudotos hidroizoliacinės dangos 1996- 2014 metais. (Hidroizoliacinių dangų...2014).....	41
2.6 pav. Rimi parduotuvės Linkenų g. stogas, įrengtas iš „Firestone EPDM membranos“ (autoriaus nuotrauka).....	42
2.7 pav. Plokščias stogas, įrengtas iš IKO gaminamos PVC dangos (IKO istorija 2017)	43

2.8 pav. Plokščias stogas, padengtas „Firestone UltraPly“ TPO danga (Naujausi projektai 2017).....	44
2.9 pav. PVC ir TPO modulinį struktūrų skirtumai (TPO/FPO hidroizoliacijų...2015)	44
2.10 pav. PVC dangoje matomos skylutės, atsiradusios po krušos (Vitiello 2007).....	45
2.11 pav. Plokščias stogas, padengtas „Carlisle Resitrix“ danga , Olandija (Plokščio stogo... 2016).....	47
2.12 pav. Europos vėjo žemėlapis, svarbiausioji pagrindinio vėjo greičio reikšmė [m/s] (EN 1991-1-4:2005)	51
2.13 pav. Hidroizoliacinių dangų tvirtinimo būdai į pagrindą (sudaryta autoriaus)	53
2.14 pav. Hidroizoliacinių dangų pagrindiniai kriterijai renkantis patikimiausią variantą.....	55
3.1 pav. Dūmų aparatas, stogų testavimui (Plokščio stogo...2015)	63
3.2 pav. Dūmų pūtimo po hidroizoliacija principas (Plokščio stogo...2015).....	64
3.3 pav. Sausas elektros impulsais atliekamas, stogo testavimas (Aukštos įtampos...2015)..	65
3.4 pav. Šlapias, elektros impulsais atliekamas, stogo testavimas (Stogo ir...2017)	66
3.5 pav. Belaidžio ryšio sistema, stogo nesandarumui aptikti (Plokščio stogo...2014)	68
3.6 pav. PROGEO Smartex® įrenginys (Protingas kelias...2016).....	69
3.7 pav. „PROGEO Smartex®“ veikimo principas (Protingas kelias...2016)	70
3.8 pav. Plokščio stogo tikrinimas bepiločiu orlaiviu (Stogo skaičiavimai...2017).....	71
3.9 pav. Hidroizoliacijos patikra, naudojant bepilotį orlaivį (autoriaus nuotrauka)	72
3.10 pav. Atsikurianti hidroizoliacinė danga (Trial et al. 2009)	74
3.11 pav. „Voltex” medžiagos pjūvis (Volclay Bentonito... 2015).....	75
3.12 pav. „Cetco“ grupės gaminamas „Swelltite” gaminy (,,Swelltite” kompozitinė... 2015)	76
4.1 pav. Plokščio stogo struktūros variantinis projektavimas (sudaryta autoriaus)	80
4.2 pav. Naujai įrengiamo, šiltinamo stogo, iš metalinės konstrukcijos, aprašymas (sudaryta autoriaus)	80
4.3 pav. Nukreipimai į gaminių alternatyvas bei jų aprašymus, sistemoje renkantis garo izoliacijos ir šiltinimo medžiagas (sudaryta autoriaus)	81
4.4 pav. Hidroizoliacinių medžiagų tvirtinimo rekomendacijos, pasirinktai stogo schemai (sudaryta autoriaus)	82
4.5 pav. Sistemos nukreipimas į hidroizoliacinių medžiagų aprašą (sudaryta autoriaus).....	82
4.6 pav. Pasirenkamas hidroizoliacinės dangos tipas – VIENSLUOKSNĖ SINTETINĖ – TPO DANGA (sudaryta autoriaus).....	83
4.7 pav. Pasirinktos hidroizoliacinės dangos reikalavimai pagrindui, projektuojamai stogo konstrukcijai konstrukcijai (sudaryta autoriaus).....	84

4.8 pav. Pasirinktos hidroizoliacinės dangos tipo, projektavimo skiltis (sudaryta autoriaus) .	84
4.9 pav. Esamo paviršiaus reikalavimai stogo remontui su nauja hidroizoliacine danga (sudaryta autoriaus)	85
4.10 pav. Guminės sintetinės EPDM membranos medžiagos sąmatos sudarymui, bei montavimo instrukcija (sudaryta autoriaus)	85
A.1 pav. Analizuojamo pastato PARK TOWN 2 etapas, vizualizacija	96
A.2 pav. Analizuojamo pastato PARK TOWN 2 etapas, stogo planas.....	96
A.3 pav. Analizuojamo pastato PARK TOWN 2 etapas, stoginių hidroizoliacijų išdėstymo planai – skaičiavimo schemas (sudaryta autoriaus)	97

IVADAS

Stogas - viena iš pagrindinių pastato konstrukcijų. Po stogo sumontavimo dažnai netgi iškeliamas vainikas, kaip simbolis pagrindinių pastato darbų pabaigai pažymėti, nes nuo tada užtikrinamas statinio saugumas (paprastai nebereikalingas konstrukcijų ramstymas). Tačiau tuomet stogą pradeda veikti klimatas: saulės spinduliai, krituliai, sniegas, o jei tai plokščias stogas, atmosferos įtaka tampa dar aktualesnė. Apsaugai nuo atmosferos poveikio reikalinga hidroizoliacija, kuri užtikrina ne tik stogo, bet ir viso pastato sandarumą ir ilgaamžiškumą. Dėl netinkamos ar blogai įrengtos hidroizoliacijos į pastatą patenka vanduo, kuris laikui bėgant gali suardyti laikančiąją konstrukciją, tačiau pirmiausia jis gadina vidinę apdailą, taip sukeldamas daug problemų to pastato gyventojams ir savininkams. Dažniausiai hidroizoliacija vizualiai nematoma medžiaga, o ant plokščio stogo užlipama labai retai (jei tai neeksploatuojamas stogas), todėl hidroizoliacijai statybos dalyviai nėra linkę daug investuoti (Bertrand *et al.* 2003).

Sprendžiama problema bei temos aktualumas. Nei vienoje metodinėje knygoje apie plokščius stogus nėra išskirta aiški jo sandara, literatūroje tiesiog apibūdintos medžiagos, kurios gali būti panaudotos stogo sluoksniams. Svarbu suprasti stogo struktūrą ir sluoksnių eiliškumą, jų junginius, nes nuo to priklauso sistemos tobulumas. Lietuvos Respublikoje galiojančiame pagrindiniame techniniame reglamente apie plokščius stogus: „STR 2.05.02:2008 Statinių konstrukcijos. Stogai“, yra pateikti tik bendriniai reikalavimai stogo sluoksniams ir hidroizoliacinei dangai, tad trūksta racionalių sprendimų ir klaidos atsiranda jau projektavimo stadijoje. Rengiant techninius ir darbo projektus, dėl laiko stokos, braižomos, kopijuojamos standartinės stogo detalės, tad statinių savininkai ir investuotojai renkasi populiariausias ir geriausiai rinkoje žinomas medžiagas, nors per pastaruosius keturis dešimtmečius pradėti gaminti patikimesni ir ilgaamžiškesni produktai su kuriais darbai atliekami paprasčiau ir greičiau. Plokščio stogo hidroizoliacijos yra skirtingų tipų, kuriems galima pritaikyti kitokius reikalavimus, įvairius tvirtinimo ir sujungimo metodus. Dėl hidroizoliacinių dangų įvairovės ir skirtingų įrengimo principų trūksta informacijos, reikalingos rangovams ir techninei priežiūrai, kuri turi tinkamai patikrinti atliktus darbus (Rahman *et al.* 2012). Norint sumažinti daromas klaidas ir praplėsti žinias, reikia išsiaiškinti pagrindinius hidroizoliacinių medžiagų tipus ir atlikti visų stogo sluoksnių variantinį projektavimą.

Darbo tikslas išanalizuoti plokščių stogų sandarą bei jiems taikomas pagrindines hidroizoliacines medžiagas ir sukurti rekomendacijas racionaliai plokščių stogų hidroizoliacijai parinkti ir įrengti.

Siekiant įgyvendinti šį tikslą numatomi tokie **uždaviniai**:

1. Įvertinti plokščių stogų laikančiųjų konstrukcijų ir stogo sluoksnių reikšmę hidroizoliacinei dangai.
2. Nustatyti pagrindinius hidroizoliacinių medžiagų tipus bei priskirti jiems plačiai taikomus gaminius, o pagal apklaustų stogdengių ir prekybininkų išskirtus, hidroizoliacinei dangai taikomus pagrindinius kriterijus, tuos gaminius ir iširti.
3. Išnagrinėti hidroizoliacijos testavimo ir vandens prabėgimo aptikimo galimybes.
4. Sudaryti rekomendacijas racionaliai plokščių stogų hidroizoliacijai parinkti ir įrengti, atliekant variantinį projektavimą.

Tyrimo metodai:

1. Mokslinės literatūros, metodinių knygų, patentų duomenų bazės, antrinių informacijos šaltinių, konferencinių pranešimų, seminarų bei internetinių puslapių apžvalga.
2. Konkrečių statybinių medžiagų, skirtų plokščiam stogui analizė bei palyginimai;
3. Statistinė analizė.
4. Interviu.
5. Konkretaus, šiuo metu statomo, pastato stogo sąmatų sudarymas naudojant skirtingus hidroizoliacinių medžiagų tipus.
6. Daugiakriterio ARAS metodo pritaikymas renkantis hidroizoliacines medžiagas.
7. Hidroizoliacinių testavimo įrenginių analizė bei palyginimai.
8. Rezultatų pritaikymas bendroje sistemoje, naudojant Microsoft Office Excel programinį paketą.

Mokslinis naujumas ir darbo nauda. Sudaryta plokščio stogo struktūra bei išskiriami dažniausiai taikomi sluoksniai pagal laikančiosios konstrukcijos tipą. Lyginamos atskiros stogo sluoksnių medžiagos išskiriant jų privalumus. Analizuojamos Lietuvoje dar mažai žinomos hidroizoliacijos testavimo ir vandens prabėgimo aptikimo galimybės. Sukuriama metodika bei surašomos rekomendacijos, projektuojamo pastato stogo detalei sukurti ir racionaliai hidroizoliacinei dangai parinkti, kuriomis galėtų naudotis visi statybos dalyviai.

Darbo struktūra susideda iš keturių skyrių:

- Pirmame skyriuje analizuojama plokščio stogo sandara. Apžvelgiami praktiškai naudojami stogo sluoksniai. Įvardijamos populiariausios sluoksnių medžiagos, o galiausiai aprašoma jų įtaka hidroizoliacinei dangai;
- Antrame skyriuje apžvelgiamas svarbiausias stogo sluoksnis – hidroizoliacija. Nustačius pagrindinius hidroizoliacijos tipus, jie nagrinėjami įvairias aspektais, o atrinkus konkretų projektą, jam parenkama racionali hidroizoliacinė medžiaga taikant daugiakriterį ARAS metodą;
- Trečias skyrius yra antros dalies papildymas arba prieštaravimas, atskleidžiantis, jog tobulų medžiagų nėra. Šiame skyriuje analizuojami hidroizoliacijos testavimo bei vandens prabėgimo aptikimo įrenginiai, kurie dalinai išsprendžia netobulų medžiagų problemą;
- Ketvirtą skyrių sudaro rekomendacinės sistemos aprašymas ir jai taikoma metodika, pagal kurią būtų galima pasirinkti racionalią plokščio stogo hidroizoliacinę dangą.

Tarpiniai darbo rezultatai buvo pristatyti 2017 m. vasario 28 d. 20-oje Jaunųjų mokslininkų konferencijoje sekcija „Statyba“ (žr. D priedą).

1. PLOKŠČIŲ STOGŲ LAIKANČIŲJŲ KONSTRUKCIJŲ TIPŲ IR STOGO SLUOKSNIŲ ANALITINĖ APŽVALGA BEI JŲ ĮTAKA HIDROIZOLIACIJAI

Šiame skyriuje bus aptarta bendra plokščių stogų sandara bei dažniausiai pasitaikantys sluoksniai. Bus aiškinamasi, kokią įtaką jie daro pačiam pagrindiniam tokios tipo stogo elementui – hidroizoliacijai. Kadangi alternatyvų, kaip išdėstyti ir kokias medžiagas naudoti plokščiuose stoguose, yra gana nemažai, bus aprašomi dažniausiai pasitaikantys bei tinkamiausi variantai praktikoje.

Plokštieji stogai pagal laikančiąsias konstrukcijas skirstomi:

- stogai su gelžbetonio laikančiosiomis konstrukcijomis;
- stogai su metalinėmis laikančiosiomis konstrukcijomis;
- stogai su medinėmis laikančiosiomis konstrukcijomis.

Laikančiosios konstrukcijos yra didžiausia, svarbiausia ir brangiausia dalis susijusi su plokščiu stogu. Jų parinkimas labiausiai priklauso nuo pastato tipo, jo paskirties, vietos ir nuo to, kiek planuojama į ją investuoti.

Išsirinkus laikančiąsias konstrukcijas pereinama prie ne ką mažiau svarbaus klausimo – sluoksnių pasirinkimo. Plokščiąjį stogą dažniausiai sudaro: nuolydinį formuojantis sluoksnis, garo izoliacija ir šiltinimo medžiagos, o jau tik tuomet įrengiama hidroizoliacija. Taigi norint tinkamai parinkti vandeniui nelaidžias medžiagas plokščiam stogui, pirmiausia reikia suprasti jo sandarą ir įvardyti visų būsimų sluoksnių ant stogo įtaką hidroizoliacijai.

1.1 Gelžbetoninės laikančiosios konstrukcijos

Gelžbetonio konstrukcijomis dengiamas pastato stogas dažniausiai būna sudarytas iš gamykloje pagamintų perdangos plokščių arba vietoje betonuojamo monolito (žr. 1.1 pav.). Ši konstrukcija, lyginant su kitomis, daugiausiai sveria ir yra sunkiausiai ir ilgiausiai įrengiama. Seniau tokios konstrukcijos buvo paplitusios gamybiniuose statiniuose, kadangi su jomis galima buvo uždengti didžiulius tarpatramius, tačiau laikui bėgant pradėjo tobulėti metalo panaudojimas ir tinkamas skerspjūvio parinkimas, tad jos pakeitė didelių tarpatramių laikančiąsias sistemas. Vis dažniau imta projektuoti ir montuoti – kombinuotąsias konstrukcijas, tad kalbant apie stogus ir siejant juos su konstrukcija, gelžbetonis dabar dažniausiai naudojamas daugiabučių namų statyboje ar privačių namų plokšties stogams, o galima stogo detalė pavaizduota 1.2 pav. Tokio tipo stogams naudojamos įvairiausių tipų hidroizoliacinės medžiagos, nes konstrukcijų judėjimas yra labai nežymus. Kadangi gelžbetonio stipris gniuždant yra didelis, lyginant jį su kitomis konstrukcijomis, šie stogai išskiriami kaip eksploatuojami ir neeksploatuojami.

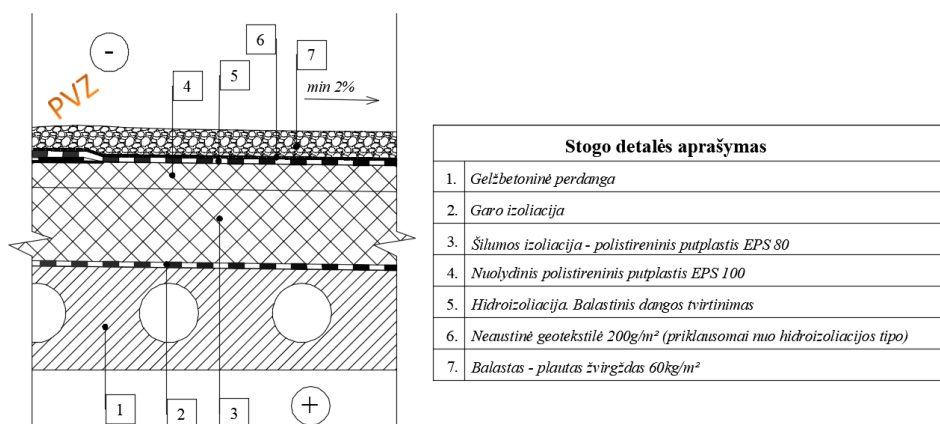


1.1 pav. Gelžbetoninė perdanga (autorius nuotrauka)

Eksplloatuojami stogai gali būti skirstomi į terasas, automobilių aikšteles, žaliuosius ir ruduosius stogus, stogus – baseinus ir praėjimus – pravažiavimus (Lašas 2014). Ypač svarbu šiems stogams parinkti tinkamas hidroizoliacines dangas, nes labai dažnai vanduo bėga į pastatus, kurių stogai yra eksplloatuojami. Tai įvyksta dėl to, kad ant hidroizoliacijos įrengiant viršutinę dangą, ją lengva pažeisti, o rasti įtrūkusias vietas ir jas sutvarkyti, tokiems stogams būna pakankamai sudėtinga.

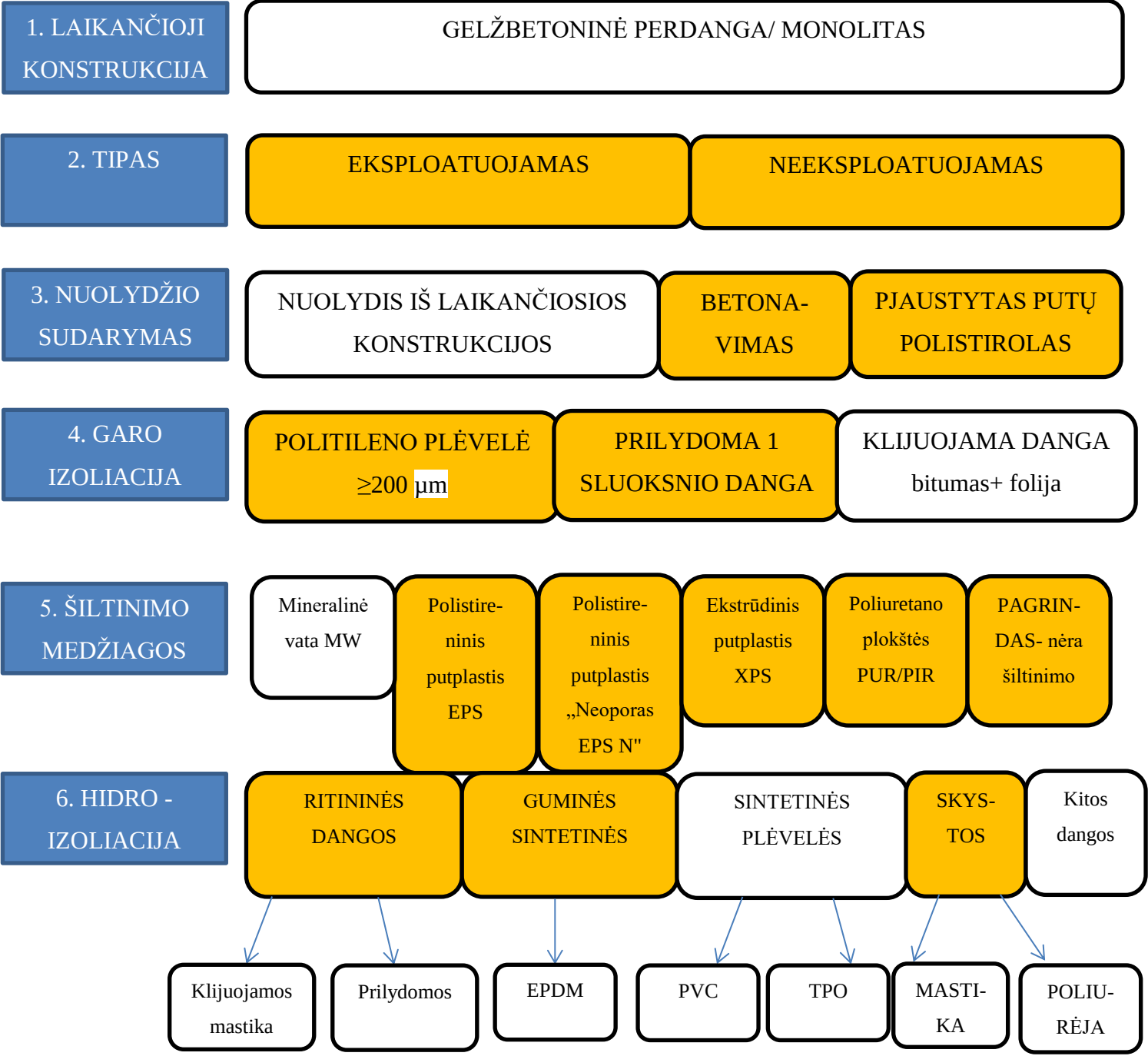
Neeksplloatuojami stogai - tai tokie, kurių viršutinis sluoksnis būna padengtas hidroizoliacija. Toks stogas nėra naudojamas ir ant jo nevykdoma jokia veikla. Dažniausiai tokiems stogams būna įrengti tik atskiri takeliai, kurie leidžia prieiti prie įvairių, ant stogo esančių įrenginių, kuriuos reikia tikrinti kas metus arba remontuoti jiems sugedus.

Kad būtų lengviau tikslinti galimus plokščio stogo sluoksnius su gelžbetonine laikančiąja konstrukcija, 1.3 paveiksle pateikta susisteminta galima plokščių stogų sandara, o dažniausiai pasitaikantys sluoksniai – nuspalvinami.



1.2 pav. Galima plokščio stogo detalė ir jos apibūdinimas. Gelžbetoninė konstrukcija (sudaryta autoriaus)

PLOKŠČIAS STOGAS



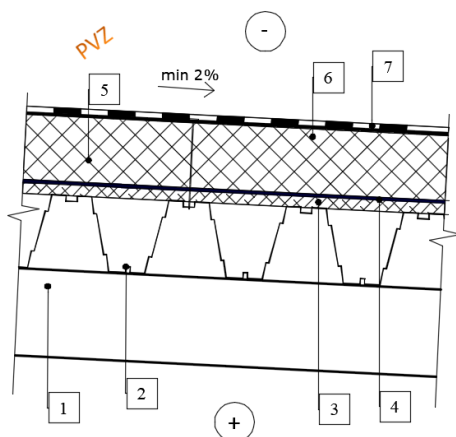
1.3 pav Plokščio stogo sandara ir dažniausiai pasitaikantys gelžbetoninės konstrukcijos sluoksniai – spalvoti (sudaryta autoriaus)

1.2. Metalinės laikančiosios konstrukcijos

Metalinės laikančiosios konstrukcijos, atvirkščiai nei betoninės, yra labai lengvos ir tinkamos pastatams su dideliais atstumais tarp atramų. Dėl šios priežasties, tokios konstrukcijos dažniausiai montuojamos gamybinio, sandėlio arba komercinės paskirties statiniuose (žr. 1.4 pav.). Metalinės konstrukcijos formuojamos keliais būdais, kai sumontavus profiliuotą paklotą ant jo dedamos plokščiam stogui reikalingos medžiagos, garo izoliacija, šiltinimas ir hidroizoliacija (žr. 1.5pav.) arba montuojamos daugiasluoksnės plokštės, kurias sudaro jau gamykloje pagamintos dalys: skarda, šiltinimo sluoksnis, skarda, tuomet lieka parinkti tinkamą hidroizoliaciją ir ją įrengti. Stogas iš daugiasluoksnių plokščių, įrengiamas žymiai greičiau, tačiau medžiagos kainuoja brangiau, taigi pasirinkimas dažniausiai priklauso nuo šalyje mokamo darbo užmokesčio, tokiems darbams atlikti. Kadangi metalinės konstrukcijos turi didesnius judėjimus, hidroizoliacinės medžiagos turėtų būti gana tamprios ir į tai būtinai reikėtų atkreipti dėmesį. Tokiomis savybėmis, kaip tamprumas prie minusinės temperatūros, pasižymi hidroizoliacinės membranos- PVC, TPO, EPDM.



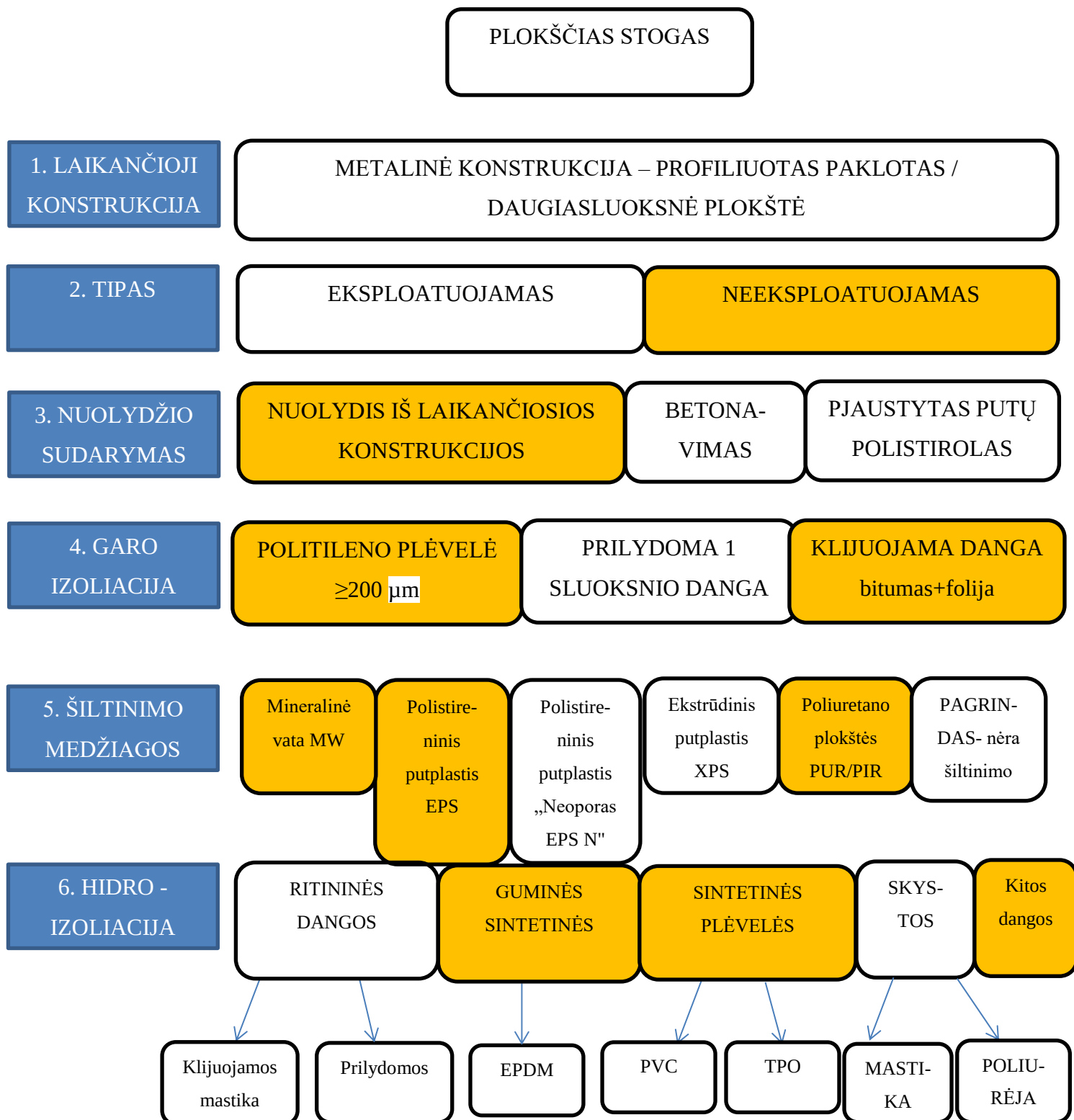
1.4 pav. Metalinė konstrukcija (autorius nuotrauka)



1.	Metalinė santvara / sija
2.	Profiluotas plieno paklotas
3.	Ekstruozinis polistirenis putplastis XPS
4.	Garų izoliacija
5.	Šilumos izoliacija - poliuretano plokštė PIR
6.	Klijai (priklausomai nuo hidroizoliacijos tipo)
7.	Hidroizoliacija. Danga tvirtinama klijais

1.5 pav. Galima plokščio stogo detalė ir jos apibūdinimas. Metalinė konstrukcija (sudaryta autoriaus)

Kad būtų lengviau tikslinti galimus plokščio stogo sluoksnius su metaline laikančiąja konstrukcija, 1.6 paveiksle pateikta susisteminta galima plokščių stogų sandara, o dažniausiai pasitaikantys sluoksniai – nuspalvinami.



1.6 pav. Plokščio stogo sandara ir dažniausiai pasitaikantys metalinės konstrukcijos sluoksniai – spalvoti (sudaryta autoriaus)

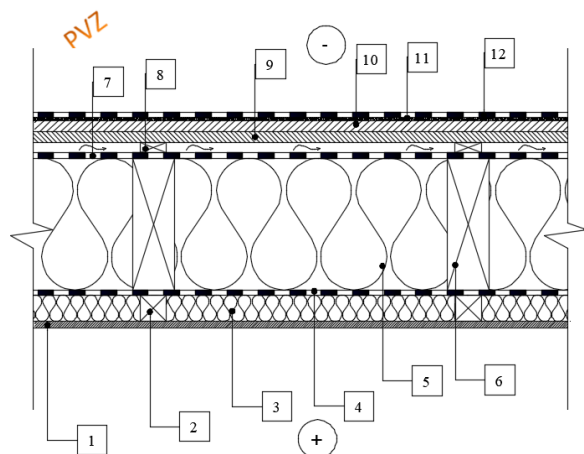
1.3. Medinės laikančiosios konstrukcijos

Medinės laikančiosios konstrukcijos yra mažiausiai naudojamos praktikoje ir jos parenkamos statant privačius namus, kadangi jų kaina, kai nėra dideli tarpatramiai, yra pigiausia, lyginant ją su kitomis (žr. 1.7 pav.). Ši konstrukcija, nedidelių pastatų plokšties stogams, yra panašios sandaros kaip ir šlaitiniai stogai, tiesiog su mažu nuolydžiu, dėl šios priežasties, viršutinė stogo dalis hidroizoliuojama vandeniui nelaidžia medžiaga. XXI amžiuje projektuojami bei statomi ir komercinės paskirties pastatai su ilgomis medinėmis sijomis. Tai yra ekologiška statyba, kuri vis labiau populiarėja, o taip pat iš medžio išgaunamos ir įvairios formos, kurias taip mėgsta architektai.



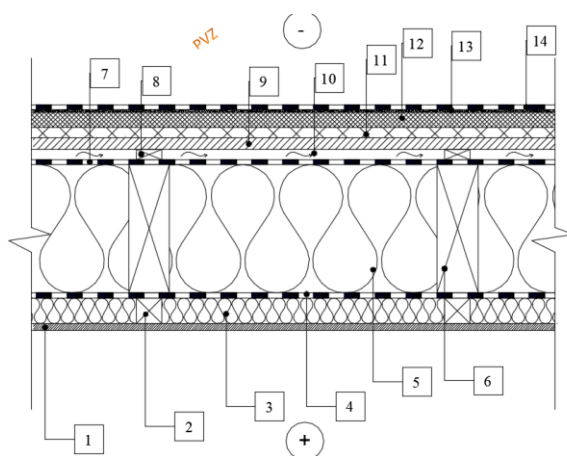
1.7 pav. Medinė konstrukcija (autorius nuotraukos)

Tokio tipo stogai dažniausiai būna neeksploatuojami. Sumontavus medines sijas ar gegnes, ant jų dedama drėgmei atspari OSB (orientuotų skiedrų), MDP (medžio drožlių) plokštė arba aukštos klasės fanera. Nuolydis formuojamas iš konstrukcijos, tad ant viršutinės medinės plokštės lieka įrengti tinkamą hidroizoliaciją (žr. 1.8 pav.). O jeigu sijos montuojamos horizontaliai, be jokio nuolydžio, jį reikia formuoti ant medinių plokščių ir dažniausiai tai daroma su polistireniniu putplasčiu EPS, kuris reikiamu kampu supjaustomas gamykloje. Prieš montuojant hidroizoliaciją būtina išsiaiškinti ar ji gali dėtis tiesiai ant putų polistirolo, jei ne, tuomet uždedama minimalaus storio šiltinimo plokštė, pagal hidroizoliacijos tipo rekomendacijas. Visi šie šiltinimo sluoksniai tvirtinami į pagrindą, kad atlaikytų vėjo apkrovas. Galiausiai reikalinga pasirinkti tinkamą hidroizoliacijos tvirtinimo būdą ir užsandarinti stogą pagal gamintojo instrukcijas (žr. 1.9 pav.). Kad būtų lengviau tikslinti galimus plokščio stogo sluoksnius su medine laikančiąja konstrukcija, 1.10 paveiksle pateikta susisteminta galima plokščių stogų sandara, o dažniausiai pasitaikantys sluoksniai – nuspalvinami.



1.	Du sluoksniai 12,5mm storio gipso kartono plokščių, arba apdailinių lentų pakalimas
2.	Mediniai tašai 50x50, kas 600mm
3.	Šilumos izoliacija - mineralinė vata MW
4.	Garų izoliacija
5.	Šilumos izoliacija - mineralinė vata MW
6.	Medinė laikantioji konstrukcija
7.	Difuzinė plėvelė
8.	Mediniai tašai 50x25
9.	Lentų paklotas 20mm storio
10.	OSB / MDP/ Fanera drėgmei atspari plokštė nuo 18mm storio
11.	Klijai (priklauso nuo hidroizoliacijos tipo)
12.	Hidroizoliacija. Danga tvirtinama klijais

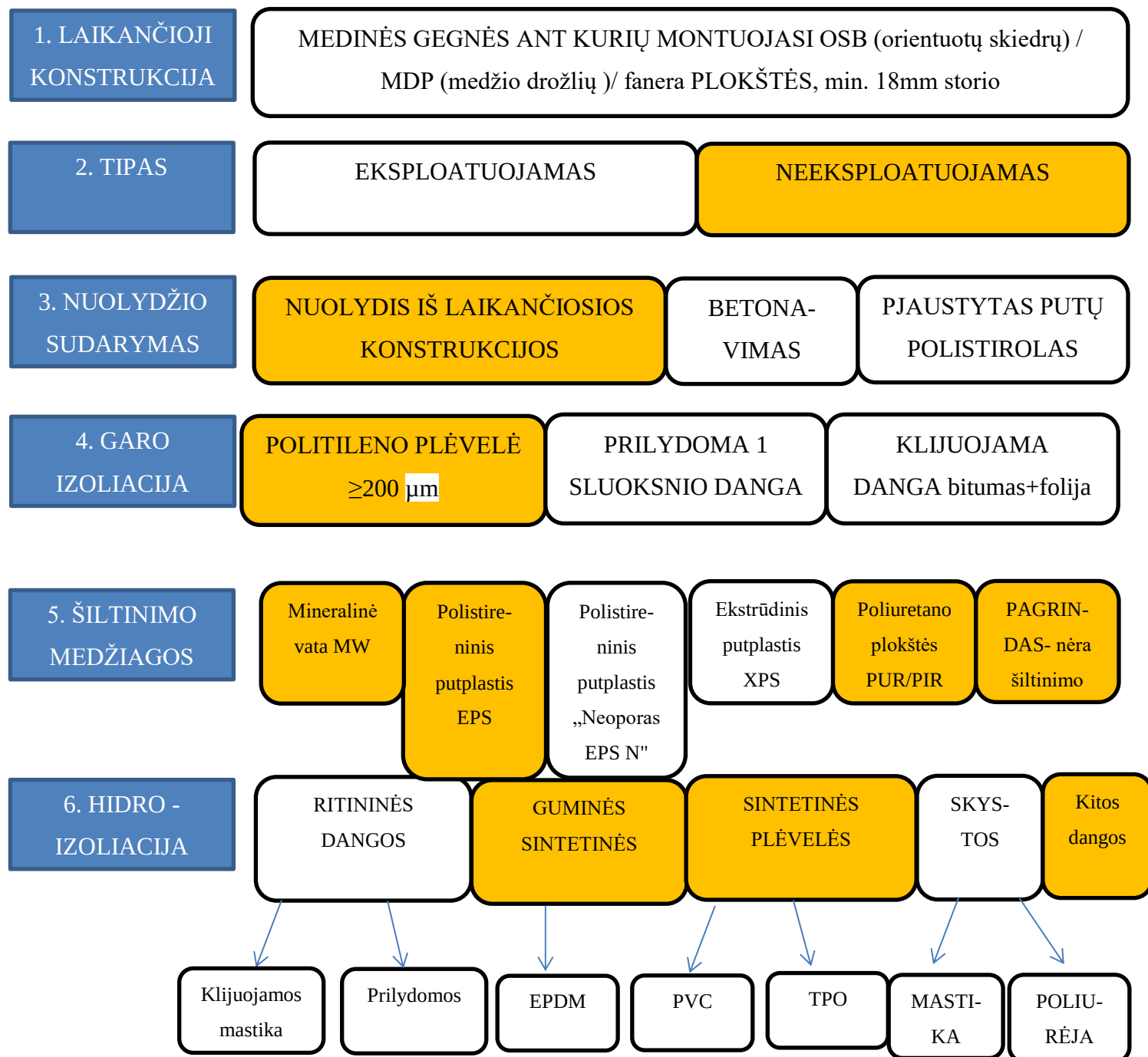
1.8 pav. Galima plokščio stogo detalė ir jos apibūdinimas. Medinė konstrukcija, nuolydis išgaunamas su stogo konstrukcija (sudaryta autoriaus)



1.	Du sluoksniai 12,5mm storio gipso kartono plokščių, arba apdailinių lentų pakalimas
2.	Mediniai tašai 50x50, kas 600mm
3.	Šilumos izoliacija - mineralinė vata MW
4.	Garų izoliacija
5.	Šilumos izoliacija - mineralinė vata MW
6.	Medinė laikantioji konstrukcija
7.	Difuzinė plėvelė
8.	Mediniai tašai 50x25
9.	OSB / MDP drėgmei atspari plokštė nuo 18mm storio
10.	Oro tarpas
11.	Nuolydinis polistirolas EPS 100
12.	Šilumos izoliacija - poliuretanai PIR
13.	Klijai (priklausomai nuo hidroizoliacijos tipo)
14.	Hidroizoliacija. Danga tvirtinama klijais

1.9 pav. Galima plokščio stogo detalė ir jos apibūdinimas. Medinė konstrukcija, nuolydis išgaunamas iš nuolydinio putų polistirola EPS (sudaryta autoriaus)

PLOKŠČIAS STOGAS



1.10 pav. Plokščio stogo sandara ir dažniausiai pasitaikantys metalinės konstrukcijos sluoksniai – spalvoti (sudaryta autoriaus)

1.4. Vandens nutekėjimo sistemos ir nuolydžių formavimas

Ant plokščio stogo formuojamas nuolydis, padidina viršutinės hidroizoliacijos ilgaamžiškumą ir užtikrina, kad ant stogo nesusikaups didelis kiekis vandens, kuris spaus laikančiąją konstrukciją. Vanduo nuo pastato turi būti nuvestas taip, kad nepakenktų pastato konstrukcijoms, keliams, šaligatviams, greta esantiems statiniams, nedarytų žalos aplinkai (Karablikovas 2016). Stogams kurių aukštis yra virš 6 metrų, vanduo turi būti nuvedamas organizuotai t.y. per vidines arba išorines vandens nutekėjimo sistemas. Žemesniuose pastatuose vandeniui leidžiama laisvai kristi nuo karnizo, tačiau bet koku atveju rekomenduojama įrenginėti prieš tai minėtus nuvedimus, dėl ko vanduo nekels problemų, ypač kai lyja stiprus lietus. Vidinę nutekėjimo sistemą sudaro įlajos (horizontalios arba vertikalios), kur vanduo nuo stogo paviršiaus nukreipiamos būtent į tuos taškus, kur jos bus sumontuotos (Rasiulis 2011). Viena Ø 100 mm įlaja gali surinkti vandenį iš maždaug 80 – 120 m² stogo ploto. Šį plotą galima žymiai padidinti (beveik dvigubai) naudojant vakuuminę įlajų sistemą, kuri vis dažniau taikoma didesniems stogams užsienyje, kadangi sumažėja vamzdžių skersmuo bei trumpesnis vamzdžių ilgis pagreitina montavimo laiką, taip pat sumažėja ir užsikimšimo tikimybė. Šios sistemos principas yra toks, kad vamzdžių diametrai jungiant vieną su kitu, vis mažėja, taip viduje susidaro vakuumas, kuris leidžia: daug greičiau bėgti vandeniui, sistema savaime prasivalo, jos svoris yra daug lengvesnis (už tradicinę) (Drenažas plokščiose...2017). Visų tipų hidroizoliacijoms (prilydomoms, vieno sluoksnio sintetinėms, skystoms) yra gaminamos joms pritaikytos įlajos, kokybiškam hidroizoliavimui, tad įlajos renkamos pagal stogo dangą.

Išorinėse vandens nutekėjimo sistemose, nuolydis formuojamas karnizų link, o vanduo surenkamas į ant sieninius arba pakabinamus latakus, iš jų – į lietvamzdžius. Išorinė vandens nutekėjimo sistema plokščiuose stoguose įrenginėjama visiškai taip pat, kaip ir šlaitiniuose, ir jai taikomos tokios pat taisyklės ir reikalavimai. Iki pakabinto latako nusileidžia laštakis, kuris būna dažniausiai iš cinkuotos skardos (gali būti aliuminis), ant kurio montuojama bet kurio tipo hidroizoliacija. Šio tipo nubėgimui svarbus ne tik hidroizoliacijos ilgaamžiškumas, bet ir laštakio patvarumas, kadangi dažnai jų sujungimai tampa nesandarūs ir praleidžia vandenį, tad ir sujungimus reikia hidroizoliuoti su tinkamo tipo hidroizoliacija arba rinktis kitus sprendimus.

Suprantama, kad plokščiam stogui nuolydžio formavimas yra svarbus, bet dar svarbiau yra parinkti tinkamą medžiagą su kuria jis bus formuojamas. Reikiamas stogo nuolydis gali būti užtikrintas šiais būdais:

- formuojant jį iš laikančiosios konstrukcijos (metalinių sijų/ santvarų ir pakloto arba gelžbetoninio plokštės), virš kurių klojami viršutiniai sluoksniai – garo izoliacija, šiltinimas, hidroizoliacija. Šiuo atveju nereikalinga jokia papildoma medžiaga formuoti nuolydžiams, tad stogo kaina atpinga, bet gali atsirasti problemos dėl viršutinio aukšto patalpų interjero. Taigi šis būdas dažniausiai naudojamas ir yra geriausias komerciniams, sandėliavimo ir gamybiniais pastatams, statomiems iš metalinių konstrukcijų.

- kintamu birios šiluminės izoliacijos sluoksniu arba tiesiog sauso smėlio sluoksniu, pilamu virš gelžbetonio denginio (Karablikovas 2016). Šis būdas dažnai minimas vadovėliuose ir projektuotojų mazguose, tačiau yra pasenęs bei praktikoje šiuo metu labai retai taikomas. Juo galima suformuoti nedidelį privataus namo plokščią stogą, bet klojant kitus sluoksnius ant nuolydinio, sunku prižiūrėti planuojamą kampą, todėl nuolydis tampa labai nedidelis. Taip pat įrengimas - sudėtingas, o kokybė prasta. Vietoj birių medžiagų geriau naudoti smėlbetonį, su kuriuo bus suformuotas kietas ir nuolydžius atitinkantis pagrindas. Tai didina sluoksnių svorį, tačiau toks formavimas garantuos nuolydžius stoguose.

- kintamo storio šiltinimo medžiagos, kurios supjaustomos gamykloje (dažniausiai putų polistirolas EPS) ir sudedamos pagal nuolydžių kryptis. Šis formavimo būdas yra populiariausias visoms stogo konstrukcijoms (jeigu nuolydis nesuformuotas iš jų), nes išlaikomi nuolydžių aukščiai - jų nereikia formuoti statybos aikštelėje, taip pat svoris, ir kaina yra geresnė lyginant su nuolydžiais iš smėlbetonio.

Hidroizoliacijai svarbu, kad nuolydis būtų patikimas ir nei vienoje stogo vietoje nesusidarytų balos, kurios laikui bėgant ardys dangą, nes ten kaupsis šiukšlės. Bala tinkama vieta augti ir augalams (netgi nedideliems medžiams), kurių šaknys galiausiai pradurs viršutinį sluoksnį – hidroizoliaciją (žr. 1.11 pav.).



1.11 pav. Ant plokščio stogo augančios samanų ir medžiai dėl netinkamo nuolydžio (autorius nuotrauka)

1.5. Garo izoliacija

Vandens garų izoliacijos pagrindinė paskirtis yra apsaugoti šiluminę izoliaciją nuo šilto ir drėgno oro prasiskverbimo iš pastato vidaus, eksploatacijos metu. Dėl temperatūros skirtumų po šiltinimo danga susidaro kondensatas, kuris patekęs į šiltinimo medžiagas blogina jų savybes (priklausomai nuo to, kiek drėgmės gali įgerti naudojama izoliacijos plokštė) taip sumažindama bendrą stogo šiluminę varžą bei medžiagų ilgaamžiškumą. Garo izoliacijos sluoksnis priklauso nuo temperatūros ir santykinės drėgmės patalpose, virš kurių įrenginėjamas stogas, kuo šie rodikliai didesni, tuo griežtesni reikalavimai keliama garo izoliacijos sluoksniui. Taip pat ji priklauso ir nuo laikinųjų konstrukcijų, gelžbetonio plokštės praleidžia mažai drėgmės, o metalinės, daugiasluoksnės plokštės, atvirkščiai, todėl garo izoliuojančio rodiklio vertė s_d turi būti daug didesnė. Nominalios medžiagų s_d vertės aprašytos statybos techniniame reglamente, tad iš čia galima nustatyti, kad medžiagos, padengtos aliuminio folija turi geriausias vandens garų pralaidumo savybes, t.y. praktiškai nepraleidžia drėgmės (žr. 1.1 lentelę).

Stogų virš šildomų patalpų, garus izoliuojančio sluoksnio reikalinga s_d vertė gali būti parinkta iš STR 2.05.02:2008 „Statinių konstrukcijos. Stogai“ pateiktų lentelių pagal oro drėgnumą ir vidaus temperatūrą arba pagrįsta skaičiavimais pagal STR 2.05.01:2005 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“ reikalavimus (STR 2.05.02:2008). Garus izoliuojančio sluoksnio s_d (m) vertė parenkama ne tik nuo, jau paminėtų: patalpų santykinės oro drėgmės ir patalpų temperatūros (esant minusinei temperatūrai, pavyzdžiui šaldytuvui, garo izoliacija –

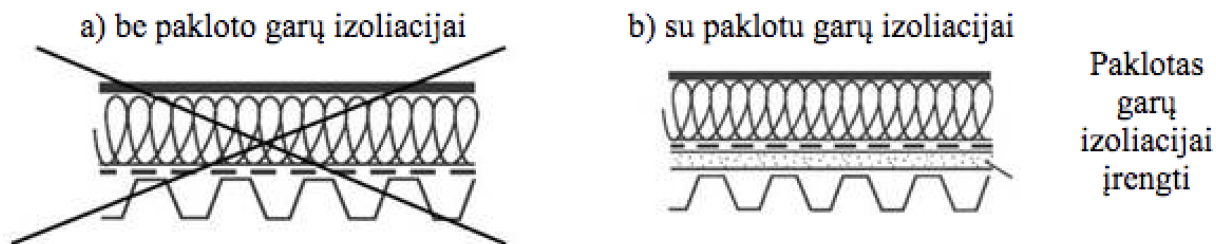
nereikalinga), bet ir nuo viršutinės hidroizoliacinės dangos garinės varžos, t.y. kuo ji didesnė, tuo geresnių savybių turi būti garo izoliacinis sluoksnis.

1.1 lentelė. Plonųjų gaminių vandens garų varžai lygiaverčio oro sluoksnio storis (STR 2.01.03:2009 – 9 lentelė)

Gaminys	Vandens garų varžai lygiaverčio oro sluoksnio storis S_d, m
Polietileno plėvelė 0,15 mm	50
Polietileno plėvelė 0,25 mm	100
Poliesterio plėvelė 0,2 mm	50
Polivinilchlorido (PVC) plėvelė	30
Aluminio folija 0,05 mm	1500
Polietileno folija (PE) 0,15 mm	8
Bitumuotasis popierius 0,1 mm	2
Aliuminiu dengtas popierius 0,4 mm	10
Difuzinės membranos	0,2
Emulsiniai dažai	0,1
Blizgantieji dažai	3
Viniliniai tapetai	2
PASTABOS: 1. Vandens garų varžai lygiaverčio sluoksnio storis yra nejudančio oro sluoksnio storis, kurio vandens garų varža yra tokia pat kaip ir gaminio. 2. Lentelėje pateiktų gaminių storis paprastai nematuojamas, jie yra vertinami kaip labai ploni gaminiai, turintys garinę varžą. Lentelėje pateiktos nominalios gaminiams identifikuoti naudojamos storio vertės.	

Garų izoliacijos sluoksnį seniau rekomenduodavo įrenginėti ant nuolydinį formuojančio sluoksnio, tačiau tik dėl to, kad jam būdavo naudojamos birios medžiagos. Šiais laikais, įrenginėjant stogo nuolydį iš kintamo storio šiltinimo medžiagų, garo izoliaciją geriausia montuoti ant lygaus laikančiosios konstrukcijos pagrindo, o jau visus tolimesnius sluoksnius formuoti ant garų barjero. Taip nuolydinį sluoksnį galima vertinti kaip šiltinimo medžiagą. Kita situacija yra kai plokščio stogo pagrindas sumontuotas iš profiliuotų lakštų, tuomet tiesiogiai ant jų kloti vandens garų izoliacijos, pagal statybos techninį reglamentą, negalima (žr. 1.12 pav.). Polietileno plėvelės ir panašių statybos produktų naudojimo atveju, virš trapecinių plieno lakštų turi būti įrengtas lygus tvirtas paklotas (STR 2.05.02:2008). Šis lygus paklotas dažniausiai projektuojamas iš 3 cm storio kietos akmenų vatos, bet jeigu pastatui nėra ypač svarbios šiltinimo medžiagų degumo savybės, tuomet geriau panaudoti

ekstrūzinį polistireninį putplastį „XPS”, kurį bus galima skaičiuoti į bendrą stogo šiluminę varžą.



1.12 pav. Garus izoliuojančio sluoksnio įrengimo virš trapecinių plieno lakštų schemas (STR 2.01.02:2016)

Stogo hidroizoliacijai didelį poveikį daro garo izoliacija. Tokios medžiagos kaip prilydoma danga, kurių bendras storis būna 8-10 mm – „nekvėpuoja“, tad jeigu drėgmė kaupiasi po hidroizoliacija, joje pradeda atsirasti pūslės – danga išsikilnoja ir praranda savo savybes, vėliau tos vietos skilinėja ir stogo danga nebeatlieka savo tiesioginės funkcijos.

Vandens garų izoliacijos pagal jų garinės varžos vertę ir kokybę, nuo geriausių iki prastesnių, galima skirstyti į:

- savaime limpantis modifikuotas bitumas, padengtas aliuminio folija ir armuotas stiklo ar poliesterio audiniu. Vienas patikimiausių garus izoliuojančių sluoksnių, tačiau ir gana brangus;
- savaime limpanti didelio tamprumo membrana, padengtas aliuminio folija. Klijuojama tiesiai ant profiliuoto pakloto, leidžianti išlaikyti žmogaus svorį, todėl nebetaikoma STR 2.01.02:2016 - 1.12 pav. parodyta ir aprašyta schema.
- savaime limpanti modifikuoto bitumo SBS danga, gamykliškai sujungta su didelio tamprumo polietilenu. Galima naudoti ant įvairių paviršių, prieš tai ištepant juos gruntu. Klijuojami tiesiai prie profiliuoto pakloto;
- savaime limpantis modifikuotas SBS bitumas, armuotas poliesteriu. Tokios medžiagos labai dažnai parenkamos užsienyje dengiamiems plokšties stogams;
- prilydoma bituminė polimerinė danga, 3-4mm storio ir armuota poliesteriu. Dažniausiai lydoma ant gelžbetoninių perdangų ir monolito, prieš tai ištepant paviršių gruntu. Tai papildomai apsaugo konstrukciją ir nuo drėgmės, ypač lietingu laikotarpiu.
- stabilizuota polietileno plėvelė 200 μm . Dažniausiai naudojama medžiaga statybose Lietuvoje. Plėvelė sustabdo garo įsiskverbimą iš pastato, kurio stogo konstrukcija gelžbetonis/ monolitas, kuri taip pat atlieka garų barjero funkciją. Naudojant metalines

konstrukcijas, reikėtų įrenginėti geresnių parametrų garo izoliaciją. Renkantis polietileno plėvelę, ji turėtų būti stabilizuota, o sujungimo vietos, sukljuotos lipnia juosta.

Išvardintiems garų barjerams priskiriami konkretūs gamintojai ir jų gaminiai, bei aprašomos pagrindinės savybės, reikalavimai, pastabos ir privalumai. (žr. 1.2 lentelę).

1.2 lentelė. Garo izoliacinių medžiagų savybių palyginimas (sudaryta autoriaus)

Savybės Garo izoliacijų tipai	Gamintojas ir medžiagos pavadinimas	Kaina €/m²	Vandens garų pralaidumo savybės Sd, m LST EN 1931	Išmatavimai (plotis,m x ilgis,m)	Priedai, reikalavimai	Pastabos ir privalumai
Savaime limpantis modifikuotas bitumas, padengta aliuminio folija ir armuota stiklo audiniu	CARLISLE Alutrix	6,50 €	1500	1,08x40	Reikalingas gruntas	Vienos geriausių vandens pralaidumo savybių. Lengva montuoti
Savaime limpanti didelio tamprumo membrana, padengtas aliuminio folija	TECHNONICOL Technoelast VB 500 SELF	1,80 €	1000	1,08x50	Naudojamas tik ant profiliuoto pakloto, gruntas nereikalingas	Vienas pigiausių ir geromis savybėmis pasižyminčių gaminių
Savaime limpanti modifikuoto bitumo SBS danga, gamykliškai sujungta su didelio tamprumo polietilenu	FIRESTONE V Force	4,90 €	150	1,14x40,8	Reikalingas gruntas	Naudojamas ant įvairiausių paviršių, greit montuojamas (dažniausiai metalinėms konstruk.)
Savaime limpantis modifikuotas SBS bitumas armuotas poliesteriu	SOPREMA Soprapap Strick C 15	4,00 €	75	1,1x20	Reikalingas gruntas	Naudojamas ant įvairiausių paviršių, greit montuojamas (dažniausiai metalinėms konstruk.)
Prilydoma bituminė polimerinė danga, 3-4mm storio ir armuota poliesteriu;	MIDA Bipol Standart EMP 160	1,9-2 €	65-80	1x10	Reikalingas gruntas	Prilydžius dangą, užtikrinama ir laikina hidroizoliacija
Stabilizuota polietileno plėvelė 200 μm	UMARAS Samplex®Garó	0,18 €	62,1	6x60	Reikalingas lygus pagrindas	Pigiausias ir dažniausiai naudojamas gaminy

1.6. Šiltinimo medžiagos

Šiltinimo medžiagos mažina nuostolius ir temperatūros svyravimų pokytį pastatuose, tai nematomas veiksnys, mažinantis temperatūros kaitos sukeltas deformacijas ir kartu padedantis išvengti plyšių atsiradimo stogo konstrukcijoje. Svarbiausia savybė, šios medžiagos taupo energiją ir užtikrina malonų patalpų klimatą. Kasmet šildymo sezono metu kuro sąnaudos priklauso nuo to, kaip izoliuotas namas (Šiltinimo medžiagos...2017). Langai, šiltinimo medžiagų sandarumas – lemia kainą, kurią pastato gyventojai kasmet moka už šildymą, nepriklausomai nuo šildymo būdo. Todėl norint sutaupyti – reikia šiltinimo medžiagų storį pasirinkti tokį, kad patiriami šilumos nuostoliai būtų kuo mažesni. Dėl šios priežasties, energijos suvartojimą prižiūri ir Europos sąjunga, tad reikalavimai atitvarų šilumos nuostoliams mažinti vis auga, o nuo 2018m. sausio 1d. įsigaliojo A+ energinė klasė pastatams (žr. 1.3 lentelę). Nuo 1992 metų daug kartų keitėsi atitvarų laidumo reikalavimai, kur stogam šis rodiklis yra pats didžiausias, visa tai aiškiai išdėstyta 1.4 lentelėje (Šiltinimo medžiagos...2017). Pagal STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ 17-21 punktus, nauji pastatai ir jų dalys turi atitikti reikalavimus:

- iki 2014m. sausio 1d. – C klasės pastatams;
- nuo 2014m. sausio 1d. – B klasės pastatams;
- nuo 2016m. sausio 1d. – A klasės pastatams (pakeista į 2016m. lapkričio 1d.);
- nuo 2018m. sausio 1d. – A+ klasės pastatams;
- nuo 2021m. sausio 1d. – A++ klasės pastatams.

1.3 lentelė. Pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientų $U_{(A+)}$, $W/(m^2 \cdot K)$ vertė A+ energinio naudingumo klasės pastatų (jų dalių) atitvarų norminių savitųjų šilumos nuostolių ir energinio naudingumo rodiklių skaičiavimai (STR 2.01.02:2016 – 5 lentelė)

Atitvarų apibūdinimas	Atitvarą žymintis poraidis	Gyvenamieji pastatai	Negyvenamieji pastatai	
			Viešosios paskirties	Pramonės pastatai
Stogai	r	0,09	0,10	0,14 · k_l
Perdangos	ce			
Šildomų patalpų atitvaros, kurios ribojasi su gruntu	fg	0,12	0,14	0,18 · k_l
Perdangos virš nešildomų rūsių ir pogrindžių	cc			
Sienos	w	0,11	0,13	0,17 · k_l
Langai, stoglangiai, švieslangiai ir kitos skaidrios atitvaros	wda	0,85	1,0	1,2 · k_l
Durys, vartai	d	0,85	1,0	1,2 · k_l

1.4 lentelė. Kaip kito reikalavimai gyvenamųjų pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientams - U, W/(m²*K) (Varžoms – R, m²*K/W) (Šiltinimo medžiagos...2017)

Atitvara	Iki 1992 m.	Nuo 1992m.	Nuo 1999m.	Nuo 2015 m.	A klasė	A+ klasė	A++ klasė
Stogai	0,85 (1,2)	0,25 (4,0)	0,18 (5,6)	0,16 (6,3)	0,10 (10)	0,09 (11)	0,08 (12,5)
Sienos	1,27 (0,8)	0,3 (3,3)	0,26 (3,8)	0,2 (5,0)	0,12 (8,3)	0,11 (9,1)	0,10 (10)
Grindys	0,71 (1,4)	0,3 (3,3)	0,26 (3,8)	0,25 (4,0)	0,14 (7,1)	0,12 (8,3)	0,10 (10)
Langai	2,5 (0,40)	1,9 (0,53)	1,9 (0,53)	1,6 (0,63)	1,0 (1,0)	0,85 (1,2)	0,70 (1,4)
Durys	2,2 (0,45)	2,0 (0,50)	1,9 (0,53)	1,6 (0,63)	1,0 (1,0)	0,85 (1,2)	0,70 (1,4)

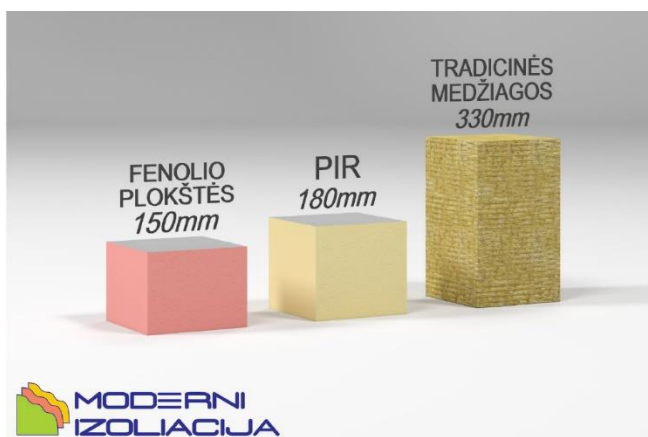
Žvelgiant į ateitį ir A++ energinės klasės namų reikšmę, pagal EU direktyvą 2010/31/EU: beveik nulinės energijos pastatas – pastatas, kurio energinis naudingumas labai aukštas. Reikalingos energijos, kuri lygi beveik nuliui arba kurios suvartojama labai mažai, didžiąją dalį turėtų sudaryti atsinaujinančių išteklių energija, įskaitant vietoje ar netoliese pagamintą atsinaujinančių išteklių energiją. Taigi kad tai būtų įgyvendinta, būtina naudoti kokybiškas šiltinimo medžiagas. Dažniausiai pasitaikančios rinkoje šiltinimo medžiagos ant plokščio stogo renkamos pagal šilumines savybes, degumą, atsparumą gniuždymui ir vandens įgeriamumą:

- mineralinė vata MW, kurios vienareikšmiškai didžiausias privalumas yra degumo klasė ir jeigu pastatui ypač svarbios yra priešgaisrinės savybės tai yra nepakeičiamas produktas. Montuojant mineralinę vatą ant stogo jos atsparumas gniuždymui, kai produktas defomuoja iki 10%, turi būti ne mažesnis nei 30 kPa, o viršutinio sluoksnio – ne mažesnis nei 60 kPa. Šiltinimo medžiagos kaip mineralinė vata nepasižymi nei stiprumu, nei geromis šiluminėmis savybėmis;
- polistireninis putplastis EPS pasižymi vidutinėmis šilumos laidumo savybėmis, o pagal kainą yra pigiausias iš visų alternatyvų. Taigi ši medžiaga vadinama optimaliausiu sprendimu ir projektuotojų pateiktuose stogo detalėse, šiltinimo sluoksnis dažniausiai būna - būtent putplastis EPS, kuris papildomai dengiamas kietos akmens vatos sluoksniu, kad būtų galima įrengti prilydomas hidroizoliacines dangas. Montuojant putplastį ant plokščio stogo, apatinių sluoksnių atsparumas gniuždymui turi būti ne mažesnis nei 80 kPa, o viršutinio sluoksnio – ne mažesnis nei 100 kPa;
- polistireninis putplastis „Neoporas EPS N” – tai pilkos spalvos putplastis, kurio termoizoliacinės savybės yra pagerintos polistireninio putplasčio žaliavą, papildant grafitu. Visos kitos savybės kaip kietumas ar degumas, sutampa su įprastu baltuoju putplasti;
- ekstrūdinis putplastis XPS sudarytas iš uždarytų porų struktūros, kuri garantuoja puikias šilumos izoliacijos savybes, atsparumą šalčiui, mechaninį tvirtumą ir svarbiausia

drėgmės neįgeriamumą. XPS plokštės - kol kas vieninteliai statybos produktai, kurie gali būti naudojami termoizoliaciniams atvirkštinių stogų sluoksniams (STR 2.05.02:2008). Taigi montuoti ant pagrindinės hidroizoliacijos šiltinimą, galima tik tokių atveju, kai naudojamos drėgmės neįgeriančios plokštės. Ekstrūzinis putplastis taip pat pasižymi ypač aukštu stipriu gniuždant, kuris gali būti nuo 200 – 700kPa, priklausomai nuo to, kokia apkrova numatoma ant eksploatuojamo stogo;

- poliuretano plokštės PUR/PIR pagamintos iš standžių poliizocianurato (poliuretano) putų ir dažniausiai iš abiejų pusių padengtos daugiasluoksne aliuminio folija (ar kita difuzijai nelaidžia danga). Poliizocianuratas tai izoliacinė medžiaga, pasižyminti itin mažu šilumos laidumo koeficientu, todėl ją naudojant sukurama labai efektyvi šilumos izoliacija, kuri gali būti net iki dviejų kartų plonesnė lyginant su kitomis izoliacinėmis medžiagomis. Taigi vis kylantis energinis efektyvumo poreikis, lemia būtent tokių plokščių montavimą ant plokščių stogų, dėl savo šiluminių savybių, stiprumo ir ilgaamžiškumo. Verta paminėti ir tai, kad poliuretanai įgeria tik iki 2 % drėgmės (priklausomai nuo gamintojo). Tačiau visos šios geros savybės atitinkamai ir kainuoja, tai yra pati brangiausia medžiaga, pastatų šiltinimui, kuri plačiai naudojama rinkoje.

- kitos šiltinimo medžiagos, neturinčios tinkamų sprendimų jas pjaustant. Tačiau dėl savo išskirtinių šilumos savybių galima tik spėti, jog jų montavimo technologijos tobulės. Tai fenolio putų PF plokštės (1.13 pav.), kurios paviršius iš abiejų pusių padengtas stiklo audinio sluoksniu, o šilumos laidumas siekia iki 0,020 W/mK. Ir vakuuminės „VIP“-izoliacinės plokštės, kurios branduolys sudarytas iš mikroporų, apgaubtu plonu, dujoms nelaidžiu apvalkalu. Šių medžiagų izoliacinės savybės gali būti net penkis kartus didesnės, palyginti su kitomis tradicinėmis medžiagomis, ir jų šilumos laidumas yra **0,007W/mK**.



1.13 pav. Šiltinimo medžiagų palyginimas (Konstrukcinių detalių...2018)

Išvardintų pagrindinių šiltinimo medžiagų (kurios plačiai naudojamos rinkoje) savybių palyginimas surašytas 1.5 lentelėje, o kad būtų aiškiau suprasti kuom kiekviena šiltinimo medžiaga išsiskiria, pagrindinės jų reikšmės paryškintos.

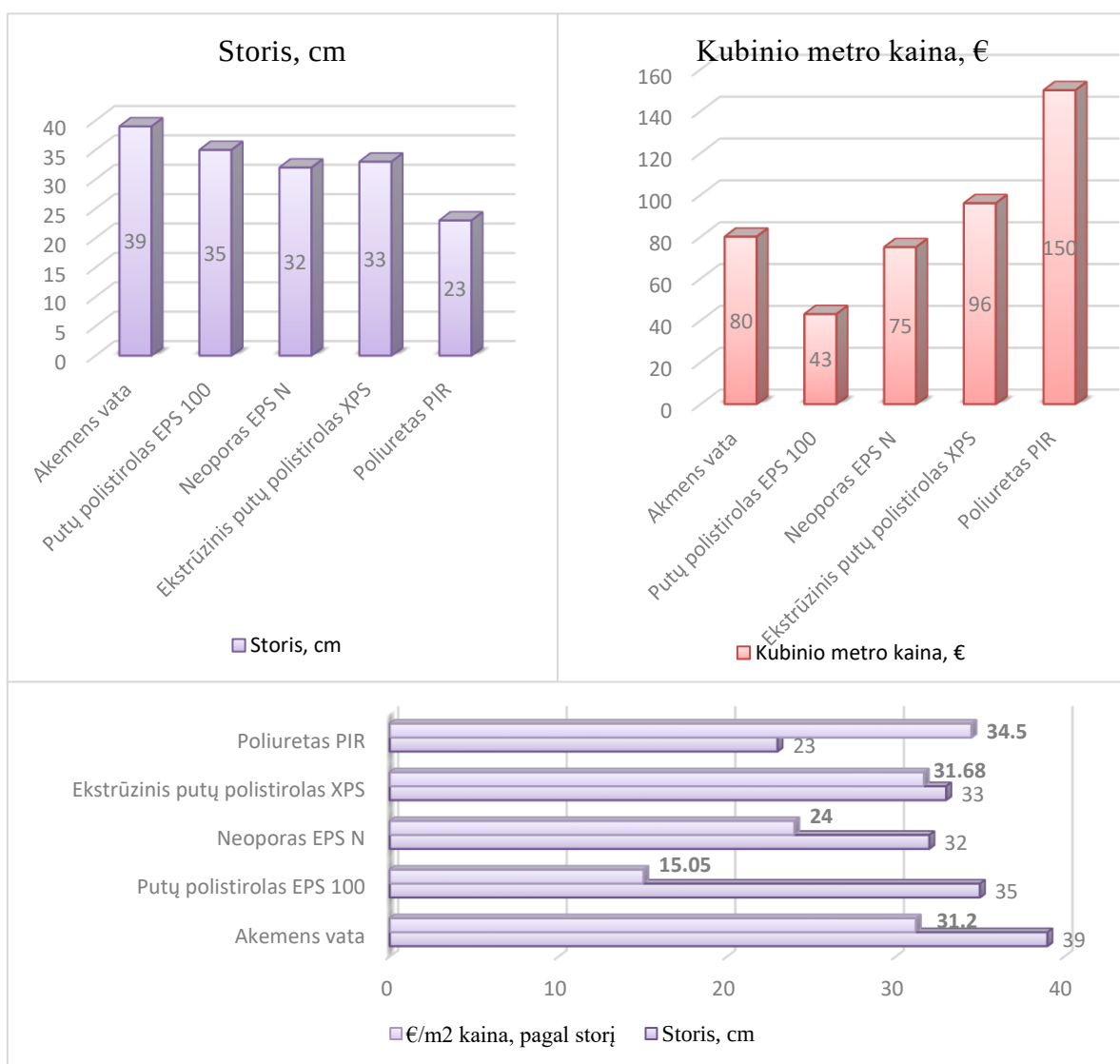
1.5 lentelė. Šiltinimo medžiagų savybių palyginimas (sudaryta autoriaus)

Pavadinimas Savybės	Mineralinė vata MW	Polistireninis putplastis EPS	Polistireninis putplastis „Neoporas EPS N“	Ekstrūdinis putplastis XPS	Poliuretano plokštės PUR/PIR
Kaina, €/m³	70-80	38-45	75	90-100	150
Šilumos laidumo koeficientas, λ	0,035-0,040	0,035-0,040	0,031-0,034	0,032-0,040	0,021-0,028
Ilgamžiškumas, nekeičiant savybių	10	15	20	20	min. 25 metai
Degumas	A1	F	F	F	E-F
Stipris gniuždant, kPa	30-60	80-150	80-100	200-700	120-150
Tankis, kg/m³	65-160	16-20	18-20	33	~30
Vandens garų varžos faktorius μ	1	20-30	20-30	100-200	50-100 (putos, be folijos)
Vandens įgeriamumas, %	iki 50	iki 5	iki 3	0,4	iki 2
Hidroizoliacijos galima tvirtinimo technologija	Prilydoma/ Mastika/ Mechaniškai tvirtinama	Balastinė	Balastinė	Klijuojama/ Balastinė	Prilydoma/ Mastika/ Klijuojama/ Mech.tvirt./ Balastinė
Pastabos	Naudojama pastatams, kuriems ypač svarbios pastato priešgaisrinės savybės	Medžiaga išsiskirianti savo kaina, pigus sprendimas, su vidutinėmis savybėmis	Optimalus sprendimas ieškant ne pigiausių medžiagų. Įrenginėjama stogui nekeliami jokie išskirtiniai reikalavimai	Naudojamas ekspluatuojamiems, žaliems stogams, dėl savo vandens neįgeriamumo ir aukšto stiprio. Naudojant atvirkštinėse stogo sistemose – apsaugo hidroizoliaciją	Geromis savybėmis pasiforminti medžiaga. Pastatams, kuriems ypač svarbus sluoksnių aukštis. Tačiau palyginti brangi

Kadangi pagrindinis kriterijus renkantis medžiagas dažniausiai išlieka kaina, šiltinimo medžiagoms neteisinga ją lyginti pagal kubinio metro kainą, t.y. jeigu medžiagos šiluminės savybės yra geresnės, tuomet ir paties gaminio reikia mažiau. Taigi teisingiausia būtų žinoti kvadratinio metro kainą, stogui, kurio šiltinimo storis reikalingas A+ energinei gyvenamo pastato klasei tenkinti (žr. 1.14 pav.) . Pagal 1.14 pav. matyti, jog šiltinimo medžiagų eiliškumas pagal kainą nepakito. Tačiau, pavyzdžiui, poliuretanai nekainuoja trigubai

brangiau už putų polistirolą, nes paprasčiausiai šios medžiagos sunaudojamas kiekis bus mažesnis, norint patenkinti visus energinius reikalavimus.

Stogo hidroizoliacija montuojama dažniausiai ant šiltinimo medžiagų, todėl yra svarbu kokios bus šios medžiagos savybės. Šiltinimo tvirtumas neleis spaustis stogo sluoksniams ilgalaikėje perspektyvoje, nes stogą bet koku atveju veiks sniego apkrova, todėl sumažės ir hidroizoliacinių dangų praspaudimo galimybės. Stogo apšiltinimą galima montuoti iš skirtingų medžiagų, jeigu jos tarpusavyje chemiškai nereaguoja ir dėl to nemažėja jų ilgaamžiškumas. Tad viršutinį sluoksnį, ant kurio klosis vandeniui nepralaidi danga, geriausia parinkti tvirtą ir ilgaamžį (šilumos laidumo savybės ne tokios svarbios). Šis viršutinis sluoksnis taip pat priklauso ir nuo hidroizoliacijos tvirtinimo prie jo. Ne visos šiltinimo medžiagos turi tinkamą viršutinę dangą, prie kurios galėtų lydytis bituminės dangos arba klijuotis membranos. Taigi būtina atkreipti dėmesį į parduodamų plokščių asortimentą, o prieš tai pirmiausia reikėtų išsirinkti hidroizoliaciją ir jos tvirtinimo, prie pagrindo, technologiją.



1.14 pav. Šiltinimo medžiagų palyginimas pagal storius ir pagal kvadrato kainas A+ energinės klasės gyvenamajam pastatui (sudaryta autoriaus)

Atlikta bendroji plokščių stogų apžvalga bei nustatyta jų sandara. Pagrindinės sutapdintų stogų sąvokos ir jų sąsaja su hidroizoliacinėmis dangomis:

- **Laikančioji konstrukcija.** Brangesnės ir kokybiškesnės hidroizoliacinės medžiagos reikia naudoti pastatams, kurie turi didesnius konstrukcijų poslinkius dėl vėjo ar kitų apkrovų, tai statiniai pastatyti iš metalinių ir medinių konstrukcijų. Metalinėms konstrukcijoms tvirtinti naudojami varžtai taip pat juda, dėl šios priežasties reikalingos tamprios ir ilgaamžės medžiagos, kurios nepraranda savo savybių ir esant labai žemai temperatūrai, o taip pat ir nepažeidžiamos, kai varžtai jas spaudžia iš apačios.

- **Plokščio stogo tipas.** Pagal stogo panaudojimą, plokšti stogai skirstomi į neeksploatuojamus ir eksploatuojamus stogus. Neeksploatuojamų stogų hidroizoliacija turi būti atspari aplinkos poveikiui kiek įmanoma ilgesnį laiką. Eksploatuojamų – turi būti atspari įvairiems pradūrimams ir šaknų prasiskverbimui ne tik plokštumoje, bet ir hidroizoliacijos lakštų sujungimo vietose.

- **Nuolydžio formavimas.** Tinkamo kampo nuolydis, jo tvirtumas bei logiškas ir matavimais nustatytas vandens nukreipimas į nutekėjimo sistemas užtikrins hidroizoliacinių medžiagų ilgaamžiškumą.

- **Garų izoliacija.** Kylanti drėgmė iš pastato vidaus gadina ne tik šiltinimo sluoksnius, bet ir pažeidžia „nekvėpuojančias“ hidroizoliacines dangas. Vandeniui nelaidžioje dangose dėl drėgmės iš vidinės pusės susidaro pūslių, o jos laikui bėgant ima skilinėti, ypač jei ant jų vaikštoma. Garų izoliacija ir vėdinimo kaminėliai apsaugo hidroizoliaciją nuo tokio pavojaus.

- **Šiltinimo medžiagos.** Užtikrinti malonų patalpų klimatą galima su labai įvairiomis izoliacinėmis medžiagomis, bet, jas parenkant reikėtų atsižvelgiant į jų unikalias savybes. Naudojant mineralinę vatą, visuomet bus galima tenkinti aukščiausius priešgaisrinius reikalavimus, kad ir kokia hidroizoliacinė danga bus parinkta. Vandens neįgeriantis, ekstrūzinis putų polistirolas apsaugos vandeniui nelaidžias medžiagas nuo įvairiausių pradūrimų ir pažeidimų eksploatuojamuose stoguose. Montuojamos palyginti nestoros plokštės iš poliuretano putų suteiks stogui geras šilumines savybes ir bus gana kietas pagrindas hidroizoliacijai, kuri taip pat mažiau deformuosis.

2. HIDROIZOLIACINIŲ MEDŽIAGŲ PARINKIMO ANALIZĖ

Šiais laikais, galima rinktis iš daugybės hidroizoliacinių dangų. Dangos labai skiriasi vienas nuo kitos. Skirtingų tipų dangos kuriamos skirtingose pasaulio šalyse, o ir jų gamybos technologijos – unikalios. Hidroizoliacinės dangos gaminamos skirtingoms klimato sąlygoms, dėl to atsižvelgiama, ar gaminys, bus naudojamas saulėtose vietovėse, o gal jį nuolatos veiks ypač žema lauko temperatūra.

Šiame skyriuje bus nustatomi ir nagrinėjami visi plačiausiai naudojami hidroizoliacinių dangų tipai: skystos hidroizoliacinės sistemos, prilydomos bituminės hidroizoliacijos, viensluoksnės sintetinės – EPDM/PVC/TPO ir guminės – bituminės hidroizoliacijos. Nagrinėjamas šių tipų pasiskirstymas Europoje ir JAV, parenkami hidroizoliacinių medžiagų gamintojai bei jų gaminiai, kainos. Toliau, bus susisteminti, hidroizoliacinių medžiagų tvirtinimo būdai bei aiškinamasis jų poreikis, kiekvieno iš jų privalumai. Racionaliam plokščių stogų hidroizoliacijos parinkimui bus taikomas daugiakriteris analizės ARAS metodas.

2.1. Hidroizoliacinių medžiagų istorija

Per pastaruosius 100 metų plokščių stogų hidroizoliacinės medžiagos ir jų įrengimo technologijos labai keitėsi, vis dar ieškoma pačių įvairiausių sprendimų ilgaamžei ir lengvai montuojamai hidroizoliacijos dangai ir net šiais laikais tai labai svarbi ir opi problema. Dangos skiriasi tiek savo chemine sudėtimi, tiek ir įrengimu, tad įvairovė tikrai didelė. Kaip jau minėta, hidroizoliacinės dangos ir jų technologijos sparčiai kuriamos tik 100 metų, tad nedaugelis medžiagų išlieka tinkamos visą pastato gyvavimo ciklą. Namų laikančiosios konstrukcijos turi atitikti statinio reikalavimus 50 metų, lygiai taip pat ir stogo hidroizoliacijai reikėtų taikyti tokius pat kriterijus, kadangi sunku nustatyti, kaip prabėgęs vanduo pakenks pastato laikančiajai konstrukcijai.

Ilgą laiką plokščius stogus dengdavo metalu, kuriam sandariai įrengti reikėdavo daug lėšų, taip pat ši danga atlaikydavo labai nedideles apkrovas (Perry 1874). Vėliau ant plokščių stogų pradėjo lieti asfaltą, tačiau jis turėjo labai mažą lankstumą, todėl greit suskilinėdavo. Gana ilgą laiką plokščius stogus hidroizoliuodavo karšta mastika. Tačiau stogas, padengtas tokia mastika, būdavo neestetiškas, o ir pats darbas būdavo labai purvinas ir sudėtingas dėl šių medžiagų tiekimo ant stogo ir jų karščio: vasaros dienomis ant stogo ir taip būna labai karšta ir dar reikėdavo dirbti su gana aukštos temperatūros medžiagomis (*Plokščių stogų...*2017). 1967 metais Lietuvos mokslininkai (R. A. Garalevičius, V.I. Nočnyj ir kt., TSRS autorinis liudijimas Nr. 35488) sukūrė prilydymo būdą, kai mastika tepama ant gaminamų ritininių medžiagų paviršių ir pašildoma klojant dangas ant stogo (Zavadskas *et al.* 2008). Šis būdas paplito visame pasaulyje ir yra laikomas vienu iš didžiausių naujos statybos technologijų

išradimų net ir šiais laikais; dėl šios priežasties šio darbo tema tampa dar aktualesnė. Naudojant prilydimo būdą darbo sąnaudos labai sumažėjo, o ir plokšti stogai tapo žymiai patrauklesni, todėl pradėta statyti daug daugiau pastatų su mažo nuolydžio stogais.

Nuo 1970 metų po truputį imta taikyti visai kitokios hidroizoliacinės dangos, jose bitumas yra tik nedidelė naujų medžiagų dalis (Stevenson *et al.* 1984). Išrastos plėvelinės vieno sluoksnio dangos, kurios yra dviejų tipų: gumos pagrindo plėvelės – EPDM membrana ir plastikinės plėvelės – PVC, TPO. Šių dangų įrengimo technologija tobulinama ir dabar, nes pačios medžiagos yra labai tamprios ir ilgaamžės. Ieškoma būdų, kad jas būtų galima sumontuoti pačiais efektyviausiais ir mažiausiai problemų keliančiais įrenginiais ar technologijomis.

2.2. Skystos hidroizoliacinės sistemos

Kaip buvo minėta, pirmosios hidroizoliacinės dangos plokštiems stogams buvo įvairios mastikos, kurios tiekiamos arba sausos, arba drėgnos. Šių mastikų įrengimo technologija iš esmės nesiskyrė: tiesiog sausos mastikos džiūvimas iki projekcinio stiprumo trunka ilgiau. Šiais laikais karštos – drėgnos mastikos naudojamos labai retai ir toks hidroizoliacijos būdas yra nebeefektyvus, nes tiek medžiagų užkėlimas, tiek jų įrengimas yra ilgas ir brangus, o ir pati hidroizoliacija yra neilgaamžė. Šis hidroizoliacijos būdas dažniausiai pasirenkamas tik įvairių nestandartinių konstrukcijų hidroizoliacijai, kur įrengimas su kitomis medžiagomis yra praktiškai neįmanomas. Pavyzdžiui, jeigu ant stogo esantys įrenginiai ar kitos įdėtinės detalės būna sudėtingos formos, jas hidroizoliuoti paprasčiausiai būtų padarant apvalų rėmą aplink jas ir pripilant į jį skystos mastikos.

XXI amžiaus išradimu vadinama kita skystų hidroizoliacinių sistemų danga - poliurėja (žr. 2.1 pav.). Ši danga, kaip ir purškiamas šiltinimo sluoksnis poliuretanais, yra drėgmės neįgeriantis paviršius, kuriuo galima supurkšti, visą stogo plotą. Tačiau kol kas, tokių dangų įrengimas praktikoje yra labai sudėtingas, nes tam reikalingas beveik idealus oras, tad šios dangos privalumai atsiskleidžia įrengiant ją uždaroje patalpose.



2.1 pav. Skysta hidroizoliacinė danga – poliurėja (Aukštuminių pastatų... 2017)

Toliau skystos sistemos bus lyginamos su kitomis hidroizoliacinėmis medžiagomis, nors vertinti jų kaip plokščių stogų hidroizoliaciją vis dar nebelabai galima, nes technologija yra pasenusi, o naujesni gaminiai dar nėra tinkamai išvystyti. Pasirinktų skystų dangų charakteristikos pateiktos 2.1 ir 2.2 lentelėse.

2.3 Prilydomos dangos

Maždaug nuo 1970 metų, pirmasis prilydomąsias medžiagas pradėjo gaminti, buvęs Gargždų statybinių medžiagų kombinatas (dabar „Gargždų Mida“). Laikui bėgant naujas dengimo būdas paplito po visą pasaulį (žr. 2.2 pav.). Šiuo metu tai pagrindinis ritininių stogų įrengimo metodas, o prilydomos dangos gaminamos beveik visose išsivysčiusiose šalyse. Buvo pasiūlyta nemažai įvairių klijuojamojo sluoksnio minkštinimo metodų: pašildymas infraraudonaisiais spinduliais, karštu oru, tiesioginiu kontaktu su karštu metaliniu paviršiumi (lygintuvo metodas), plastifikavimo skiedikliais (Dyal *et al.* 2012). Populiariausi yra nešiojamieji rankiniai degikliai, prijungiami prie suskystintų dujų balionų (Zavadskas *et al.* 2008). 2000 metais „Gargždų Mida“ buvo nupirktas didelės Rusijos bendrovės „Technonicol“, kuri yra vienas didžiausių stogo dangų ir hidroizoliacinių medžiagų gamintojų Europoje. Po šio sandorio apie 2010 metus buvo nuspręsta prilydomos dangos Lietuvoje nebegaminti ir tiekti ją iš Rusijos gamyklų.

Kad būtų galima išsirinkti tinkamą prilydomą ritininę dangą, reikia suprasti jos sandarą. Renkantis medžiagą atsižvelgiama į tris pagrindinius sluoksnius:

- pabarsto, kuris apsaugos viršutinę dangą nuo aplinkos veiksnių, o ypač nuo UV spindulių. Naudojamas dažniausiai skalūno pabarstas arba saulės šviesą atspindintys aliuminio dažai, padengti ant matomo paviršiaus (Watts 2011a);
- pagrindo - armuojančio sluoksnio. Pagal stiprumą nuo silpniausio, gali būti naudojama: stiklūnas, stiklo pluoštas arba poliesterio pluoštas. Šis sluoksnis saugo bitumą nuo sutrūkinėjimo;
- bitumo sluoksnis: oksiduotas bitumas (prastesnė rūšis) ir modifikuotas bitumas su polimerais, kurie sudaro 15 % bitumo masės, tai gali būti SBS (stirenas-butadienas-stirenas), APP (ataktinis polimeras).



2.2 pav. Stogas įrengtas iš prilydomų stogo dangų (autorius nuotrauka)

Taigi renkantis prilydomą dangą naujam plokščiam stogui, reikėtų pirmiausia atsižvelgti į jo sudėtį. Kaip šalyje (Lietuva), kurioje buvo išrasta prilydoma hidroizoliacija, jos pasirinkimas yra gana platus. Darbe bus nagrinėjamos kelios jų, aptariant patikimiausius sprendinius: viršutiniam sluoksniui naudojamas pabarstas – stiklūnas, apatiniam – kvarcinis smėlis, profiliuotu paviršiumi, kuris yra labai svarbus tinkamam viršutinės dangos prikibimui (Balčiūnas *et al.* 2014). Armavimui šiuo metu tvirčiausia medžiaga – grūdintas poliesteris $250\text{--}300\text{ g/m}^2$ (viršutinis) ir $220\text{--}250\text{ g/m}^2$ (apatinis sluoksnis). Pats bitumas dažniausiai būna modifikuotas iš SBS kaučiuko. Pagal šią struktūrą parenkamos dvi dangos – „Mida Technoel“ (PV S4b ir PV S4s) ir „Icopal Polbit“ (Lenkijoje gaminama danga). Šios dangos skiriasi storium, atitinkamai $4,2+4\text{ mm}$ ir $5,6+5,0\text{ mm}$ (dėl storesnio armavimo sluoksnio – poliesterio). Naudojant plonesnę dangą, pigiau kainuoja medžiagos, o storesnės – tvirtesnės.

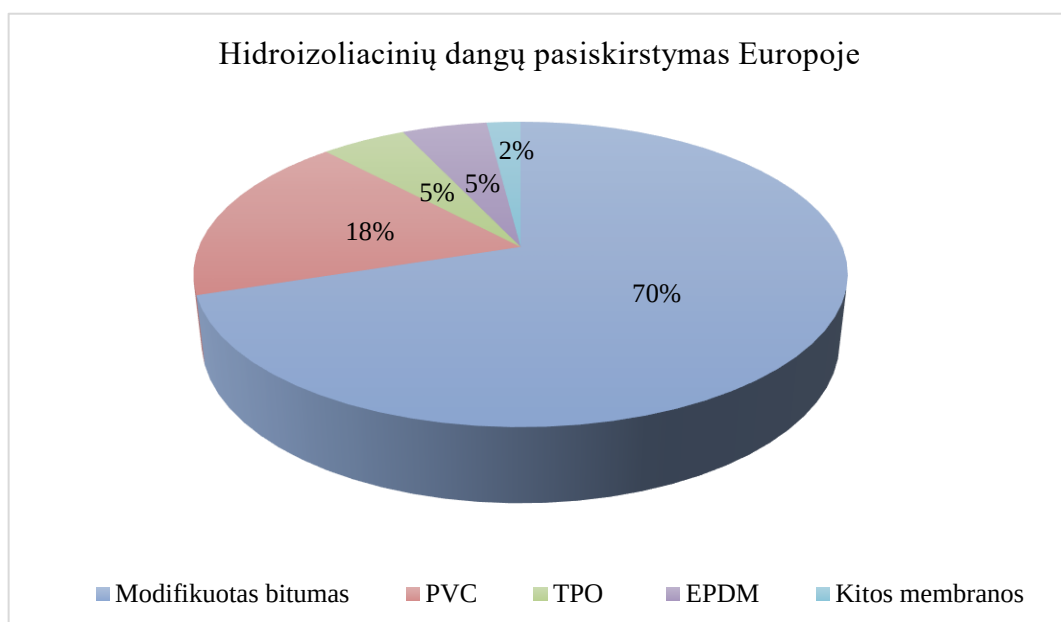
Nepaisant to, storesnės gaminamos mažesniais ritiniais, tad tai didina medžiagų išėigą ir darbo sąnaudas.

Pasirinktų prilydomų dangų charakteristikos pateiktos 2.1 ir 2.2 lentelėse.

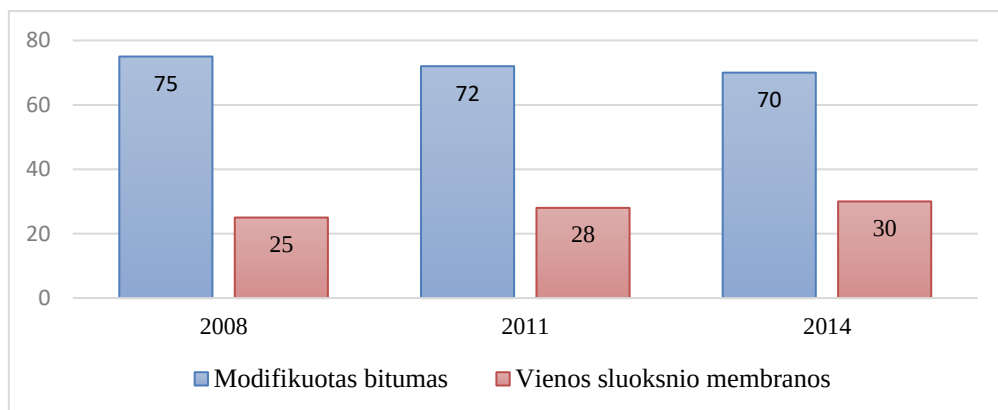
2.4 Vieno sluoksnio membranos ir jų naudojimo statistika

Seniai buvo pastebėta, kad bitumo pagrindu gaminamos dangos paprastai suskilinėja ir sutrūkinėja, nes neatlaiko pastato terminių ir konstrukcinių judėjimų, ypač ten, kur konstrukcijos nuokrypiai būna ypač didelis (Watts 2011b). Taigi 1970 metais išrastos visai kitokios medžiagos plokščių stogų hidroizoliacijai. Pradėtos naudoti plėvelės, arba sintetinės stogo dangos, kurias sudaro vienas sintetinės plėvelės sluoksnis 0,7-2,0 mm storio, kuris gali būti papildomai armuotas poliesterio audinio tinkleliu, poliesterio neaustine medžiaga (geotekstile) ar neausto stiklo audinio pluoštu. Armuotas sluoksnis gali būti klojamas atskirai arba įpresuotas į vieną iš plėvelės pusių, gamybos metu (Zavadskas *et al.* 2008). Visos plėvelinės dangos yra organinės kilmės ir gali būti suskirstytos į dvi grupes: plėvelės sintetinių kaučiukų pagrindu – guminės plėvelės (EPDM), ir plėvelės plastiko pagrindu (PVC, TPO). EPDM dangos populiarnesnės Amerikoje, o plastikinės daugiau naudojamos Europoje (Watts 2011b).

„Firestone Building Products“ kompanijos užsakymais tyrimais, kuriuos atliko „AMI Survey“ 2015 metais, buvo nustatyta, kad modifikuotas bitumas dengia didžiąją dalį -70 % plokščių stogų Europoje (2.3 pav.). Tačiau dar 2008 metais, šis skaičius buvo didesnis -75 %, o hidroizoliacijai vis dažniau renkamosi vieno sluoksnio membranas (2.4 pav.).

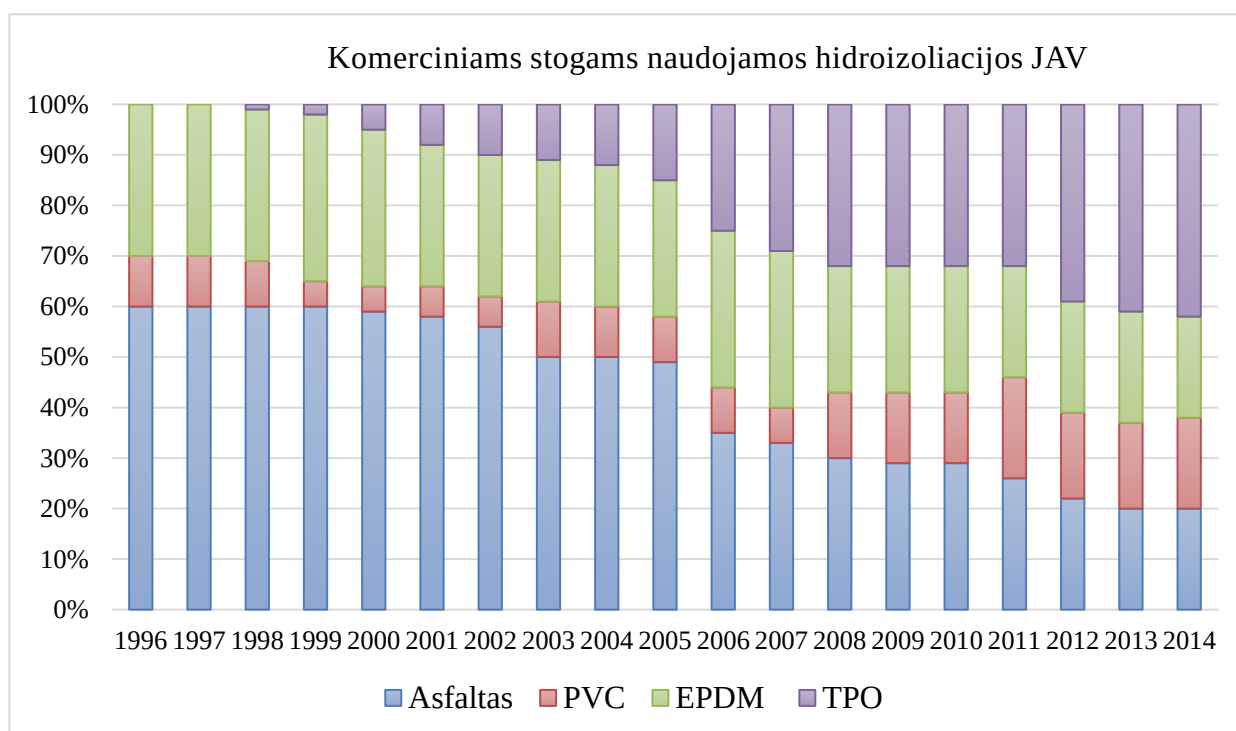


2.3 pav. Hidroizoliacinių dangų pasiskirstymas Europoje 2014 metais (AMI Survey 2015)



2.4 pav. Hidroizoliacinių dangų pirkimai Europoje, proc., 2008- 2014 metais (AMI Survey 2014)

Visai kitokia situacija yra JAV, kur nėra tokių gilių tradicijų įrenginėti plokščius stogus su prilydomomis dangomis. Pagal 2014 metais atliktus tyrimus, 1996 metais 60 % komercinių pastatų stogų dengė asfalto danga (sumaišyta su bitumu). 2014 metais asfaltu uždengtų stogų buvo tik 20 %, o 42 % – TPO danga (2.5 pav.). Tad galima spręsti, jog šiuo metu vieno sluoksnio membranomis pasitikėjimas didėja, o JAV rinkoje tokios dangos yra populiariausios, tad galima numanyti, kad ir Europoje šio tipo hidroizoliacijos ir toliau populiarės.



2.5 pav. Komerčiniams stogams naudotos hidroizoliacinės dangos 1996- 2014 metais.
(Hidroizoliacinių dangų...2014)

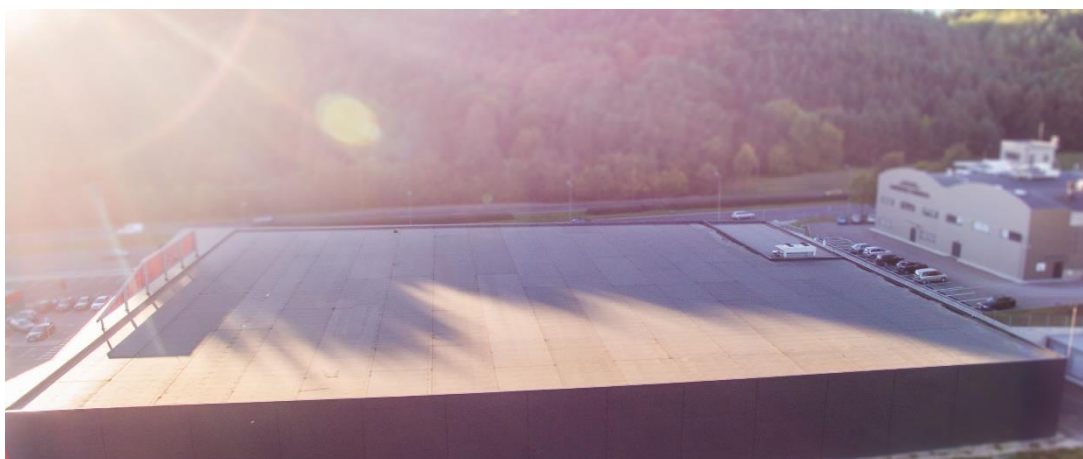
2.4.1. Guma - EPDM membrana

Tai nearmuota, juoda, sintetinio kaučiuko membrana, pagaminta iš etilpropilendieno terpolimero (EPDM), kurios nominalus storis 1,1mm arba 1,5 mm. Tai visiškai vulkanizuota vienasluoksni membrana, pasižyminti aukštu atsparumu ozonui ir UV spinduliams. EPDM pagrindinė spalva – juoda dėl sudėtyje esančios anglies, kuri ir suteikia medžiagai atsparumą UV spinduliams. Taip pat sukurta ir baltos spalvos guma, tačiau ji parduodama tik JAV. Kadangi membranos sudėtyje nėra jokių plastifikatorių, jos charakteristikos laikui bėgant nepasikeičia.

Guminės plėvelės išsiskiria dideliu atsparumu atmosferos poveikiams ir, lyginant su kitomis plėvelinėmis medžiagomis, jos yra ypač atsparios atmosferos išilginėms įrąžoms, nes turi didelį santykinį pailgėjimą. Taip pat yra labai platus gaminamų lakštų asortimentas: membranos plotis būna nuo 1 m iki 15 m, ilgis – iki 60 m (Georgeau *et al.* 2004).

Rinkoje yra du pagrindiniai gamintojai, esantys JAV, kurių produkcija pardavinėjama visame pasaulyje. Tai „Carlise“ – ši įmonė viena iš pirmųjų pradėjo gaminti patikimą ir kokybišką EPDM membraną ir geriausiai savo verslą vysto JAV, kur yra lyderė pagal EPDM hidroizoliacijos pardavimus („Carlise“ korporacija 2000). Kita įmonė - „Firestone Building Products“, kuri taip pat įsitvirtinusi JAV, tačiau dar daugiau medžiagų tiekia į Europą ir Aziją. Ši įmonė pirmąjį plokščią stogą su savo produkcija, hidroizoliavo 1980 metais JAV (Šimtmečio patirtis...2016).

Šių kompanijų gaminama EPDM membrana turi daug panašumų, tad dangų techninės charakteristikos identiškos, šiek tiek skiriasi tik montavimo principas. Kadangi „Firestone Building Products“ turi savo atstovybę Europoje, o Lietuvoje su jų produkcija yra hidroizoliuota nemažai plokščių stogų (žr. 2.6 pav.), taigi būtent ši danga bus analizuojama darbe, o jos charakteristikos pateiktos 2.1 ir 2.2 lentelėse. Kitose šalyse gaminamos EPDM membranos dažniausiai būna kietesnės ir ne tokios tamprios (Lenkijos, Kinijos), taip pat nėra naudojamos taip ilgai, kad būtų galima spręsti apie jų kokybę.



2.6 pav. Rimi parduotuvės Linkenų g. stogas, įrengtas iš „Firestone EPDM membranos“ (autoriaus nuotrauka)

2.4.2. PVC ir TPO dangos

PVC (polivinilchloridas) stoginė membrana yra lengvo svorio ir palyginti gana pigi stoginė medžiaga, vis daugiau naudojama XXI amžiuje (žr. 2.7 pav.). Danga yra armuota stiklo pluošto tinkleliu arba poliesterio audiniu. Šie sluoksniai yra įklijuojami medžiagoje. Stiklo pluoštas suteikia matmenų stabilumą, tad klijuojant medžiagą prie pagrindo ji yra tvirtesnė ir neleidžia susidaryti raukšlėms. Austinis poliesterio audinys suteikia medžiagai didesnę tempiamąją stiprį naudojant PVC dangą mechanškai tvirtinamose sistemose ir norint išlaikyti dangos stabilumą, kai ji yra veikiamą vėjo apkrovų. PVC membrana dažniausiai gaminama 1,2-2,0mm storio (Watts 2011b).

PVC dangos plačiai gaminamos daugelyje didesnių Europos valstybių, tad lyginant medžiagas, bus renkamos tarp populiariausių Europos gamintojų, kurių produkcija yra aukščiausios klasės ir jei kalbėtumėm apie kainas, tai pvz. 1,5mm storio PVC danga turėtų kainuoti maždaug 4-8 €/m², o jei nedideliame projektui atsiranda prekybininkų siūlančių tokio tipo hidroizoliaciją dvigubai pigiau, greičiausiai tokia medžiaga bus prastos kokybės ir labai didelė tikimybė, kad dangą reiks keisti jau po 5 metų ar net greičiau.



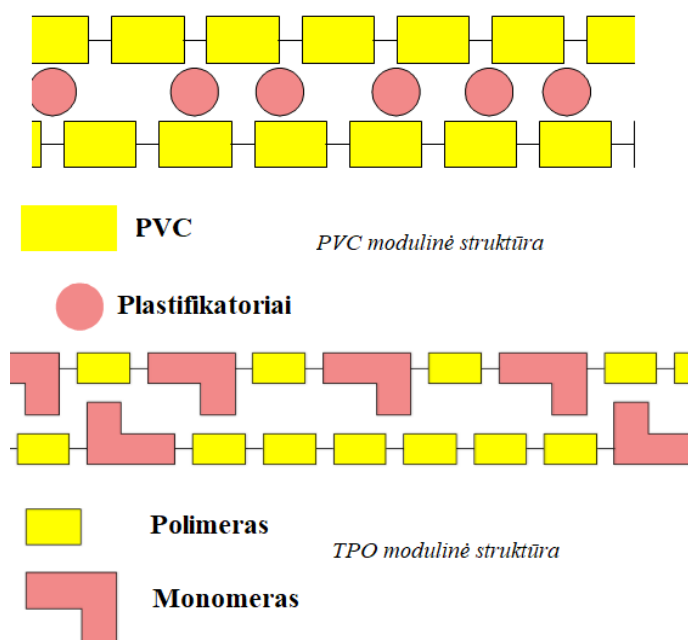
2.7 pav. Plokščias stogas, įrengtas iš IKO gaminamos PVC dangos (IKO istorija 2017)

TPO (Termoplastic Polyolefin - termoplastinis poliolefinas) arba FPO Flexible Polyolefin - lankstus poliolefinas) membranos gaminamos polipropileno ir polietileno pagrindu (žr. 2.8 pav.). Kai dangos sudėtyje yra daugiau nei 30 % polipropileno, galima sakyti, kad TPO (populiariesnis pavadinimas Amerikos rinkoje) gaminyje yra FPO (šis pavadinimas naudojamas Europoje), o visus darbe nagrinėjamus produktus, galima trumpinti TPO arba FPO membranomis. TPO membranos polimeras sujungia smulkias etileno propileno (EP) gumos ir polipropileno (PP) ar polietileno (PE) detales, o įvykusi reakcija

sukuria nuolatinį, harmoningą ir stabilų ryšį. EP molekulės veikia kaip tarpininkai (žr. 2.9 pav.).



2.8 pav. Plokščias stogas, padengtas „Firestone UltraPly“ TPO danga (Naujausi projektai 2017)



2.9 pav. PVC ir TPO modolinių struktūrų skirtumai (TPO/FPO hidroizoliacijų...2015)

Apskritai TPO/FPO dangos parduodamos kaip gaminys, kuris jungia EPDM ir PVC dangų gerąsias savybes, be jų trūkumų. Kitaip tariant, TPO turi būti tokia pat atspari UV spinduliams ir karščiui kaip EPDM danga ir taikomas toks pat suvirinimo/sujungimo būdas, kaip PVC membranoms (TPO/FPO hidroizoliacijų...2015). Ši membrana turi geresnį

lankstumą, negu PVC dangos, tačiau vis tiek reikalingas armavimas, kuris naudojamas dėl tokių pačių priežasčių, kaip ir PVC membranos (Watts 2011b). TPO yra tiesiog modernesnis gaminys už PVC, nes vietoj plastifikatorių, naudojama guma, kuri suteikia medžiagai papildomo tamprumo. Dažnai plastifikatoriai garuoja, kaitinant saulei (ypač pigesni dangų variantai), todėl PVC danga tampa kieta jau po kelių metų. Dėl šios priežasties ji pradeda trūkinėti arba tiesiog gali būti pradurta po paprasčiausios krušos (2.10 pav.). Taigi per pastaruosius 20 metų dauguma PVC gamintojų savo gamyklose pradėjo kurti ir TPO membranas.



2.10 pav. PVC dangoje matomos skylutės, atsiradusios po krušos (Vitiello 2007)

Vienas iš pagrindinių PVC ir TPO membranų pranašumų yra jų šviesi spalva. PVC danga dažniausiai gaminama šviesiai pilkos ar pilkos spalvos, o TPO – šviesiai pilkos ir baltos spalvos, bet abiem atvejais didesniems projektams galima rinktis ir kitokia spalvas. Tokios spalvos danga visų pirma yra estetiškesnė ir patrauklesnė už juodas hidroizoliacines medžiagas, tad stogams, kurie yra didesnio nuolydžio ar yra matomi iš šalia stovinčių aukštesnių pastatų, labai dažnai renkasi PVC ar TPO dangos. Plokštiesiems neapsiltintiems stogams balta yra efektyviausia spalva, nes toks stogas atspindi 55-80% saulės spindulių (Sproul *et al.* 2013). Šviesi spalva sumažina šilumos perdavimą per stogą, dėl to erdvė po juo, kuri yra nekondicionuojama, būna komfortiškesnė, toks privalumas ypač svarbus, tarkim, šaldytuvų patalpoms. Reikėtų nepamiršti ir klimato kaitos dėl globalinio atšilimo, būtent šviesi spalva, kuri atspindi saulės spindulius, neleidžia karščiui įsigerti į žemės paviršių ir

gražina jį atmosferai. Apskaičiuota, kad 100 m² balta danga lygiavertiškai kompensuoja 10 tonų CO₂ emisijos per visą stogo buvimo laikotarpį (Akbari *et al.* 2009). Tokiomis pat geromis savybėmis pasižymi ir žalieji stogai, tačiau jų įrengimas kainuoja 2- 3 kartus brangiau, todėl šie stogai nėra tokie populiarūs (Peck and Kuhn 2010). Ant stogo įrengtos saulės baterijos gali veikti net 30 % efektyviau, kai viršutinė hidroizoliacija yra baltos spalvos. Tačiau šviesios vieno sluoksnio membranos, laikui bėgant, dėl atmosferos poveikio tampa nešvarios ir praranda savo gamykinę išvaizdą, tad tokią dangą reikėtų plauti, kad ji būtų tokia pat efektyvi, kaip ir pirmaisiais eksploatavimo metais.

Plokščio stogo hidroizoliacijai naudojant PVC ir TPO dangas, galima rinktis skirtingų storų medžiagas, o 1,5 ir 1,8 mm yra optimalus sprendimas įvairiausio dydžio stogams. Tad norint palyginti šias dangas, bus renkamos iš gamintojų, kurie siūlo šį hidroizoliacijos storį. Taip pat vieno sluoksnio analizuojamos dangos, skirtos mechanškai tvirtinamoms sistemoms, kadangi tai yra gaminiai su geresniu armavimo sluoksniu.

PVC ir TPO membranos gamintojai, gerai žinomi Europoje ir visame pasaulyje:

- „Technicol“ - gamina ir PVC dangas (plačiau 2.3 poskyryje);
- IKO – Kanadoje susikūrusi įmonė, 1972 metais atidarė savo atstovybę Belgijoje, o šiuo metu jau turi 25 gamyklas Amerikoje, Kanadoje ir keturiose Europos valstybėse. Gamina įvairių stoginę hidroizoliaciją, mastikas ir PIR termoizoliaciją (IKO istorija...2017). Analizuojama įmonės gaminama PVC danga;
- „Renolit“ – viena didžiausių pasaulyje plastikinių plėvelių gamintojų, taikanti savo produkciją baseinams, stogams ir turinti 25 metų patirtį (Apie Renolit 2017). Gamina PVC ir TPO dangas;
- „Soprema“ – 1908 metais Prancūzijoje įkurta įmonė, visame pasaulyje turinti 50 gamyklų. Gaminanti įvairiausius produktus stogų, pamatų, sienų ir požeminių aikštelių hidroizoliacijai (Apie Soprema 2017). Dėl gaminamos išskirtinės PVC dangos spalvos (sidabro), panaudota Vilniuje statomo projekto PARK TWON 2, Lvovo g., stogo hidroizoliacijai;
- „Polyglass“ – 1972 metais Italijoje pradėjusi gaminti sintetines ir modifikuoto bitumo hidroizoliacines dangas bei izoliacijas, o nuo 1992 metų ir Amerikoje (Trumpa istorija 2011). Analizuojama įmonės gaminama PVC danga;
- „Protan“ – Norvegijoje 1934 metais susikūrusi įmonė, savo veiklą pradėjo nuo gelbėjimosi liemenių gamybos, o PVC membranos gamybą pradėjusi 1980 metais, tapo irgi viena iš didžiausių, šio produkto gamintojų, Europoje (Gelbėjimosi liemenė...2014). Gaminanti PVC, o palyginti neseniai pradėjusi siūlyti ir TPO dangas;

- „Bauder“ – Vokietijoje susikūrusi įmonė, turinti atstovybes 26 šalyse, gaminanti vieno sluoksnio membranas ir visus sistemai reikalingus priedus (Apie mus 2017), o būtent su šio gamintojo TPO membrana, buvo uždengti visi Lietuvoje esantys LIDL parduotuvių stogai. Gaminanti PVC ir TPO dangas;

- „Sika“ – 1910 metai Šveicarijoje įkurta statybinių medžiagų įmonė, turinti daugiau nei 200 gamyklų visame pasaulyje (1910: Sika...2017). Gaminanti PVC ir TPO dangas;

- „Firestone Building Products“ – paminėta EPDM membranos skyrelyje. Gaminanti ir TPO dangas.

Pasirinktų vienos sluoksnio membraninių dangų charakteristikas žiūrėti 2.1 ir 2.2 lentelėse.

2.5.Guminės – bituminės dangos

Įmonė „Carlise“ (plačiau 2.4.1. skyrelyje) gamina produktą, kurį, dėl savo sandaros ir įrengimo technologijos, galima būtų priskirti prie visų, prieš tai aprašytų hidroizoliacinių medžiagų skyrių. „Resitrix SK W“ yra savaime limpanti danga, sudaryta iš sintetinės gumos EPDM (viršutinė dalis) ir polimerais modifikuotos bituminės dangos (apatinė dalis) (žr. 2.11 pav.). Šios dangos apatinė dalis apsaugota apsaugine plėvele, kurią nuėmus, gaminys savaime prilimpa prie pagrindo, o lakštų siūlės prikaitinamos suvirinimo aparatu, tokiu pat principu kaip ir PVC ar TPO dangos.



2.11 pav. Plokščias stogas, padengtas „Carlisle Resitrix“ danga (Plokščio stogo... 2016)

Taigi „Resitrix“ danga turi tokį pat gerą tamprumą, kaip ir guminės, vieno sluoksnio dangos, o armavimo sluoksnis iš stiklo pluošto, apsaugo medžiagą nuo traukimosi ar per didelio išsitempimo. Ši medžiaga turi unikalios tekstūros, neslidų paviršių, kuris yra elastingas ir atsparus UV spinduliams. Dėl šių savybių, membraną galima naudoti kaip galutinę – eksploatuojamą dangą, kurios nebūtina uždengti. Tad „Resitrix“ pagrindas yra tikrai unikalus ir pasižymi geriausiomis savybėmis, lyginant ją su kitomis hidroizoliacinėmis dangomis. Nepaisant to, medžiagos sujungimai, kampų bei kitų detalių aptaisymai turi tokius pačius trūkumus, kaip ir prilydomos dangos, nes jos kokybė priklauso nuo modifikuoto bitumo, ir jeigu guminės – bituminės dangos sujungimus lyginsime su prilydomų dangų, visi jie yra 5-6 kartus silpnesni, negu pati danga (Karablikovas A. 2007). Taip pat juoda spalva, eksploatuojamam paviršiui, nėra estetiška ir patraukli. Dangos charakteristikas žiūrėti 2.1 ir 2.2 lentelėse.

2.1 lentelėje surašytos visos, šiame darbe lyginamos, hidroizoliacinės dangos ir jų gamintojai, pagal hidroizoliacinių medžiagų tipus. Nurodoma jų kvadratinio metro kaina, be papildomai naudojamų aksesuarų, armavimo tinklelis (jeigu jis yra), spalva, ritinio matmenys, storis ir gamintojo deklaruojamas ilgaamžiškumas. FM - „FM Aproved“ žymėjimas, yra nepriklausomas tarptautinis draudimas skiriamas „FM Global“ kompanijos. FM patvirtinimui taikomi moksliniai tyrimai ir bandymai, siekiant užtikrinti, kad gaminys atitiktų aukščiausius saugos reikalavimus bei sutrukdyti bet kokiems turto nuostoliams (Mūsų misija...2017). Šiuo metu Lietuvoje, statomiems verslo centrams, dažniausiai užsienio investuotojų, reikalaujama, kad medžiagos turėtų „FM Aproved“ ženklą, kad galėtų gauti tarptautinį draudimą visam statiniui.

2.2 lentelėje aprašytos visų šiame darbe lyginamų hidroizoliacinių dangų pagrindinės techninės specifikacijos. Šie duomenys atskleidžia dangų kokybę ir eksploatacines savybes. Duomenys gauti iš gamintojų arba įgaliotų medžiagų atstovų Lietuvoje, pateiktų eksploatacinių savybių deklaracijų.

2.1 lentelė. Hidroizoliacinių medžiagų palyginimas pagal kainą ir išvaizdą (sudaryta autoriaus)

HIDROIZOLIACINĖS DANGOS		Nr.	Gamintojas ir pavadinimas	Šalis	KAINA medžiagos (be aksesuarų), €/m ² be PVM				Armavimas	Spalva	Bendras storis, mm	Ritinio ilgis, m	Ritinio plotis, m	FM	Deklaruojamas ilgaamžiškumas
SKYSTOS		1	TECHNONICOL Technomast	Rusija	11,07 €				-	Juoda	2	-	-	-	20
		2	TECNOPOL Technocoat poliureja	Ispanija	50,00 €				-	Pilka/ Juoda/ Raudona	min.1,4	-	-	-	25
PRILYDOMOS BITUMINĖS		3	MIDA Technoelast PV S4b+S4s (4,2+4,0mm)	Rusija	6,3 €				poliesteris 250+220g/m ²	Tamsiai pilka	8,2	10	1	-	25-30 metų
		4	ICOPAL Polbit Extras ir Baza (5,6+5,0mmm)	Lenkija	11,51 €				poliesteris 300+250g/m ²	Tamsiai pilka	10,6	5	1	+	30 metų
GUMINĖS SINTETINĖS			Storis		1,1mm		1,5mm								
		5	FIRESTONE RubberGard LSFR EPDM	JAV	8,50 €		9,50 €		-	Juoda	1,14/1,5	30,5	3,05/4,57/ 5,08/6,1/ 7,62/9,15/ 12,2/ 15,25	+	30 metų
VIENSLUOKSNĖS SINTETINĖS			Storis		1,2m m	1,5mm	1,8mm	2,0mm							
		6	TECHNONICOL Logicroof	Rusija	-	4,25 €	-	8,50 €	poliesteris	Šviesiai pilka/ raudona/mėlyna/žalia/pilka	1,2/2,0	15	2,05	-	30
		7	IKO Armourplan SM	Anglija	4,32 €	5,53 €	-	-	poliesteris	Šviesiai pilka/ Pilka	1,2/1,5	20	1,06/1,5/ 2,12	+	30
		8	RENOLIT Alkorplan F	Vokietija	6,30 €	6,40 €	7,80 €	-	poliesteris	Šviesiai pilka	1,2/1,5/1,8	20/15	1,05/1,6/ 2,1	-	30
		9	SOPREMA Silver Art	Prancūzija	-	-	11,70 €	-	poliesteris	Vario/Sidabro/Aliuminio	1,8	20	1,6	-	30
		10	POLIGLASS Mapeplan M	Italija	4,90 €	5,61 €	6,10 €	9,00 €	poliesteris	Šviesiai pilka	1,2/1,5/1,8/2,0	20	1,05/1,6/ 2,1	-	30
		11	PROTAN SE	Norvegija	5,80 €	6,60 €	7,50 €	10,50 €	poliesteris	Balta/Pilka/Ruda	1,2/1,5/1,8/2,0	20	2,05	+	30
		12	BAUDER Thermofol	Vokietija	4,38 €	5,41 €	6,22 €	7,90 €	poliesteris	Šviesiai pilka	1,2/1,5/1,8/2,0	20	1,5	-	30
		13	RENOLIT Alkortop F	Vokietija	9,20 €	10,22 €	11,20 €	12,10 €	poliesteris	Šviesiai pilka	1,2/1,5/1,8/2,0	20/15	1,5	-	30
		14	SIKA Samafil TS-77	Šveicarija	9,60 €	11,04 €	12,60 €	13,00 €	poliesteris	Pilka	1,2/1,5/1,8/2,0	20	2	+	30
		15	FIRESTONE UltraPly TPO	JAV	8,50 €	9,43 €	11,50 €	-	poliesteris	Balta/Šviesiai pilka	1,2/1,5/1,8	30,5	1,0/1,5/ 2,0	+	30
		16	BAUDER Thermoplan T	Vokietija	5,81 €	6,81 €	7,65 €	8,31 €	poliesteris	Balta/Šviesiai pilka	1,2/1,5/1,8/2,0	20	1,5	-	30
GUMINĖS-BITUMINĖS		17	CARLISLE Resitrix SK W	Vokietija	15,50 €				stiklo pluoštas	Juoda	2,5	10	1	-	20-30

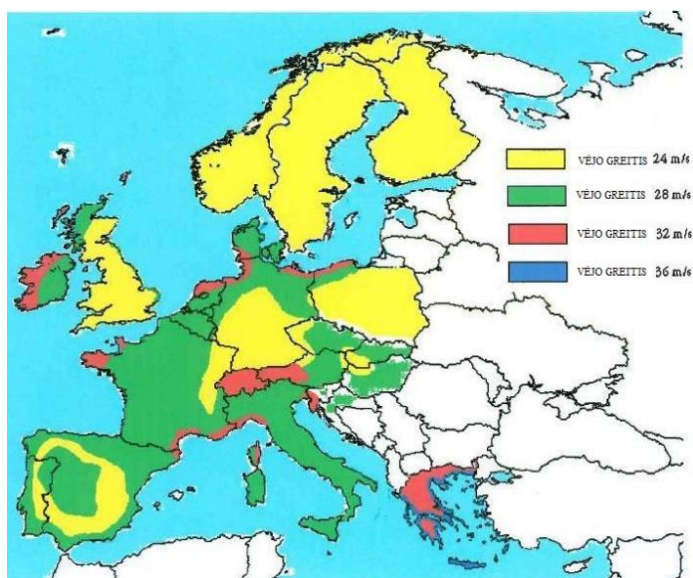
2.2 lentelė. Hidroizoliacinių medžiagų palyginimas pagal technines charakteristikas (sudaryta autoriaus)

HIDROIZOLIACINĖS DANGOS		Nr.	Gamintojas ir pavadinimas	TEMPIAMASIS STIPRIS EN 12311-2 N/50mm	TAMPRUMAS EN 12311-2	ATSPARUMAS PRADURIMAMS EN12310-1	UV ATSPARUMAS EN 1297	SUJUNGIMO SIŪLĖS ATSPARUMAS EN 12316-2 / N/50mm	LANKSTUMAS ŽEMOJE TEMPERATŪROJE EN 1109 / °C	REAKCIJA Į LIEPSNĄ EN 13501-1	
SKYSTOS		1	TECHNONICOL Technomast	400	-	-	-	-	≤-20		
		2	TECNOPOL Technocoat poliureja	-	≥300%	>90 N	Atitinka (su dažais)	-	-40	F	
PRILYDOMOS BITUMINĖS		3	MIDA Technoelast PV S4b+S4s (4,2+4,0mm)	900/650±200	40±20%	≥200 N	Atitinka	-	-25	E	
		4	ICOPAL Polbit Extras ir Baza (5,6+5,0mm)	1200/900±200	50±10%	≥300 N	Atitinka	-	-30	E	
GUMINĖS SINTETINĖS			Storis	1,1/1,5mm							
		5	FIRESTONE RubberGard LSFR EPDM	Tąsus	≥300%	≥40 N	Atitinka (≥7500h)	≥50	≤-45	E	
VIENSLUOKSNĖS SINTETINĖS		PVC		Storis	1,2/1,5/1,8/2,0mm						
			6	TECHNONICOL Logicroof	≥1000/900	≥15%	≥150 N	Atitinka (>5000h)	≥350	≤-30	E
			7	IKO Armourplan SM	1250	25%	550N	Atitinka	>200	-30	E
			8	RENOLIT Alkorplan L	≥1100	≥16%	≥400 N	Atitinka	≥225	≤-25	E
			9	SOPREMA Silver Art	≥1100	≥15%	≥200 N	Atitinka	≥200	≤-25	E
			10	POLIGLASS Mapeplan M	≥1100	≥15%	≥200 N	Atitinka (klasė 0)	≥300	≤-25	E
			11	PROTAN SE	≥1100/1050	≥15%	≥200 N	Atitinka (>5000h)	≥150	≤-30	E
			12	BAUDER Thermofol	≥1000	≥19%	≥200 N	Atitinka (klasė 0)	≥200	≤-30	E
		TPO	13	RENOLIT Alkortop F	≥1200	≥19%	≥320 N	Atitinka	≥300	≤-30	E
			14	SIKA Sarnafil TS-77	≥1000/900	≥13%	≥300 N	Atitinka (>5000h)	≥300	≤-30	E
			15	FIRESTONE UltraPly TPO	≥1200	≥20%	≥400 N	Atitinka (>7500h)	≥300	≤-40	E
			16	BAUDER Thermoplan T	≥1200	≥19%	≥320 N	Atitinka (>5000h)	≥200	≤-30	E
GUMINĖS-BITUMINĖS		17	CARLISLE Resitrix SK W	≥500	≥300%	≥400 N	Atitinka (>1000h)	≥80	-30	E	

2.6 Hidroizoliacinių dangų tvirtinimo būdai

Hidroizoliacinės stogo dangos yra tvirtinamos, tam, kad atlaikytų vėjo apkrovas, kurios priklauso nuo trijų svarbiausių kriterijų (Bartko *et.al.* 2016):

- pastato aukščio;
- pagrindinio vėjo greičio, nepriklausančio nuo vėjo krypties ir metų laiko (2.12 pav.);
- vietovės kategorijos, pagal šiurkštumą (žr. 2.3 lentelę).



2.12 pav. Europos vėjo žemėlapis, svarbiausioji pagrindinio vėjo greičio reikšmė [m/s] (EN 1991-1-4:2005)

Pirmiausia, atsižvelgiant į visus šiuos kriterijus, tvirtinami visi plokščio stogo sluoksniai, kurie gali būti nunešti vėjo (šiltinimo sluoksniai, viršutinis paklotas ir nuolydis, jei jis formuojamas iš šiltinimo):

- Dažniausiai naudojamas teleskopinis tvirtinimas, kuriam reikalinga plastikinė smeigė ir sraigta, priklausomai nuo pagrindo, į kurį bus tvirtinami sluoksniai. Tokiu pat principu tvirtinamos ir hidroizoliacijos, mechanškai tvirtinamose sistemose, tad reikalingą smeigių ir sraigtų kiekį galima skaičiuoti bendrai (tačiau reikia žinoti, kai smeigės hidroizoliacijai, yra mažesnio diametro nei smeigės šiltinimui);

- Jei tai eksploatuojamas stogas, ir svoris virš hidroizoliacijos sudaro daugiau nei 50kg/m^2 , tuomet visi stogo sluoksniai prisipaudžia, tad tvirtinimas nėra reikalingas. Jei stogas nebus eksploatuojamas, jam vis tiek galima taikyti balastinę tvirtinimo sistemą, viską užspaudžiant plautu žvirgždu, betonu ar dekoratyviniais akmenukais, svarbu kad balasto svoris nebūtų mažesnis nei 50kg/m^2 ;

- Dėl gana didelio šiltinimo storio, aukšto nuolydinio pakloto (bendras storis gali siekti 70-80cm), reikalingos labai ilgos tvirtinimo smeigės. Tokių atvejų padėtų balastas,

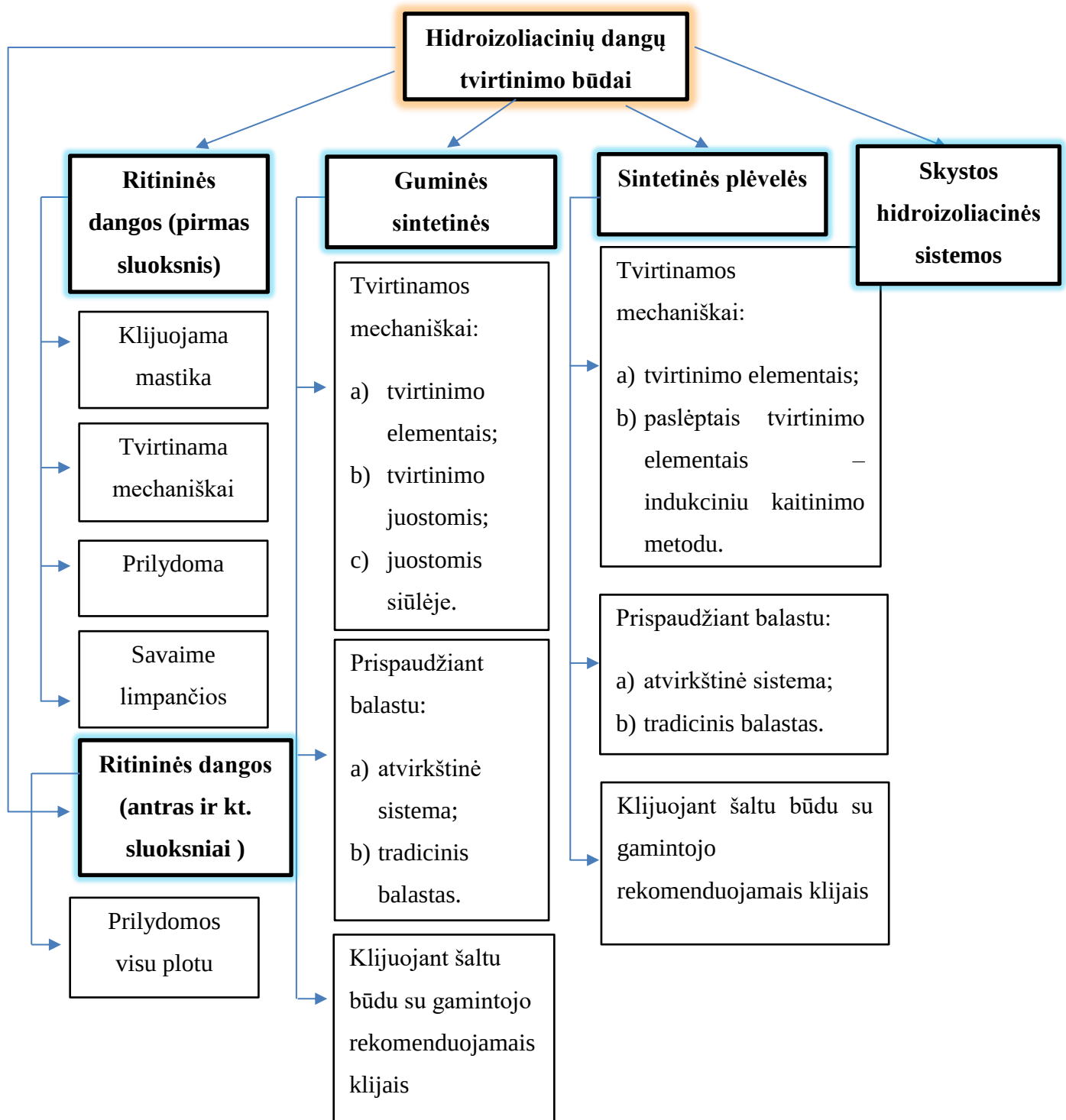
tačiau konstrukcija ne visuomet gali išlaikyti papildomą 50 kg/m² svorį, ypač metalinė/medinė. Šiltinimo sluoksniams tvirtinti, sukurti dvikomponenčiai poliuretaniniai klijai. Su jais galima klijuoti šiltinimą ir prie pagrindo, ir kelis sluoksnius tarpusavyje. Lietuvoje kol kas tai retai taikoma, nes kainuoja brangiau nei ilgos smeigės su sraigtais, tačiau toks tvirtinimas patrauklus ir tuo, kad nėra padaryta daugybė skylių termoizoliacijoje, ką galima laikyti mažais šalčio tilteliais. Žinomi šiltinimo klijų gamintojai: IKO „Millennium Adhesive“, „Firestone I.S.O. Twin Pack“, ROYAL „Millennium One Step“, SOUDAL „Soudabond Easy“.

2.3 lentelė. Kiekvienos vietovės kategorijos paviršiaus šiurkštumo aprašymas ir iliustracijos (EN 1991-1-4:2005)

Vietovės kategorija		Iliustracija
0	Atviri jūros ar jūros pakrančių ruožai	
I	Ežerai ar plokšti horizontalūs ruožai su nežymia augalija ir be kliūčių	
II	Žemos augalijos, pvz., žolės, ir atskirų kliūčių (medžių, pastatų), nutolusių vienos nuo kitų ne mažiau nei 20 kliūčių aukščių, plotai	
III	Ruožai, ištisai apaugę augalija arba užstatyti pastatais, arba su atskiromis kliūtimis, nutolusiomis vienos nuo kitų mažiau nei 20 kliūčių aukščių (pvz., kaimai, priemiestinės vietovės, nuolatinis (ištisas) miškas)	
IV	Ruožai, kurių ne mažiau nei 15 % paviršiaus yra užstatyta pastatais kurių vidutinis aukštis didesnis nei 15m	

Kiekvienam hidroizoliacijos tipui yra priskiriami skirtingi tvirtinimo būdai prie pagrindo. Dažniausiai tai priklauso nuo pagrindo, į kurį bus tvirtinama medžiaga arba nuo

stogo tipo (eksploatuojamas ar neeksploatuojamas), o jeigu galimi keli variantai, tuomet renkamas patikimesnis arba pigesnis sprendimas. Įvairiuose šaltiniuose pateikiami skirtingi, hidroizoliacijos tvirtinimo būdų, išdėstymai. Remiantis keliais pavyzdžiais iš straipsnių (Migilinskas 2012; Ustanovičius *et al.* 2012; Karablikovas 2016), buvo sudaryta nauja hidroizoliacijos tvirtinimo struktūra, kuri skiriasi nuo kitų, išskirtais hidroizoliacinių medžiagų tipais bei tvirtinimo galimybių gausa. (2.13 pav.).



2.13 pav. Hidroizoliacinių dangų tvirtinimo būdai į pagrindą (sudaryta autoriaus)

Tinkamas hidroizoliacijos dangos pritvirtinimas yra labai svarbus, ypač mechaniškai tvirtinamoms sistemoms, nes yra daugybė atvejų, kai vandeniui nepralaidi medžiaga, tiesiog nuplėšiama nuo stogo dėl vėjo poveikio. Pagal vėjo apkrovas, plokščias stogas suskirstomas į tris zonas: plokštumą, perimetrą (parapetą) ir kraštus. Šiose zonose projektuojamas, atitinkamai vis didesnis kiekis tvirtinimo elementų, priklausomai nuo smeigių stiprumo (sistemos tvirtinimo prie pagrindo elemento ištraukimo jėga) (Bartko *et.al.* 2016). Šį skaičiavimą atlieka medžiagų gamintojai ir kai kurie tvirtinimo sistemų tiekėjai, taigi jeigu įrenginėjant stogą bus pasirinkta mechaniškai tvirtinama sistema, būtina gauti rekomendacijas su brėžiniais, kokio tipo tvirtinimo elementus ir jų kiekį (skirtingose stogo zonos) reikia naudoti tinkamam, hidroizoliacijos dangos mechaniniam tvirtinimui.

2.7. Hidroizoliacinių medžiagų alternatyvų daugiakriterė analizė ARAS metodu

Daugiakriteriai spendimų metodai taikomi daugelyje žmogaus veiklos sričių. Kiekviena alternatyva (šiuo atveju, hidroizoliacinės medžiagos), bus apibūdinta kriterijų aibe, kur kriterijai skirstomi į kokybinius ir kiekybinius, o skirtingi matavimo vienetai normalizuojami, kad būtų lyginamos skalės vertės gauti (Kalibatas D. ir Kovaitis V. 2017). Hidroizoliacinių dangų alternatyvos tiriamos santykinų sumavimo (ARAS) metodu, kuris padeda nustatyti nagrinėjamų alternatyvų efektyvumą lyginant su optimalia alternatyva, kurios parametrus nustato pats vertintojas. „Toku būdu išrenkama geriausiai suinteresuotos grupės poreikius tenkinanti alternatyva“ (Tupėnaitė 2010).

Kalibatas D. ir Kovaitis V. (2017) savo straipsnyje analizavo 10 hidroizoliacinių membranų atvirkštiniais stogams pagal: daugiakriterį vertinimo ir SAW metodą, bei tris žaidimų teorijos taisykles (Ward, Laplace, Bayes). Kai kurios hidroizoliacinės medžiagos sutapo, su šiuo darbe tiriamomis dangomis, tačiau lyginti jų nebus galima, nes medžiagų panaudojimas yra skirtingas, t.y. atvirkštinėje sistemoje naudojamos hidroizoliacijos yra prispaudžiamos svoriu, todėl jos gali būti silpnesnės tempimo jėgoms ir jas dažniausiai draudžiama naudoti mechaniškai tvirtinamose sistemose. Nepaisant to, dauguma pasirinktų kriterijų, pagal kuriuos bus renkama efektyviausia medžiaga, sutampa. Jie atvaizduoti 2.14 pav., kur kairėje pusėje yra išskirstyti eilės tvarka pagal svarbumą. Apie šiuos kriterijus užsakovas domisi pirmiausia, o jeigu jis gilinasi į medžiagas labiau, tuomet peržiūrimos ir visos kitos, bet ne ką mažiau svarbios savybės, dešinėje 2.14 pav. pusėje. Iš šiuo paveikslėlyje paminėtų kriterijų nebus vertinami: ritinių matmenys, nes skystos medžiagos tokio dydžio neturi, tad panašaus pobūdžio kriterijus bus – darbo sudėtingumas; UV atsparumas ir reakcija į liepsną, kadangi visos analizuojamos dangos deklaruojamos tokios pat vertės.

KAINA	Tempiamasis stipris
ILGAAMŽIŠKUMAS	Tamprumas
IŠVAIZDA	UV atsparumas
ATSPARUMAS PRADURIMUI	Sujungimo siūlės atsparumas
RITINIŲ MATMENYS	Lankstumas žemoje temperatūroje
	Reakcija į liepsną

2.14 pav. Hidroizoliacinių dangų pagrindiniai kriterijai renkantis patikimiausią variantą

Hidroizoliacinės medžiagos (A1-A17) ir jų kriterijai (X1-X9) paimti iš 2.1 ir 2.2 lentelių (žr. 2.4 lentelę). Kriterijų vertės sudaro:

- X1- kaina, skaičiuojama pagal konkretaus projekto – PARK TOWN 2, stogo planą (žr. A priedą). Kaina susidedanti iš dviejų komponentų. Pirmasis - hidroizoliacinės medžiagos su papildomais aksesuarais (pagal 2018m. gamintojų kainininką). Antrasis - tai yra hidroizoliacinių medžiagų ir jų aksesuarų įrengimo kaina. Bendra šių komponentų suma padalinta iš analizuojamo stogo ploto, sudaro kv. metro kainą (€/m²). Skystos hidroizoliacinės medžiagos ir jų įrengimas pateiktas, pagal rinkoje siūlomas kainas, kadangi papildomų aksesuarų nėra. Prilydomos dangos įvertintos, skaičiuojant hidroizoliaciją su MIDA „Technoelast“ dviejų sluoksnių danga. Guminės dangos vertintos pagal „Firestone RubberGard“ EPDM 1,14 mm storio membraną ir jai taikomus aksesuarus, pilnai klijuojamoje sistemoje. PVC dangos skaičiavimams pasirinkta IKO „Armourplan SM“ 1,5mm storio danga, o suskaičiuota papildomų medžiagų ir įrengimo kaina, mechaniškai tvirtinamoje sistemoje, pridedama tokia pati kiekvienam, PVC ir TPO gaminiui. Prie guminės – bituminės dangos kainos, pridedamos prilydomoms dangoms naudojamų, papildomų medžiagų ir įrengimo kaina, dėl to papildoma sąmata nekuriama. Hidroizoliacinių dangų išdėstymas ant stogo – skaičiavimo schema, pateikta A priede, o sąmatos – B priede.
- X2 – tempiamasis stipris, pagal LST EN 12311-2 standartą. Kadangi guminė danga EPDM yra tarsi, ji prilyginama dangoms, turinčioms didžiausią šio standarto reikšmę, bet reikėtų suprasti, kad ji gali būti dar didesnė;
- X3 – tamprumas, taip pat pagal LST EN 12311-2 standartą, tik skaičiuojamas procentais, tai yra kiek kartų danga gali pailgėti;
- X4 – sujungimo siūlės atsparumas, pagal LST EN 12316-2 standartą. Skystoms hidroizoliacinėms sistemoms, neturinčioms sujungimų, priskiriamos X2 reikšmės;

- X5 – lankstumas žemoje temperatūroje, pagal LST EN 1109 standartą. Deklaruojamos visiems gaminiais ir nusako prie kokios didžiausios minusinės temperatūros, medžiagų sudėtis išlieka nepakitusi;

- X6 – atsparumas pradūrimams, pagal LST EN 12310-1 standartą. Deklaruojamos visiems gaminiais ir nusako, kokia jėga reikalinga, praplėsti dangą vinimi;

- X7 – ilgaamžiškumas, kiekvieno gamintojo nustatytas laiko tarpas metais, per kurį medžiaga tinkama eksploatacijai. Dažniausiai jis deklaruojamas pagal tai, kiek laiko danga naudojama kaip hidroizoliacija, plokščiam stogui, nuo jos sumontavimo iki remonto. Jeigu medžiaga gaminama bei ant stogo įrengta tik 10 ar mažiau metų, dirbtiniais bandymais bandoma nustatyti, kiek ji galėtų išbūti ant stogo praktiškai;

- X8 – darbo sudėtingumas, kokybinis kriterijus. Nustatytas apklausus stogdengių įmones ir individualia veikla užsiimančius, plokščių stogų hidroizoliacijos montuotojus (7 įmonės). Pagal apklausą susumuoti skaičiai ir išvesti vidurkiai. Vėliau eilės tvarka surašomi sveiki skaičiai nuo sudėtingiausiai įrengiamų iki lengviausiai montuojamų hidroizoliacinių dangų. Skystoms dangoms, reikalingos labai geros oro sąlygos, tad jos priskiriamos prie sudėtingiausiai montuojamų. Toliau eina prilydomos dangos, dėl palyginti, nedidelių lakštų, tad kuo ritinių dydžiai mažesni, tuo daugiau darbo sąnaudų reikia skaičiuotis. Lengviau montuojamos PVC membranos, bet siūlės suvirinimui reikalinga parinkti tinkamą temperatūrą, kuri visada keičiasi priklausomai nuo oro. EPDM membrana gaminama dideliais lakštais, tad siūlių skaičius pats mažiausias, lyginant su visomis hidroizoliacinėmis medžiagomis (išskyrus skystas dangas), tačiau visų kitų stogo detalių apdirbimui, naudojami aksesuarai, kurių montavimui būtini mokymai ir technologijos išmanymas. TPO danga patraukli ne tik dėl palyginti nedidelio siūlių kiekio, bet ir dėl siūlių suvirinimo, kuriam taikomas gana didelis suvirinimo aparato, skleidžiamo karščio, diapazonas. Gana greitai montuojamos savaime limpančios dangos, todėl, šiuo atveju, aukščiausias balas skirtas „Resitrix“ dangai. Tačiau viskas priklauso nuo stogo sudėtingumo ir konfigūracijos, tad priklausomai nuo jo, balus kas kart reikėtų perskaičiuoti.

- X9 – hidroizoliacinių medžiagų išvaizda, kokybinis kriterijus. Eilės tvarka balais įvertintos autoriaus. Visos juodos spalvos hidroizoliacijos rikiuojasi apačioje, kurioms priskiriami balai nuo 1 iki 3. PVC ir TPO dangoms skiriamas toks pats balas – 4, didesnę balą (5) duodant tik išskirtinių spalvų - „Soprema“ ir „Protan“ PVC lakštams. Aukščiausią vietą (6 balai) užima skysta medžiaga - poliureja, kuri gali būti gaminama įvairių spalvų, o svarbiausia, lygus ir siūlių neturintis paviršius atrodo labai estetiškai.

2.4 lentelė. Hidroizoliacinių medžiagų kriterijų skaitinės reikšmės, daugiakriteriam ARAS metodui taikyti (sudaryta autoriaus)

KRITERIJAI			POPULIARIAUSIOS HIDROIZOLIACINĖS DANGOS																
			TECHNICONOL Technomast 2mm	TECNOPOL Technocoat poliureja min. 1,4mm	MIDA Technoelast PV S4b+S4s 8,2mm	ICOPAL Polbit Extras ir Baza 10,6mm	FIRESTONE RubberGard LSFR EPDM 1,14mm	TECHNICONOL Logicroof 1,5mm	IKO Armourplan SM 1,5mm	RENOLIT Alkorplan F 1,5m	SOPREMA Silver Art 1,8mm	POLIGLASS Megaplan M 1,5mm	PROTAN SE 1,5mm	BAUDER Thermofol 1,5mm	RENOLIT Alkortop F 1,5mm	SIKA Sarnafil TS-77 1,5mm	FIRESTONE UltraPly TPO 1,5mm	BAUDER Thermoplan T 1,5mm	CARLISLE Resitrix SK W 2,5mm
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
KAINA (MEDŽIAGOS+IRENGIMAS), €/m ²	Kiekybinis	X1	31,07	80	16,43	20,51	22,98	17,97	19	19,87	25,17	19,08	20,07	18,88	23,69	24,51	22,9	20,28	23,73
TEMPIAMASIS STIPRIS EN 12311-2 N/50mm		X2	400	400	650	900	1200	900	1250	1100	1100	1100	1050	1000	1200	900	1200	1200	500
TAMPRUMAS EN 12311-2, %		X3	15	300	40	50	300	15	25	16	15	15	15	19	19	13	20	19	300
SUJUNGIMO SIŪLĖS ATSPARUMAS EN 12316-2 / N/50mm		X4	400	400	300	300	50	350	200	225	200	300	150	200	300	300	300	200	80
LANKSTUMAS ŽEMOJE TEMPERATŪROJE EN 1109 / -°C		X5	20	40	25	30	45	30	30	25	25	25	30	30	30	30	40	30	30
ATSPARUMAS PRADŪRIMAMS EN12310-1, N		X6	90	90	200	300	40	150	550	400	200	200	200	200	320	300	400	320	400
ILGAAMŽIŠKUMAS, m		X7	20	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
DARBO SUDĖTINGUMAS, balai	Kokybinis	X8	2	1	4	3	6	5	5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	8
IŠVAIZDA, balai		X9	1	6	2	2	3	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	3

Daugiakriterė analizė ARAS metodu susideda iš šių etapų:

1. Nustatomi kurie kriterijai (X1-X9) yra maksimizuojami (MAX), o kurie minimizuojami (MIN) bei sukuriami optimali alternatyva (A0), kuri išsiskiria pačiomis geriausiomis savybėmis, pagal lyginamas medžiagas (A1-A17). Taip sudaroma pradinė sprendimų matrica (C priedas 1 lentelė).

2. Visi kriterijai (X1-X9) verčiami maksimizuojamais. Tam reikia atlikti sprendimų matricos transformavimą (C priedas 2 lentelė).

3. Transformuota matrica normalizuojama, tokiu būdu gaunami bedimensiniai dydžiai (C priedas 3 lentelė).

4. Kadangi ne visi kriterijai (X1-X9) vienodai reikšmingi, įvertinant galimas alternatyvas (A0-A17), reikia įvesti kriterijų reikšmingumus (q), o jų suma turi būti lygi 1 (žr. 2.5 lentelę). Kriterijų reikšmingumas (q), sudaromas pagal atliktą apklausą, kurioje buvo kalbinti septynių įmonių atstovai: UAB „Alternos statyba“ (plokščių stogų dengimas, hidroizoliacinių dangų prekyba); UAB „Daistatus“ (plokščių stogų dengimas); UAB „Saudema“ (plokščių stogų dengimas); UAB „Kečas“ (hidroizoliacinių dangų prekyba); UAB „EPDM sistemos“ (plokščių stogų dengimas, EPDM dangos prekyba); UAB „Volas“ (plokščių stogų dengimas); UAB „Lemora“ (statybinių medžiagų prekyba). Ekspertai kiekvienam kriterijui (X1-X9) skyrė balą, kuris parodo jo svarbumą, rankantis hidroizoliacines dangas, ir pagal tai buvo vedamas vidurkis bei gaunamas galutinis kriterijų (X1-X9) reikšmingumas (q) (žr. 2.5 lentelę). Labai svarbu suprasti, pagal ką statybos dalyviai renkasi stogo hidroizoliaciją, nes būtent tai ir daro didžiausią įtaką pasirinkimui. Dėl šios priežasties, apklaustieji turėjo ne tik kiekvienam kriterijui (X1-X9) skirti balus reikšmingumui (q), bet ir apibūdinti savo pasirinkimą:

- Kaina, q1 (24,5 %) – vienareikšmiškai, pirmiausiai yra mąstoma apie medžiagų kokybę, bet sužinant kainas, pasirinkimas vertinamas pagal galimybes. Ir tol, kol yra skaičiuojami uždirbti ir išleidžiami pinigai, šis kriterijus išliks pats reikšmingiausias;
- Tempiamasis stipris ir tamprumas, q2 ir q3 (6,5 % ir 8,5 %) – panašią reikšmę atskleidžiantys kriterijai. Kalbinti ekspertai supranta, jog šie kriterijai svarbūs, atsižvelgiant į pastato konstrukcinius judėjimus, nors jie nėra prioritetiniai, lyginant su kitais;
- Sujungimo siūlės atsparumas, q4 (9,0 %) – į šį kriterijų, reikėtų atkreipti dėmesį, tuomet, kai kalbama apie eksploatuojamą ar žalią stogą, kur hidroizoliacija bei visos jos siūlės bus paslėptos po viršutine danga ar žemėmis. Tuomet hidroizoliacijos siūlių nėra galimybės patikrinti, o augalų šaknys bando prasiskverbti būtent, per hidroizoliacinės dangos sujungimus;
- Lankstumas žemoje temperatūroje, q5 (9,25 %) – kadangi įsivaizduojama, jog stogas eksploatuojamas Lietuvoje, visuomet galvojama kokie dideli temperatūros skirtumai

čia susidaro. Vasara, kai temperatūra 25-30 °C, danga gali įkaisti net iki 100 laipsnių ir daugiau, o žiema oro temperatūra nukrenta iki -30 °C. Šie temperatūros pokyčiai tikrai daro įtaką viršutinei hidroizoliacinei dangai. Dėl šios priežasties, šis kriterijus yra svarbesnis už prieš tai įvardintus kriterijus, susijusius su dangos techninėmis savybėmis;

- Atsparumas pradūrimams, q6 (10,5 %) – ant stogo visada bus vaikštoma, to retai išvengiama. Respondentai įvardino ir paukščius, kurie atsinešdami maistą, snapu kapoja hidroizoliaciją. Šis kriterijus užima trečią vietą pagal svarbą, po kainos ir ilgaamžiškumo;

- Ilgaamžiškumas, q7 (18,25 %) – visų nuomonės sutampa. Išsirinkus hidroizoliaciją, norima, kad ji būtų tokia kokybiška, jog jos nebereikėtų daugiau keisti ar remontuoti. Tad šis kriterijus svarbiausias po kainos;

- Darbo sudėtingumas, q8 (6 %) – ekspertai šį kriterijų įvardija tik kaip įmonės, kuriai reikės įrengti hidroizoliaciją, atsakomybę. Tačiau sunku būna sužinoti, kokie montuotojai įrenginės hidroizoliaciją ir kiek ta įmonė bus veikli, kad galėtų įvykdyti savo garantinius įsipareigojimus. Tad kuo lengviau įrengiama danga ant plokščio stogo, tuo mažiau rūpesčių iškyla dėl blogai atliktų darbų, nes mažėja tikimybė padaryti klaidų;

- Išvaizda, q9 (7,5 %) – šio kriterijaus svarba stipriai svyravo. Vieniems apklausos dalyviams tai visiškai nereikšminga, kitiems bet koku atveju norisi, kad jų perkamas daiktas būtų gražus. Bet visi sutinka, kad labiausiai tai priklauso nuo to, kiek įrengta hidroizoliacija yra matoma. Jeigu stogas yra žemutinis (jis matomas pro namo viršutinių aukštų langus) ar stogo nuolydis gana didelis, tuomet pirmiausia ieškomos gražesnės ir estetiškiau atrodančios medžiagos.

5. Sudaroma duomenų matrica, kiekvieną elementą dauginant iš jo reikšmingumo pagal 1 formulę (žr. 2.5 lentelę).

$$x_{ij}^{\wedge} = \overline{x_{ij}} \cdot q_i; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

2.5 lentelė. Duomenų matrica, įvertinus kriterijų reikšmingumus.

	MAX/ MIN	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A0	q
x1	MIN	0,0051	0,0020	0,0103	0,0081	0,0098	0,0137	0,0125	0,0117	0,0084	0,0125	0,0116	0,0127	0,0091	0,0087	0,0096	0,0114	0,0073	0,0281	0,2450
x2	MAX	0,0016	0,0016	0,0026	0,0036	0,0050	0,0036	0,0050	0,0044	0,0044	0,0044	0,0042	0,0040	0,0048	0,0036	0,0048	0,0048	0,0020	0,0049	0,0650
x3	MAX	0,0011	0,0219	0,0029	0,0037	0,0219	0,0011	0,0018	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0014	0,0014	0,0009	0,0015	0,0014	0,0219	0,0175	0,0850
x4	MAX	0,0050	0,0050	0,0038	0,0038	0,0006	0,0044	0,0025	0,0028	0,0025	0,0038	0,0019	0,0025	0,0038	0,0038	0,0038	0,0025	0,0010	0,0095	0,0900
x5	MAX	0,0057	0,0113	0,0071	0,0085	0,0127	0,0085	0,0085	0,0071	0,0071	0,0071	0,0085	0,0085	0,0085	0,0085	0,0113	0,0085	0,0085	0,0082	0,0925
x6	MAX	0,0018	0,0018	0,0040	0,0060	0,0008	0,0030	0,0111	0,0081	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0065	0,0060	0,0081	0,0065	0,0081	0,0127	0,1050
x7	MAX	0,0034	0,0042	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0139	0,1825
x8	MAX	0,0031	0,0016	0,0063	0,0047	0,0094	0,0078	0,0078	0,0078	0,0078	0,0078	0,0078	0,0078	0,0109	0,0109	0,0109	0,0109	0,0125	0,0056	0,0600
x9	MAX	0,0011	0,0069	0,0023	0,0023	0,0034	0,0046	0,0046	0,0046	0,0057	0,0046	0,0057	0,0046	0,0046	0,0046	0,0046	0,0046	0,0034	0,0075	0,0750

6. Efektyvumo laipsnio (R0-17) ir naudingumo indekso nustatymas (N0-17) (žr. 2.6 lentelę). Pagal juos sužinoma, kiek kiekviena alternatyva yra nutolusi nuo optimalios alternatyvos. Efektyvumo ir naudingumo indeksai nustatomi pagal 2 ir 3 formules:

$$R_j = \sum_{i=1}^m \hat{x}_{ij}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n} \quad (2)$$

$$N_j^* = \frac{R_j}{R_0} \cdot 100\% \quad (3)$$

2.6 lentelė. Efektyvumo ir naudingumo indekso nustatymas

R1	0,0334	N1	30,98%
R2	0,0537	N2	49,79%
R3	0,0509	N3	47,17%
R4	0,0513	N4	47,55%
R5	0,0607	N5	56,30%
R6	0,0524	N6	48,59%
R7	0,0591	N7	54,76%
R8	0,0538	N8	49,90%
R9	0,0472	N9	43,72%
R10	0,0515	N10	47,79%
R11	0,0497	N11	46,06%
R12	0,0505	N12	46,80%
R13	0,0539	N13	49,95%
R14	0,0516	N14	47,84%
R15	0,0577	N15	53,47%
R16	0,0540	N16	50,05%
R17	0,0607	N17	56,29%
R0	0,1079	N0	100,00%

Taigi galima daryti išvadą, jog optimali alternatyva (100 %) > Penkta alternatyva (56,30 %) > Septyniolika alternatyva (56,29 %) > Septinta alternatyva (54,76 %) ir t.t., arba trumpai **N0>N5>N17>N7>N15>N16>N13>N8>N2>N6>N14>N10>N4>N3>N12>N11>N9>N1**. Pagal tai matyti, jog penktoji alternatyva FIRESTONE „RubberGard LSFR EPDM“ yra efektyviausia hidroizoliacinė medžiaga, įrenginėjant analizuojamą stogą pagal svarbiausius kriterijus (X1-X9) bei jų reikšmingumus (q) (pasiūlytus specialistų), renkantis plokščio stogo hidroizoliaciją.

Skyriuje buvo išskirti šie hidroizoliacinių dangų tipai: skystos, prilydomos bituminės, guminės sintetinės membranos, termoplastinės sintetinės - PVC ir TPO, bei guminės – bituminės. Visiems šiems tipams buvo parinkti didžiausieji hidroizoliacinių medžiagų gamintojai bei jų siūlomos populiariausios plokščių stogų dangos. Atlikta šių dangų analizė, nustatyta kaina, surašyti visi svarbiausieji techniniai parametrai.

Skyriuje aprašytos vėjo apkrovos bei jų skaičiavimas, kuris taikomas tinkamam hidroizoliacinių dangų pritvirtinimui prie pagrindo. Pagal tai sudaryta visų tipų hidroizoliacinių dangų, naudojamų plokščiam stogui, tvirtinimo schema, kuria galima vadovautis, pasirinkus konkretų stogą ir hidroizoliacinę dangą.

Analizuojant medžiagas, daugiakriteriu ARAS metodu, buvo išrinkta efektyviausia hidroizoliacija – „Firesotne RubberGard“ EPDM danga. Tačiau jos negalima laikyti vieninteliu pasirinkimu, nes dauguma alternatyvų, pagal efektyvumą, labai mažai skyrėsi viena nuo kitos ir svarbiausią pasirinkimą lemia, konkretus namo projektas ir jo plokščias stogas.

3. HIDROIZOLIACIJOS TESTAVIMO IR VANDENS PRABĖGIMO APTIKIMO TYRIMAS

Viena iš svarbiausių, bet kokio pastato konstrukcijos elementų yra stogas. Stogas yra tokia pastato dalis, kuri labiausiai veikiama oro sąlygų. Bet sutapdinti stogai yra ir mažiausiai matomi, taigi jiems, pastatų savininkai, bando skirti kuo įmanoma mažesnę investicijų dalį (Bertrand *et al.* 2003). Dėl mažo biudžeto, pasirenkamos prastesnės hidroizoliacinės medžiagos ir/ar pigiausi darbai, tad plokšti stogai, greitai tampa nebesandarūs. Jei hidroizoliacija yra viršutinė stogo danga, tuomet pažeidimai ar nekokybiškai įrengtos vietos, dažnai matomos plika akimi, tačiau jei ant stogo hidroizoliacijos, buvo atlikti betonavimo darbai, ar danga padengiama žemėmis, norint ją apželdinti (ekspluatuojami stogai), reikalinga gera testavimo įranga arba kiti variantai, kurie padėtų atrasti stogo nesandarumus.

Šiame skyriuje analizuojamos stogo tikrinimo galimybės bei tam skirta įranga. Visi įrankiai, stogo testavimui, lyginami su hidroizoliacinių dangų tipais, tam, kad būtų aišku, kurią įrangą galima būtų panaudoti, konkrečioms stogo dangoms. Aprašomi ir galimi ateities sprendimai hidroizoliacinės dangos gamybai, tai atsikuriančios hidroizoliacinės medžiagos.

3.1. Stogų hidroizoliacijos nesandarumų aptikimas

Dar ir šiais laikais plokščiais stogais statybos dalyviai nepasitiki todėl, jog bijo, kad nebus užtikrintas stogo sandarumas, nes daugelis senų, plokščių stogų praleidžia vandenį dėl blogai atliktų hidroizoliacijos darbų arba panaudotų nekokybiškų medžiagų. Naujai įrenginėjant stogus susiduriama su tomis pačiomis problemomis, pasirenkamos pigesnės medžiagos, taip pat renkamas ir pigi darbo jėga. Dažniausiai išskiriamos keturios klaidos, dėl kurių plokšti stogai būna nesandarūs (Hegazy *et al.* 2010):

- Hidroizoliacijos pagrindo ir siūlių nesandarumas;
- Vandens išbėgimo problemos – netinkamos ir nesandarios įlajos (vidinis išbėgimas), latakai (išorinis išbėgimas);
- Parapeto skardinimo problemos;
- Įrangos ant stogo aptaisymo hidroizoliacija, problemos.

Visos šios bėdos susijusios su hidroizoliacija ir tinkamu jos sumontavimu. Kad būtų užtikrintas hidroizoliacijos pagrindo ir siūlių sandarumas, būtina pasirinkti gerų parametrų medžiagas. Toliau, kad įlajos nekeltų problemų, reikia patikrinti hidroizoliacijos privedimo prie įlajos mazgo patikimumą. Parapeto skarda dažnu atveju greičiau praranda savo savybes, dėl atmosferos poveikio, negu kokybiška stogo hidroizoliacija, dėl šios priežasties geriausiai būtų naudoti ekologiškesnius ir kokybiškesnius aliuminio gaminius, arba po skarda

turi būti tinkamai sumontuota hidroizoliacija, kuri ir pradėjus vandeniui bėgti per skardą, neleis jam patekti į vidų. O įranga ant stogo, vienareikšmiškai, priklauso tik nuo tinkamos hidroizoliacijos parinkimo, nes kad ir kokį elementų tvirtinimą būtų parinkę projektuotojai, kartais šiems atramoms reikia naudoti papildomus hidroizoliacijos produktus, norint apsisaugoti nuo vandens prabėgimo.

Ieškant nesandarumo ant stogo, pirmiausiai reikėtų pradėti nuo būtent šių keturių, greičiausiai ant stogo išskylančių problemų, t.y. vizualinis stogo sistemos patikrinimas. Kai vizualiai nesandarios vietos pamatyti ant stogo nepavyksta, vykdomas vidaus patikrinimas, kuris yra naudingas, norint nustatyti bendrą plotą, kuriame yra prabėgimas. Vidaus apžiūra dažnai padeda nustatyti ar tai stogo dangos, ar kondensato, santechnikos problemos (Bertrand *et al.* 2003). Jei defektai nerandami yra galimybė atlikti stogo testavimą su įvairiais įrenginiais, leidžiančiais atrasti, vandens pratekėjimo į pastatą, vietas.

3.2. Dūmų testas

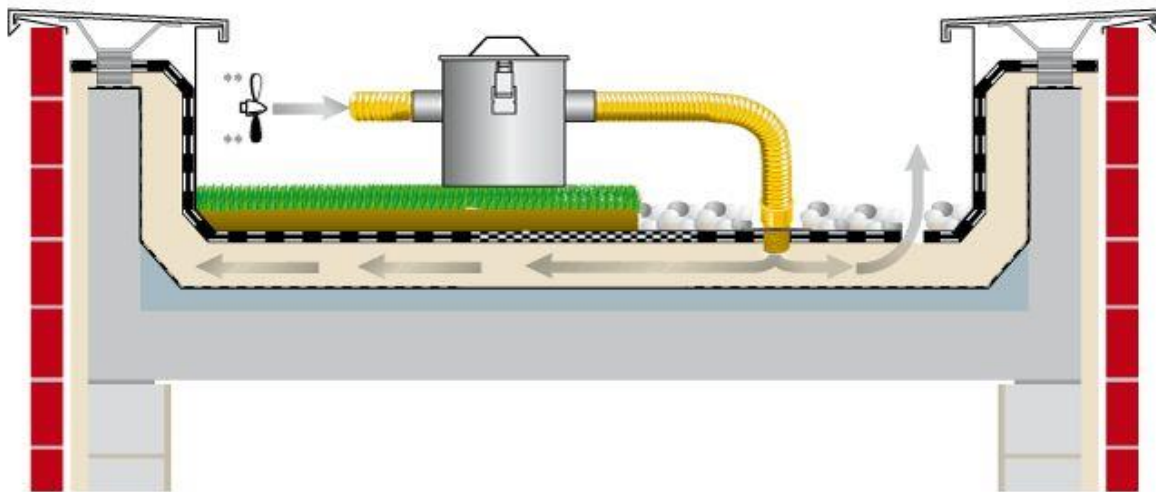
Dūmų testas – efektyvus ir nebrangus būdas patikrinti mechaniškai pritvirtintos stogo dangos sandarumą. Speciali įranga (žr. 3.1 pav.), kuri generuoja dūmus, pučia juos per hidroizoliacijoje išpjautą skylę (vėliau ta skylė užtaisoma – hidroizoliuojama). Tankūs, balti dūmai, dėl susidariusio slėgio, kyla per visas nesandarias vietas, parodydama konkrečiai laidžias vietas, kur hidroizoliacinė danga yra pažeista arba blogai įrengta.

Toks testavimo metodas taip pat puikiai tinka atvirkštinių stogų testavimui, hidroizoliacijos įrengimo metu. Prieš uždengiant hidroizoliacinę dangą, galima paprastai patikrinti jos sandarumą ir taip išvengti galimų didelių išlaidų stogo eksploatacijos metu, kadangi norint sutvarkyti nesandarumus, nuo stogo reikėtų nuiminti visas medžiagas uždėtas ant hidroizoliacijos. Šis metodas padeda ir stogdengių įmonei, norinčiai įsitikinti, jog darbus atliko kokybiškai ir perduoti stogą, eksploatuojamos dangos montuotojams.



3.1 pav. Dūmų aparatas, stogų testavimui (Plokščio stogo...2015)

Šis testavimo principas labai paprastas, kai tik pasimato balti dūmai, hidroizoliacijos praleidžianti vieta yra greitai atrandama. Su rūko ir išmetamųjų dujų (dūmų) simuliacijos testu, bandymas yra greitas ir tikslus (Plokščio stogo...2015). Šis dūmų testas yra populiariausias iš visų – ypač tinkantis plokšties (sutapdintiems) stogams, nes dūmai skverbiasi net pro mažiausią plyšelį ir yra gerai matomi. Tai yra patogus būdas atrasti plyšiams ne tik plokščių stogų dangose, bet ir vamzdynų sistemose (žr. 3.2 pav.).

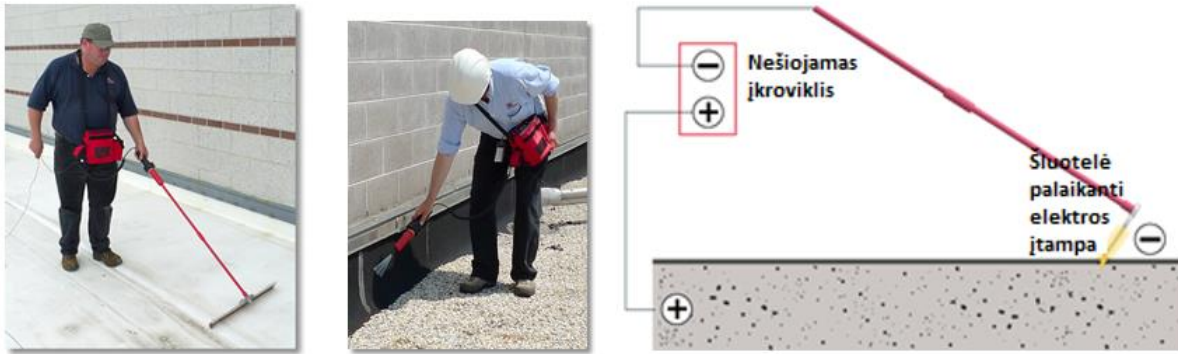


3.2 pav. Dūmų pūtimo po hidroizoliacija principas (Plokščio stogo...2015)

3.3. Sausas ir šlapias elektros impulsų testas

Sausas elektros impulsų testas yra tinkamas elektros srovei nelaidžios stogo hidroizoliacijos sandarinimui tikrinti. Testavimo įrangos principas paremtas tuo, jog stogo danga yra elektros izoliatorius, o pagrindas po ja yra laidus elektros srovei (Elektrinio nuotėkio....2015). Tokiu būdu detektorius yra įžeminamas į pastato konstrukciją, o testavimo „šluotelė“ prijungiama prie detektoriaus teigiamo poliaus. Taip sukurama atvira elektros grandinė. Braukiant „šluotelę“ per dangoje esantį pažeidimą, elektros srovė, reikalinga elektros grandinei užbaigti, susilpnėja dėl sumažėjusio stogo dangos dielektrinio atsparumo. Kitaip tariant, įvyksta trumpasis jungimas, kuris suaktyvina detektoriaus signalą.

Šiam testui nėra svarbus hidroizoliacinės dangos tvirtinimo būdas, t.y. danga gali būti tvirtai priklijuota prie paviršiaus. Taip pat testuojant nereikia pažeidinėti dangos ar atlikti kažkokių kitokių įsiskverbimų po hidroizoliacija.

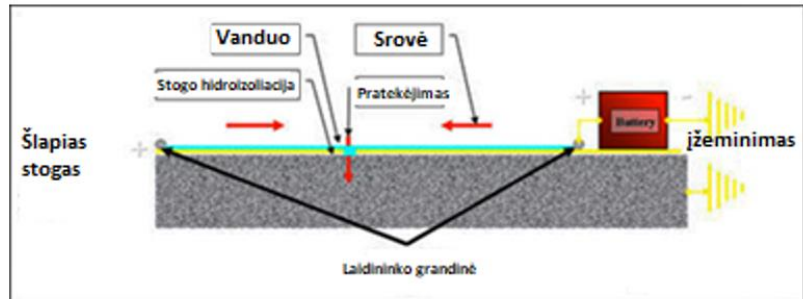


3.3 pav. Sausas elektros impulsais atliekamas, stogo testavimas (Aukštos įtampos...2015)

Kaip ir visi testavimo metodais, šis taip pat yra ribotas. Didžioji dalis tikrinimo ir stogo testavimo ataskaitos surašymo, priklauso nuo testą atlikusio žmogaus, tad ir įrangos patikimumas priklauso tik nuo testuotojo. Jei žmogus nesupranta įrangos veikimo principo ir testavimo procedūros, tai nepadės atrasti nesandarių hidroizoliacijos vietų. Kiti testavimo apribojimai:

- Paviršius turi būti sausas. Tikrinimą geriausia pradėti ne iš anksto ryto, nes paviršiai po nakties būna drėgni;
- Hidroizoliacija turi būti atvira, negalima jos patikrinti, užpylus, pavyzdžiui, žemėmis;
- Jei bandymui naudojama ypač aukšta įtampa yra galimybė netgi sudeginti ploną hidroizoliacijos dangą;
- Negalima išbandyti elektrai nelaidžių hidroizoliacinių medžiagų, tokių kaip EPDM ar folija dengtos, modifikuotos bitumo dangos.

Šlapias elektros impulsų testas, kaip ir sausasis, yra tinkamas elektros srovei nelaidžios, stogo hidroizoliacijos, sandarumui tikrinti. Testavimo įrangos principas paremtas vandens (lietaus ar tiekiamo per žarną), laidumo elektros srovei savybėmis. Įrangą sudaro du pagrindiniai elementai: generatorius ir detektorius. Kontūro kabelis išvyniojamas palei stogo perimetrą ir prijungiamas prie generatoriaus teigiamo poliaus. Jis sukuria elektrinį lauką ant hidroizoliacijos paviršiaus. Neigiamas polius prijungiamas prie žemės, pastato konstrukcijoje. Detektorius yra prijungtas su dviem rankiniais zondais, kurie liečiasi su hidroizoliacijos paviršiumi (žr. 3.4 pav.). Matuojant įtampos skirtumus tarp testavimo zonų, detektorius nukreipia meistrą link prabėgimo vietos. Arba kitaip, pratekantis vanduo per nelaidžią elektros srovei stogo hidroizoliaciją sukuria trumpąjį jungimą.



3.4 pav. Šlapias, elektros impulsais atliekamas, stogo testavimas (Stogo ir...2017)

Šiam testui nėra svarbūs plokščiam stogui panaudoti sluoksniai, nesandarumus galima atrasti ir po žemės sluoksniu (apželdintuose stoguose), svarbiausia kad paviršius būtų drėgnas. Su šlapiu testu, galima atrasti hidroizoliacijos pažeidimus, vietose, kur ant stogo nuolatos stovi ir nenubėga vanduo. Taip pat, kaip ir sausajam, testuojant nereikalinga pažeidinėti stogo paviršiaus ar hidroizoliacijos. Šiuo testu dažniausiai ieškoma nesandarumų apželdintuose stoguose, nes kiti testavimo variantai tam nėra tinkami.

Bandyamas taip pat yra ribotas. Esant palyginti naujai technologijai, reikėtų suprasti, kad pagrindė ne įranga, o kvalifikuotas specialistas, užtikrina gerą rezultatą. Kiti apribojimai (Stogo ir...2017):

- Ant laidžių membranų, kaip EPDM arba folija dengtos modifikuotos bituminės dangos, testavimo atlikti negalima;
- Jei pažeidimas bus labai nedidelis, palyginti su dideliu dirvožemio kiekiu ant hidroizoliacijos, detektorius rodys labai silpną signalą, kurį bus lengva praleisti;
- Jei garo izoliacija, kuri dažniausiai sumontuota ant laikančiosios konstrukcijos pagrindo, nėra mechaniškai subadyta smeigėmis (šiltinimui tvirtinti), pagrindas yra izoliuotas nuo elektros pralaidumo ir signalas nebus aptiktas;
- Kai kurie drenuojantys paviršiai, ypač žvyras, greitai praleidžia vandenį, neleidžiant jam kauptis paviršiuje. Bet kokie plotai, kurie nėra šlapi, negali sudaryti srovės ir jų nepavyks išbandyti;
- Vertikalius paviršius labai sunku išlaikyti šlapius, todėl juos taip pat sudėtinga testuoti.

Sausojo ir šlapiojo testavimo metodų privalumai:

- Randami ir suremontuojami net ir patys mažiausi pradūrimai ar nesandarumai;
- Suremontuotas vietas galima iš karto pratestuoti;
- Dauguma žalių stogų galima patikrinti, net ir tada, kai žemės jau būna išpiltos ant hidroizoliacijos (šlapiuoju metodu);
- Mažesnės išlaidos, greičiau, saugiau ir patikimiau, negu stogo užliejimo testas (užkemšamos įlajos, ant stogo pripilamas vanduo ir stebima ar vandens kiekis mažėja);
- Stogus su didesniais nuolydžiais ir jų hidroizoliacijos sandarumą, taip pat galima patikrinti (sausuoju metodu);
- Tiesioginis (neinterpretuojamas) stogo hidroizoliacijos pažeidimo aptikimas;
- Testavimą galima atlikti drėgnu oru (šlapiasis metodas).

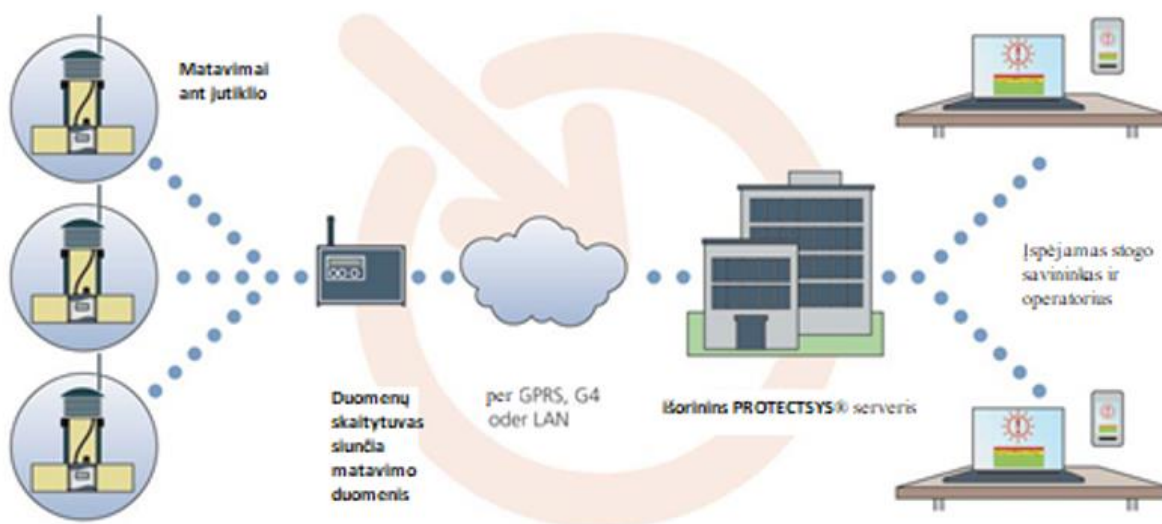
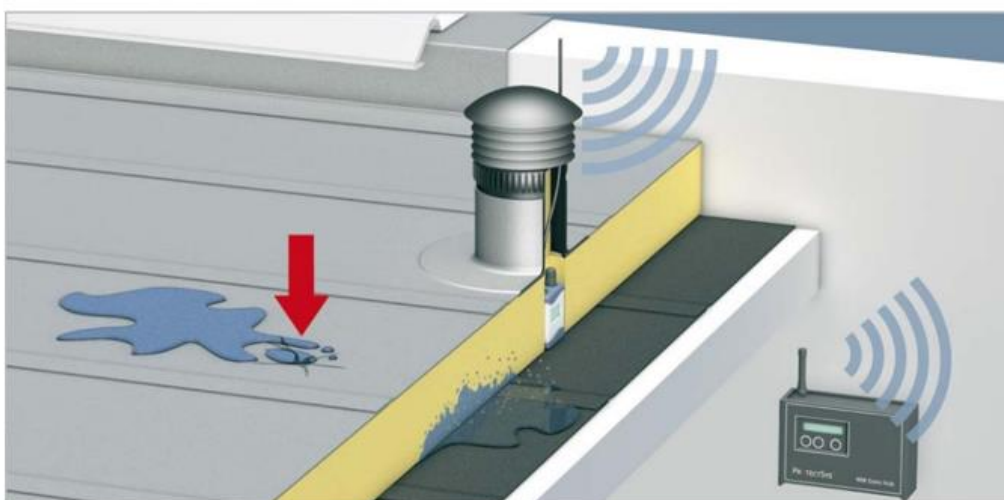
3.4. Vandens pratekėjimo į pastatą per stogą radimas taikant IoT

Esant pažeistai hidroizoliacijos dangai, į pastato vidų vanduo patenka ne iš karto. Pirmiausia įmirksta didelis kiekis apšiltinimo medžiagų, kas padaro jas nebe tinkamas naudoti, nes sugadina jų šiluminės savybes, bet blogiausia, kad viskam įmirkus, po truputėli pažeidžiama vidinė apdaila, arba net ir konstrukcija. Kuo ilgiau tęsiasi ši problema, tuo daugiau išlaidų ir laiko ji pareikalauja, kad ją būtų galima tinkamai sutvarkyti.

Hidroizoliacinės dangos pralaidumą reikalinga aptikti iš karto, tik jam atsiradus, o tai galima padaryti su belaidžio ryšio stebėjimo įranga – WIRELESS MONOTRING WITH PROTECTSYS® WM (žr. 3.5 pav.). Ši sistema leidžia bet kada stebėti stogo dangų sistemos faktinę būklę ir greitai reaguoti, jei kiltų problemų. Detektorius ir jo jutikliai nuolatos matuoja temperatūrą ir santykinę drėgmę termoizoliacinio sluoksnio viduje ir išorėje bei perduoda duomenis radijo ryšiu į centrinį įrenginį. Įrenginys siunčia suriktus duomenis į „ProtectSys“ debesį, kuriame informacija vertinama ir pagal ją pateikiama išvada apie stogo būklę (Belaidis ryšis....2016). „ProtectSys“ informuoja statytoją ar savininką, jei yra problema ir leidžia greit reaguoti, pagal iš anksto nustatytą avarinį planą. Atsakingi asmenys informuojami, siunčiant duomenis tiek į kompiuterį, tiek ir į išmanųjį telefoną. „ProtectSys“ privalumai:

- 24 valandų stebėjimas – sistema veikia visą parą;
- Sistema visuomet informuoja SMS žinute arba el. paštu, ir dėl mažiausių vandens prabėgimų;
- Sistema yra paprastai įrengiama bei gali būti montuojama ir ant seniau įrengtų stogų;
- Sistema labai lengvai palaikoma ir reguliariai prižiūrima „ProtectSys“ įmonės;

- Sutaupomi ne tik stogo remonto kaštai, bet ir laikas.



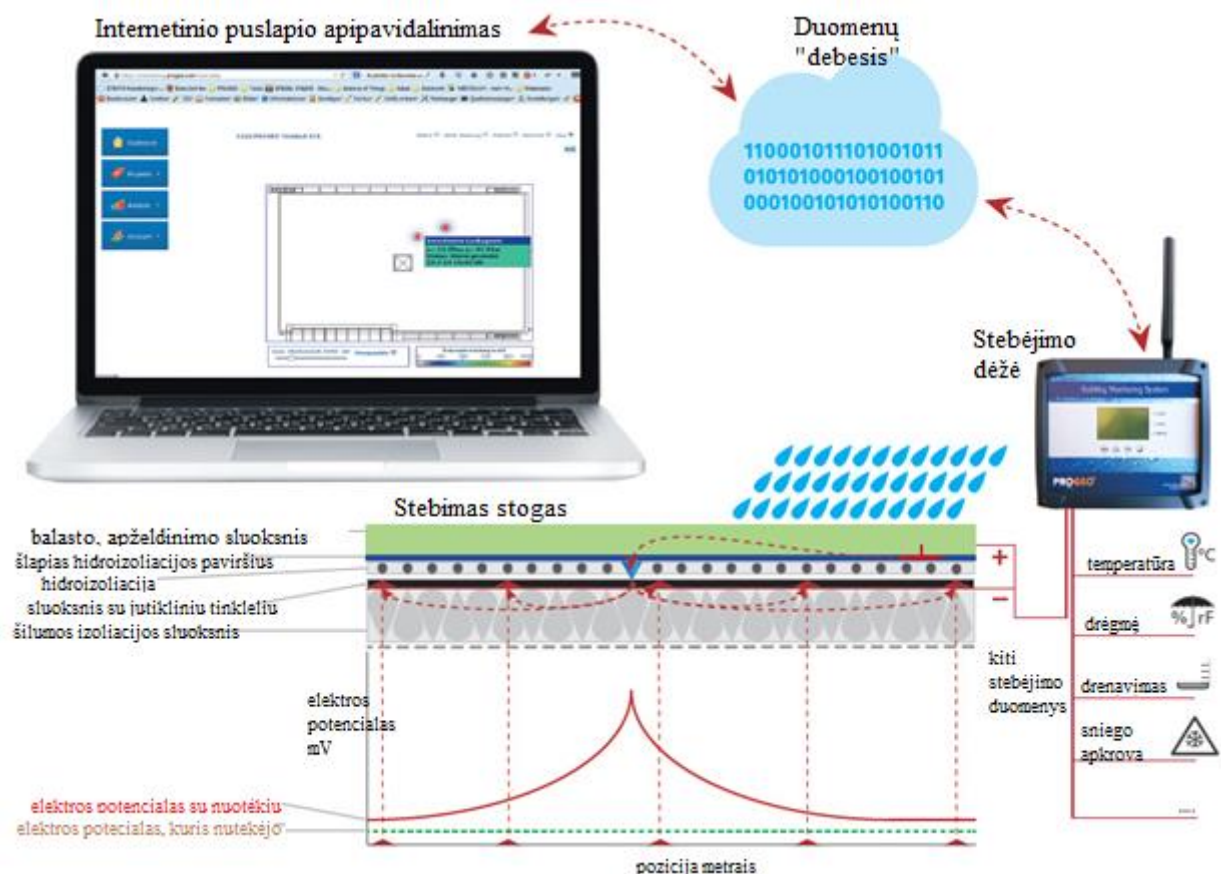
3.5 pav. Belaidžio ryšio sistema stogo nesandarumui aptikti (Plokščio stogo...2014)

Kita stogo sandarumo tikrinimo sistema, paremta „Daiktų internetu“, yra „PROGEO Smartex®“, kuri gali sumažinti stogo eksploataavimo išlaidas, vertinant ilgesnį laiko tarpą, net 70 % „Smartex®“ yra žemos įtampos bandymo metodas (panašus principas, kaip ir šlapiojo testavimo metodo), kuris sukuria elektros potencialų skirtumą tarp hidroizoliacijos paviršiaus ir pagrindo, kuris yra įžemintas. Taigi po hidroizoliacija, kuri yra nelaidi elektros srovei, reikalinga įrengti laidžią medžiagą su jutikliais ir visą tai prijungti prie „Smartex®“ stebėjimo dėžutės. Tai leidžia išmatuoti ir įvertinti įtampos skirtumus ir atrasti vandens srautą per pažeidimą. 2015 metais įrenginys buvo sukurtas Toronte, Kanadoje, vėliau „Smartex®“ (žr. 3.6 pav.) sistema pristatyta Šiaurės Amerikos stogų ir hidroizoliacijos medžiagų prekybininkams, o po kurio laiko pradėta naudoti ir praktiškai (Tarptautinis sandarumo...2015).



3.6 pav. „PROGEO Smartex®“ įrenginys (Protingas kelias...2016)

Taigi elektrinis laukas yra sukurtas dėl vandens, kuris yra ir laidžioji terpė, esančio ant hidroizoliacijos paviršiaus. Įrenginys „Smartex®“ leidžia stebėti žemos įtampos, pulsuojantį elektros krūvį, tarp laidžios hidroizoliacijos ir laidžios konstrukcijos paviršiaus. Vandeniui nelaidi membrana išskirs potencialų skirtumą, o pažeidimai membranoje gali sukelti elektros jungtį ir visą tai aptiks danga esanti po hidroizoliacija. Kai įvyksta pažeidimas, nedelsiant gaunama ataskaita kompiuteryje, planšetėje ar išmaniajame telefone, su tikslia vieta, kur reikia remontuoti stogą (žr. 3.7 pav.). Aparatas patikrina ne tik stogo hidroizoliacijos kokybę, bet visuomet matuoja ir lauko temperatūrą, drėgmę bei kitus aplinkos rodiklius. Tačiau ši sistema montuojama tik naujai įrenginėjant stogą, o užsakovą įtikinti, kad jam reikia investuoti dar daugiau pinigų, dėl būsimų pažeidimų yra labai sudėtinga, nes jis tikisi, kad už tai bus atsakingi stogą įrenginėjantys rangovai, kurie už atliktą darbą prisiims garantijas. Juk užsakovas pirks naują hidroizoliaciją, net negalvoja, kad ji galėtų būti nesandari.



3.7 pav. „PROGEO Smartex®“ veikimo principas (Protingas kelias...2016)

3.6. Plokščio stogo apžiūra, matavimai, tikrinimas ir darbų organizavimas

Norint apskaičiuoti sąmatą, patikrinti esamo stogo būklę ir organizuoti darbus, vien tik projektinės medžiagos nepakanka. Tam reikalinga užlipti ant stogo, dažniausiai jį išsimatuoti, apžiūrėti esamą statybvietės ar objekto situaciją. Kad apžiūra būtų saugi, tokiems darbams užsienyje, vis dažniau pasitelkiamas bepilotis orlaivis, valdomas automatiškai arba nuotoliniu būdu. Vykdam tokius darbus galima išskirti šiuos privalumus (Stogo skaičiavimai...2017):

- Aukštos raiškos vaizdas iš bet kokios aukščio ir kampo (žr. 3.8 pav.);
- Pilnas pastato – fasado/ stogo patikrinimas;
- Susieta pažangi statybų technologija, taikant programinę įrangą;
- Atliekami realaus laiko matavimai, plotai ir tūriai;
- Didelės raiškos vaizdai keičia kranų, kopėčių, pastolių ir laipiojimo poreikį (žr. 3.9 pav.);
- Mažesnės išlaidos ir sutaupomas laikas, tikrinant didelius stogų plotus;
- Nereikalingos didelės saugumo priemonės, tikrinant stogus. Svarbiausia, kad bepilotį droną valdytų, mokantis tai daryti žmogus, tad tai palyginti labai saugi priemonė.



3.8 pav. Plokščio stogo tikrinimas bepiločiu orlaiviu (Stogo skaičiavimai...2017)

Kiti privalumai stogą apžiūrint ir tikrinant bepiločiu orlaiviu – „dronu“ (Penkios priežastys...2017):

- **Namo pardavimui.** Namų pirkėjai visuomet bando prašyti nuolaidos pirkdami namą, kadangi gana sunku prikrinti, kai kurias namo dalis, pavyzdžiui – stogą. O jei ir tikrinama, tai gali užimti daugybę laiko. Viską greit ir saugiai galima išspręsti naudojant bepilotį orlaivį, nufilmavus visas namo, plika akimi nematomas, vietas;
- **Namų pirkimas.** Perkant namą, galima stipriai apsiriki dėl nenumatytų išlaidų. Būtina atkreipti dėmesį į perkamo namo plokščio stogo būklę. Bet koks plokščio stogo broko radimas gali sumažinti bendrą namo kainą. Jei stogo tikrintojas, mato stoge esančias problemas, jas reikia paminėti pardavėjui;
- **Turto nuoma.** Būna situacijų, kad išnuomojant turtą ir pasirašius ilgalaikės nuomos sutartį, pravartu peržvelgti stogo būklę. Tai ypač aktualu tais atvejais, kai už visus daiktus ir techniką yra atsakingi nuomininkai ar nuomotojai;
- **Derybos.** Visuose sandėriuose dėl būsto, vyksta derybos. Turto pardavimas ir pirkimas ar draudiminiais tikslais. Norint būti užtikrinam, reikalinga pilna pastato apžiūra;
- **Termovizija.** Prie bepiločio orlaivio sumontavus termovizorių (įrenginį, gebantis vizualizuoti infraraudonosios spinduliuotės intensyvumo pasiskirstymą, paviršiuje) galima patikrinti ne tik kaip kokybiškai sumontuotos šiltinimo medžiagos, bet kai kuriais atvejais ir hidroizoliacijos sandarumą.



3.9 pav. Hidroizoliacijos patikra, naudojant bepilotį orlaivį (autorius nuotrauka)

Prieš pradėdant plokščio stogo hidroizoliacijos tikrinimą ar apžiūrą, pirmiausia reikia žinoti, koks yra naudotos hidroizoliacijos tipas ir jos tvirtinimo sistema. Testavimą lemia oro sąlygos bei paties stogo apibūdinimas: naujai įrengtas, senas, neeksploatuojamas ar eksploatuojamas. Visos galimybės surašytos 3.1 lentelėje, o plusais sužymėti tie variantai, kurie yra tinkami atlikti kokybiškai stogo apžiūrai. Geriausia sistema, surenkanti daugiausiai plusų, yra sluoksnių drėgmės matavimas taikant IoT, su kuria negalima aptikti hidroizoliacijos nesandarumų tik vertikaliuose paviršiuose. O geriausios stogo dangos, pagal testavimo metodus, yra PVC ir TPO hidroizoliacijos bei guminės-bituminės dangos, kurias galima tikrinti visais, išvardintais metodais, žinoma, priklausomai nuo kitų faktorių (tvirtinimo, stogo tipo). 3.1 lentelėje surašytos ir testavimo kainos. Dūmų aparatą ir sauso bei šlapio elektros impulsų įrenginius, užsakovai dažniausiai nuomoja ir perka paslaugas iš testavimą atliekančių įmonių, tad kaina nurodyta vienos valandos, per kurią galima patikrinti apie 300m² plokščio stogo. IoT paremti įrenginiai perkami konkrečiam stogui, o kainą sudaro tikrinimo įranga ir nuolatinis jų stebėjimas. Nors jeigu vertinti kainą, kai greit surandamas vandens prabėgimas, per visą stogo eksploatacijos laikotarpį, ji būtų žymiai patrauklesnė, nes galima būtų skaičiuoti ne išleistus pinigus, o atsipirkimą. Į 3.1 lentelę įtraukta ir bepiločio orlaivio nuomos bei jo valdymo kaina. Nors tokia apžiūra neduoda konkrečių išvadų apie stogo būklę, tačiau labai svarbu jog juo naudotis yra žymiai saugiau už lipimą ant stogo, kuris po statybos pabaigos nebebūna apsaugotas aptvėrimais ir kitomis saugumo priemonėmis.

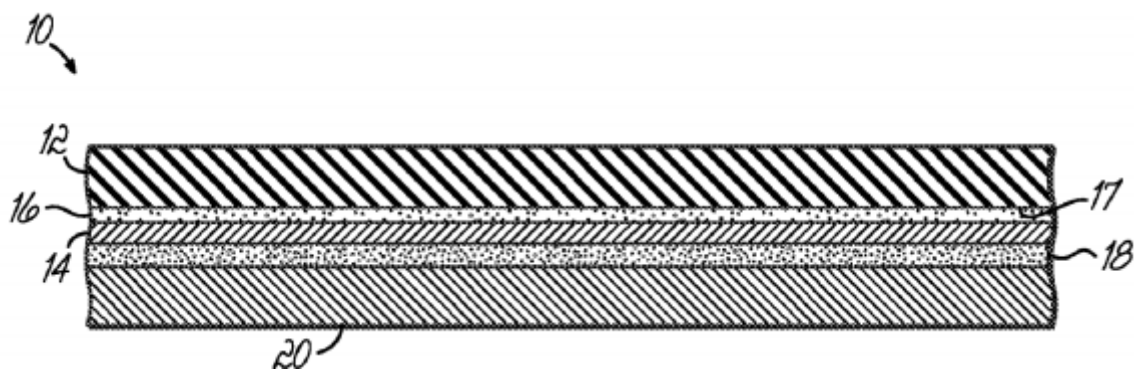
3.1 lentelė. Plokščio stogo testavimo ir apžiūros galimybės ir kaina (sudaryta autoriaus)

Stogo testavimo ir apžiūros tipai			Dūmų testas	Sausas elektros impulsų testas	Šlapias elektros impulsų testas	Stogo sluoksnių drėgmės matavimas taikant IoT	Belaidžio ryšio sistema, perduodanti elektros impulsus taikant IoT	Bepilotis orlaivis ir programinė įranga
Hidroizoliacijos tipas	SKYSTOS		-	+	+	+	+	+
	PRILYDOMA DANGA		-	+	+	+	+	+
	GUMINĖS SINTETINĖS		+	-	-	+	-	+
	VIENSLUOKS- NĖS SINTETINĖS	PVC	+	+	+	+	+	+
		TPO	+	+	+	+	+	+
GUMINĖS - BITUMINĖS			+	+	+	+	+	+
Hidroizoliacijos tvirtinimo sistema	Prilydomos karštu oru		-	+	+	+	+	+
	Tvirtinamos mechaniškai		+	+	+	+	+	+
	Klijuojamos		-	+	+	+	+	+
	Balastuojamos		+	-	+	+	+	+
Kiti faktoriai, į kuriuos reikia atsižvelgti, prieš testuojant stogą	Stogo tipas ir jo dalys	Naujas stogas	+	+	+	+	+	+
		Senas stogas	+	+	+	+	-	+
		Neeksploatuojamas	+	+	+	+	+	+
		Eksploatuojamas	-	-	+	+	+	+
		Vertikalūs paviršiai	+	+	-	-	-	-
	Oro sąlygos		Nesaulėta, dėl geresnio dūmų matomumo	Sausa, jokios dėgmės ir lietaus	Turi būti šlapias paviršius	Nesvarbios	Nesvarbios	Saulėta, kai nėra sniego
Kaina		Įrangos nuoma	180€/h + Trasnportas	180€/h + Trasnportas	180€/h + Trasnportas	~7€/m²	10-25% bendro, viso plokščio stogo sluoksnių kainos	~100 €
		Darbų				350€/metam		~100 €
PASTABOS			Per 1 valandą patikrinama apie 300m² stogo	Per 1 valanda patikrinama apie 300m² stogo	Per 1 valanda patikrinama apie 300m² stogo	Nuolatinis stebėjimas	Nuolatinis stebėjimas	Saugu, nereikalingos kopėčios/pastoliai

3.7. Atsikuriančios hidroizoliacinės medžiagos

Vandens prabėgimas į pastatą yra labai nemalonus ir vėliau brangiai kainuojantis stogo defektas. Kad taip neatsitiktų, yra kuriamos vis geresnės ir kokybiškesnės hidroizoliacinės dangos, imamasi visų įmanomų saugumo priemonių, taip pat sukurta daug stogo testavimo įrengimų ir sistemų. Tačiau viso to galima būtų atsisakyti jeigu ant stogo pavyktų panaudoti ir įrengti atsikuriančias hidroizoliacines medžiagas, t.y. tokias dangas, kurias pradūrus, jos susitrauktų ir neleistų vandeniui toliau pro jas bėgti.

Pirmiausia šią idėją patentavo T. T. Trial 2009 metais, aprašydamas EPDM hidroizoliacinę membraną, kuri turi papildomą sluoksnį, panašų į gelį, absorbuojantį į ją patekusį vandenį. Atsikuriančios stogo hidroizoliacija (10) turi viršutinį, vandeniui netirpų, polimerinį plėvelės sluoksnį (12) ir apatinį sluoksnį, polimeras, kuris gerai absorbuoja vandenį (14). Apatinis sluoksnis (14) yra priklijuotas prie viršutinio sluoksnio (12) su klijais (16). Hidroizoliacija (12) gali būti bet kokia polimerinė membrana, naudojama plokščio stogo hidroizoliacijai, pavyzdžiui EPDM guma, PVC ar TPO. Tokios dangos dažnai, tiesiog, klijuojamos prie paviršiaus, dėl to joms nereikalingas papildomas pradūrimas tvirtinimui. Membrana (12) turi būti švairiu paviršiumi (17), prie kurio tinkamai priliptų klijai (16). Ši medžiaga prie pagrindo gali prispausti balastu (akmenukais, žemėmis, betonu) arba priklijuota klijais (18) (žr. 3.10 pav.).



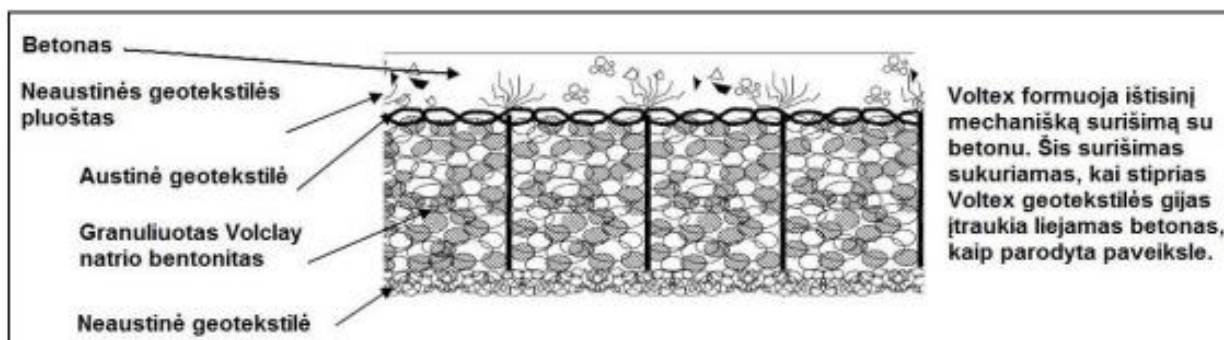
3.10 pav. Atsikurianti hidroizoliacinė danga (Trial et al. 2009)

Kita, jau seniai praktikoje, naudojama medžiaga, kuri absorbuodama vandenį, tuo pačiu išsiplečia ir neleidžia jam toliau judėti yra bentonitas. Natrio bentonitas yra netoksinis vulkaninės kilmės mineralas, randamas tik JAV, Juodųjų Kalnynų regione. Jis yra apdorojamas taip, kad visi hidroizoliaciniai komponentai pasiektų didžiausias galimas technines charakteristikas (Volclay Bentonito...2015). Natrio bentonitas užkerta kelią vandens pratekėjimui, formuodamas tvirtą vientisą membraną virš sąlyčio su vandeniu. Taigi ši organinė medžiaga naudojama kuriant gaminį – „Voltex”. Kad būtų lengviau suprasti

bentonito atsikūrimo savybes yra sukurtas reportažas, kuriame palyginama medžiaga su bentonitiniu moliu ir paprasta plėvelė, bei jų reakciją į pradūrimą (Bentonitas „Bentizol“...2017).

„Voltex” yra didelio efektyvumo hidroizoliacinis kompozitas, susidedantis iš dviejų polipropileninės geotekstilės sluoksnių ir natrio bentonito tarp jų. Abu geotekstilės sluoksniai sujungiami specialios technologijos (smūginio susiuvimo) metodu. Tokiu būdu yra hermetizuojamas tarp jų esančio natrio bentonitinio molio granulės (žr. 3.11 pav.). „Voltex” bentonitinio molio paklotas naudojamas tiek ant horizontalių, tiek ant vertikalinių paviršių. Įrengimas yra gana greitas ir paprastas, tereikia gaminių padėti reikiamoje vietoje ir pritvirtinti. „Voltex” galima įrengti ant šviežio betono bet koku oru, nenaudojant grunto ar rišiklio, jis lengvai pjaustosi statybvietėje, norint suformuoti apvalius kampus ar išlindusių vamzdynus. Taip gaunama pastovi ir savaime užsitaaisanti membrana (Pasaulyje pirmaujančios...2015).

Ši medžiaga tikrai gali absorbuoti vandenį ir esant pradūrimui neleisti jam toliau bėgti į vidų. Tačiau ji labiau pritaikoma apatinėse pastato konstrukcijose, pamatams, požeminių garažų, rūšio hidroizoliacijai, vandens rezervuarams ar atvirkštinuose eksploatuojamuose stoguose. Medžiaga neturi specialių sujungimų, ir siūlės tarpusavyje tvirtinamos tiesiog mechaniškai. Įvairios detalės (kolonos, vamzdžiai), tiesiog, apkerpami ir aptepami mastikomis. Taigi toks stogas su šia viršutine danga, visu pirma atrodytų neestetiškai, o antra- ši medžiaga tiesiog neturi bendros sistemos, kurioje visi mazgai, esantys ant plokščio stogo,

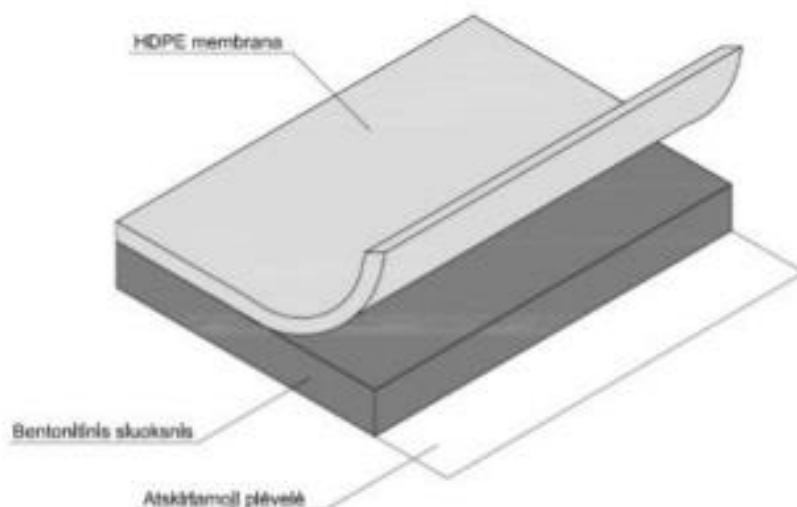


3.11 pav. „Voltex” medžiagos pjūvis (Volclay Bentonito... 2015)

būtų vienodai sandarūs.

Kad medžiagų su bentonitu panaudojimo galimybės būtų platesnės, jas reikėtų jungti su hidroizoliacine medžiaga (panašus principas į prieš tai įvardintą T. Trial patentą), o būtent tokį produktą palyginti neseniai (2015 metais) pradėjo gaminti „Cetco“ grupė, sukūrusi – „Swelltite“. „Swelltite” – kompozitinis hidroizoliacinis gaminytis sudarytas iš tankaus

sluoksnio natrio bentonito ant kurio iš viršaus vientisai priklijuotas tvirtas geomembranos sluoksnis, o iš apačios – skaidri apsauginė plėvelė (žr. 3.12 pav.).



3.12 pav. „Cetco“ grupės gaminamas „Swelltite“ gaminys („Swelltite“ kompozitinė... 2015)

Tačiau, kaip ir prieš tai aprašyta „Voltex“ sistema, ji neturi bendrų mazgų hidroizoliacijai prie vamzdžių ar kitų detalių, dėl to prie jų tepami kiti vandeniui nelaidūs gaminiai. Prisimenant šiame skyriuje įvardintas, dažniausiai ant plokščio stogo atsirandančias sandarumo problemas, būtent tokias vietas ir reikia išspręsti su hidroizoliacinėmis medžiagomis. Tad aprašytas atsikuriančias hidroizoliacines medžiagas, vis dar galima laikyti ateitimi, nes jų panaudojimas praktiškai, dar ne pilnai įgyvendinamas naudojant jas kaip plokščių stogų hidroizoliaciją.

Apibendrinant skyrį, buvo įvardintos keturios priežastys, dėl kurių plokšti stogai dažnai būna nesandarūs. Jeigu defektų nepavyksta atrasti vizualiai ant stogo ar pastato viduje, aprašytos įvairios stogo tikrinimo galimybės:

1. Testavimo įranga – dūmų testai, šlapias ir sausas elektros impulsų metodas. Tačiau kad ir kokia unikali bei logiškai sukurta yra ši įranga, ji priklauso nuo specialisto, kuris ją valdo. Tik patyręs technikas gali mokėti tinkamai naudotis turimais įrankiais ir rasti ne dauguma, bet visus ant stogo esančius hidroizoliacijos pažeidimus;

2. IoT paremta įranga. Jau yra stogų ant kurių įrengtos bevielės ar po hidroizoliacine danga montuojamos specialios medžiagos su jutikliais, prijungtos prie IoT įrenginių. Jos leidžia ne tik iš kart sužinoti, kad stogo hidroizoliacija yra nesandari, bet ir nurodančios, kur konkrečiai yra pažeidimas.

Stogo defektų būtų mažiau, jei hidroizolijai skirtos stogo medžiagos taptų ne tik sandarios ilgą laiką, tačiau atsiradus pradūrimui ir toliau nepraleistų vandens, jį absorbuodamos ir tuo pačiu vėl susitraukdamos - atsikuriančios. Tokiu principu gaminamos „Voltex“ ir „Swelltite“ hidroizolijos, nepaisant to, jos nėra pakankamai patikimos, plokštiesiems stogams.

4. REKOMENDACIJOS IR VARIANTINIS PROJEKTAVIMAS, TINKAMAI PLOKŠČIO STOGO HIDROIZOLIACIJAI PARINKI BEI ĮRENGTI

Pirmame skyriuje išsiaiškinta, kad plokščią stogą sudaro daugybe sluoksnių, nuo kurių kiekvieno atskirai priklauso hidroizoliacinės dangos ilgaamžiškumas bei patikimumas. Pasirinkti racionalias stogo sluoksnių medžiagas yra labai svarbu, tačiau tai yra sudėtinga užduotis, kai gaminių pasirinkimas yra toks didelis, o taip pat reikalinga nustatyti, kokioje tiksliai vietoje turėtų būti kiekvienas iš šių sluoksnių, plokščio stogo sudėtyje (Rahman *et al.* 2012). Stogo sluoksniai projektuojami konstruktorių, kurie pasirenka tradicines sistemas pagal projektuojamo pastato konstrukcijas ir architekto duotus kriterijus stogo tipui bei galutinei stogo dangai. Tinkama hidroizoliacijos vieta (stogo sistemoje) tampa neaiški, jeigu keičiamas jos tipas arba užsakovas priima kitokius stogo sluoksnių sprendimus. Taip pat, šiuo metu Lietuvoje, sparčiai vykdoma stogų modernizacija. Atnaujinant stogus gali būti išskirti dar kitokie sprendimai stogo sluoksniams. Tai akivaizdžiai rodo tyrimų trūkumą optimalioms stogo sluoksnių medžiagoms pasirinkti, kai analizuojant ir sintezuojant daugybę projektavimo ir klientų poreikių, pasirinkimas turėtų būti ekonomiškąs, kokybiškąs ir tvarus (Rahman *et al.* 2012). Siekiant užpildyti šią spragą, šiame darbe, sukuriamą rekomendacinę sistemą, kuri būtų pajėgi atskleisti visas pagrindines plokščio stogo projektavimo galimybes ir tuo pačiu parinkti geriausiai tam projektui tinkančias medžiagas, o svarbiausia – racionalią hidroizoliacinę dangą. Statybos procesas nepasibaigia projektavimo stadijoje, išrinkus hidroizoliacijos tipą sudaroma sąmata ir pradedami statybos darbai, o tam reikalinga žinoti numatytos hidroizoliacijos tvirtinimo variantus, būtinų papildomų medžiagų sąrašą bei hidroizoliacijos įrengimo principą. Visa tai įtraukiama į rekomendacinę sistemą.

Kadangi sudarant plokščio stogo struktūrą reikalingas didelis informacijos kiekis, svarbu tinkamai pateikti ir valdyti visus duomenis. Architektai, projektuotojai, sąmatininkai, rangovai ir pastatų savininkai turėtų naudotis vieningą duomenų baze, kurios sistemą sudaro plokščio stogo sluoksnių variantinis projektavimas ir rekomendacijos. Taigi visi statybos dalyviai gali būti potencialūs šios rekomendacinės sistemos naudotojai. Sistema sudaryta iš etapų, kurie apima:

1. Nustatomos visos pagrindinės plokščio stogo klasifikacijos;
2. Suformuojami klasifikacijų junginiai;
3. Pasirinktą junginiui nustatomi racionalūs stogo sluoksniai. Suvedami nukreipimai į sluoksnio aprašymą statybos techniniame reglamente bei pateikiamos rekomendacijos;

4. Kiekvienam sluoksniui surašomos rekomenduojamos medžiagos;
5. Renkantis hidroizoliacinę dangą, pereinama į hidroizoliacinių medžiagų langelį, kuriame pateikiama:
 - a) hidroizoliacinių medžiagų tipai;
 - b) konkretūs gamintojai bei jų gaminamos hidroizoliacinės dangos;
 - c) lentelė, kurioje pateikta konkrečių medžiagų žinomi parametrais: kaina, storis, spalva, ritinių dydžiai ir svoriai;
 - d) lentelė, kurioje pateikta kiekvienos medžiagos techninėmis specifikacijomis.
6. Pasirenkamas tinkamiausias hidroizoliacijos tipas. Čia aprašomi konkretaus tipo medžiagų privalumai bei trūkumai, jų tvirtinimo sistemos bei pagal tai sugrupuojami gaminiai.
7. Pasirinktos hidroizoliacinės medžiagos tipo aprašymas taip pat susideda iš:
 - a) projektavimo skiltis, kurioje išdėstomi visi galimi hidroizoliacijos tvirtinimo būdai pagal projektuojamą ar esamą izoliacijos sluoksnį;
 - b) sąmatos sudarymo skilties, kurioje išskiriamos stogo dangos sistemai naudojamos medžiagos;
 - c) montavimo instrukcijos bei rekomendacijos, kai kuriems stogo mazgams.

4.1. Metodika taikoma rekomendacinei sistemai, renkantis racionalią plokščių stogų hidroizoliaciją

Projektuojant pastatą sprendžiama, iš ko galėtų būti sudarytas stogas. Kad nebūtų padaryta klaidų ir stogo projektavimas neužtruktų ilgai, galima pradėti naudotis rekomendacine sistema, kurioje atliekamas plokščių stogų variantinis projektavimas. Bet norint jį tinkamai atlikti, pirmiausia reikia nustatyti pagal ką klasifikuojami stogai. Tad architektas / projektuotojas apie pastatą turėtų žinoti keturis požymius:

- tai yra nauja statyba ar seno pastato modernizacija;
 - ar pastato stogą reikalinga apšiltinti, ar šiltinimas jam nereikalingas;
 - kokia projektuojamo pastato laikančioji konstrukcija: gelžbetoninė; metalinė ar medinė;
 - koks bus šio stogo tipas, t.y. eksploatuojamas ar neeksploatuojamas stogas.
- Ekspluatuojamais stogais laikomi ir apželdinti stogai, nes abiem variantams bus taikoma atvirkštinė stogo struktūra (kai šiltinimo medžiaga montuojama ant hidroizoliacijos). Kiti atvejai nenagrinėjami, nes nėra racionalūs. Eksploatuojamo stogo tipas priskiriamas tik gelžbetoninei konstrukcijai (metalinėms ir medinėms konstrukcijoms taikoma labai retai, tad neanalizuojama).

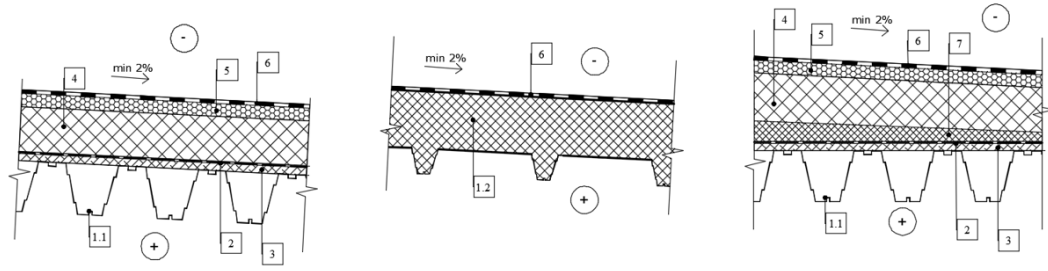
Žinant pagal kokius požymius klasifikuojami stogai ir suformuojant juos į junginius, gaunami šešiolika skirtingų variantų, pagal kuriuos formuojama stogo sandara (žr. 4.1 pav.).

STOGO ĮRENGIMO ETAPAS	NAUJAS - NAUJA STATYBA								SENAS - MODERNIZACIJA							
TERMOIZOLIACIJOS POREIKIS STOGUI	APŠILTINAMAS				NEAPŠILTINIMAS				APŠILTINAMAS				NEAPŠILTINIMAS			
STOGO LAIKANČIOJI KONSTRUKCIJA	GELŽBETONIS	METALALAS	MEDIS	GELŽBETONIS	METALALAS	MEDIS	GELŽBETONIS	METALALAS	MEDIS	GELŽBETONIS	METALALAS	MEDIS	GELŽBETONIS	METALALAS	MEDIS	GELŽBETONIS
STOGO TIPAS	NEEKSP.	EKSPL.	NEEKSP.	NEEKSP.	NEEKSP.	EKSPL.	NEEKSP.	EKSPL.	NEEKSP.	NEEKSP.	EKSPL.	NEEKSP.	NEEKSP.	EKSPL.	NEEKSP.	EKSPL.
PASIRINKIMO NUMERIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

4.1 pav. Plokščio stogo struktūros variantinis projektavimas (sudaryta autoriaus)

Sistema sudaroma Microsoft Excel programine įranga

Jei norima sužinoti iš ko sudarytas naujai projektuojamas stogas, kurį reikia apšiltinti ir jo laikančioji konstrukcija yra metalinė, spaudžiame <3> kairiu pelės mygtuku, programa perkelia į kitą puslapį (4.1 pav.). Viršuje yra pasirinktos stogo struktūros pavadinimas, o po juo stogo detalės. Kadangi metalinę konstrukciją gali sudaryti profiliuotas paklotas ir daugiasluoksnė plokštė, o stogo nuolydis kartais formuojamas ne iš laikančiosios konstrukcijos, šiam pasirinkimui pateikiamos trys galimos stogo detalės (4.2 pav.).

APRAŠYMAS		
NAUJA STATYBA-ŠILDOMAS-METALAS-NEEKSPLOATUOJAMAS		
 <i>Profiliuotas paklotas sumontuotas su nuolydžiu</i> <i>Daugiasluoksnė stoginė plokštė, prie kurios iš kart galima montuoti hidroiziliaciją.</i> <i>Profiliuotas paklotas sumontuotas be nuolydžio ant metalinių sijų</i>		
SLUOKSNIŲ	Reglamentai	Rekomendacijos
1. Pagrindas	STR 2.05.05:2008 „Statinių konstrukcijos. Stogai“ - VI. https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR_C576954D16C0	1. Sniegas, vanduo, ledas ir kiti krituliai, turi būti pašalinami nuo dengiamo paviršiaus.
1.1. Profiliuotas paklotas	STR 2.05.05:2008 „Statinių konstrukcijos. Stogai“ - VI. 24.9 punktas	2. Paviršius privalo būti švarus, visas purvas nuvalomas šepetėliu.
1.2. Daugiasluoksnė plokštė		3. Profiliuota skarda, kurios storis priklauso nuo tarpatramų, pigiausias ir dažniausiai naudojamas sprendimas metalinėse konstrukcijose.
		4. Trapecinio profilio plokštė, su izoliaciniu užpildu (vata arba poliuretanas) iš abiejų pusių padengta cinkuotu plieno lakštu. Lengvai ir greit montuojamos, tačiau kainą gaunasi didesnė, negu montuojant visus stogo sluoksnius ant profiliuoto pakloto.

4.2 pav. Naujai įrengiamo, šiltnamo stogo, iš metalinės konstrukcijos, aprašymas (sudaryta autoriaus)

Stogo detalių sluoksniai sunumeruoti, o pagal numerius apačioje galima atrinkti sluoksnių pavadinimus, nukreipimus į sluoksnio aprašymą statybos techniniame reglamente („STR 2.05.02:2008 Statinių konstrukcijos. Stogai“; „STR 2.01.02:2016 Pastato atitvarų projektavimo reikalavimai“; „STR 2.05.01:2005 Pastatų atitvarų šiluminė technika“) bei rekomendacijos. Prie rekomendacijų aprašomos medžiagos, kurias racionalu taikyti pasirinktai schemai, tačiau pateikti ir alternatyvūs gaminiai bei jų aprašymai, pavyzdžiui, pasirenkant garo izoliaciją ar šiltinimo sluoksnį nukreipiami į lenteles, kurios buvo pateiktos šio darbo pirmame skyriuje, atitinkamai į 1.2 ir 1.5 lentelę (4.3 pav.).

1.1. Profiliuotas paklotas	STR 2.05.05:2008 „Statinių konstrukcijos. Stogai“ - VI. 24.9 punktas	3. Profiliuota skarda, kurios storis priklauso nuo tarpatramių, pigiausias ir dažniausiai naudojamas sprendimas metalinėse konstrukcijose.
1.2. Daugiasluoksnė plokštė		4. Trapecinio profilio plokštė, su izoliaciniu užpildu (vata arba poliuretanas) iš abiejų pusių padengta cinkuotu plieno lakštu. Lengvai ir greit montuojamos, tačiau kainą gaunasi didesnė, negu montuojant visus stogo sluoksnius ant profiliuoto pakloto.
2. Garo izoliacija	STR 2.05.05:2008 „Statinių konstrukcijos. Stogai“ - VI. 24.10; 24.11; 25 punktai ir 3 priedas. STR 2.05.01:2005 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“ reikalavimus. STR 2.05.05:2008 https://www.e-tar.lt/portal/legalAct/TAR_C576954D16C0 STR 2.05.01:2005 https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.260821	1. Labai svarbu išsirinkti tinkamą garo izoliaciją metalinei konstrukcijai. Metalas gerai praleidžia garus iš vidaus, todėl polietileno plėvelė 200 µm dažnu atveju, nebetenkina reikalavimų. 2. Garo izoliacija turi guldytis ant lygaus pagrindo, todėl reikalingas papildomas sluoksnis [3], kuris išlygina duobes, esančias dėl profiliuoto metalo pagrindo. 3. Yra medžiagų, kurios klijuojamos prie profiliuotų lakštų viršutiniu bangu. Jos pakankamai tvirtos, todėl neplyšta užplaukiant lietaus tarpus. Taigi prieš tai įvardintas 2 punktas nebetaikomas. 3. Galimi garo izoliacijos pasirinkimai
3. Išlyginamasis sluoksnis	STR 2.05.02:2008, VI skyrius - Plokšti neeksploatuojami stogai. 24.10 punktas. STR 2.05.02:2008 https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.330693	1. Tai turi būti lygus ir tvirtas paklotas, dažniausiai projektuojamas iš mineralinės vatos. Visgi vata nėra labai tvirta, o jei esant po garo izoliacija negalima skaičiuoti jos šiluminės varžos. 2. Jeigu pastatui netaikomi aukšti priešgaisriniai reikalavimai, geriausia naudoti ekstruzinio polistirolo plokštes XPS, kurios turi didžiausią atsparumą gniuždymui ir neigieria vandens garų.
4. Pagrindinis šilumos izoliacijos sluoksnis	STR 2.05.02:2008, VI skyrius - Plokšti neeksploatuojami stogai, 24 punktas. STR 2.01.02:2016 VIII. Skyrius. Pastato atitvarų projektavimo reikalavimai. STR 2.05.02:2008 https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.330693 STR 2.01.02:2016 https://www.e-tar.lt/portal/legalAct/2c182f10b6bf1e6aae49c0b9525cbbb	1. Reikalinga nustatyti, kokios storio šiltinimo sluoksnis yra reikalingas, pagal projektuojamo pastato paskirtį ir energetinio naudingumo klasę. 2. Akmens vatos plokštė „MW“ naudojama pastatams, kuriems ypač svarbios pastato priešgaisrinės savybės. 3. Pastatams, kuriems ypač svarbus sluoksnių storis, naudojamos poliuretano plokštės „PIR/PUR“. 4. Jei ant pagrindinio šiltinimo sluoksnio montuojama hidroizoliacija, būtina parinkti tinkamą hidroizoliacijos tvirtinimo būdą. Tikrinant prie pasirinktų hidroizoliacijos dangų. 5. Galimi šiltinimo sluoksnių pasirinkimai, jų aprašymai ir poreikio skaičiavimas.
5. Paklotas	STR 2.05.02:2008, VI skyrius - Plokšti neeksploatuojami stogai, 24 punktas. STR 2.05.02:2008 https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.330693	1. Paklotas parenkamas pagal stogo hidroizoliacinės medžiagos tipą ir jos tvirtinimo būdą. 2. Paklotui naudojamų šiltinimo medžiagų reikalavimai ir gniuždomieji įtempiai pateikti prie hidroizoliacinių medžiagų, projektavimo skylyje pagal laikinąją konstrukciją.
6. Hidroizoliacinės dangos	STR 2.05.05:2008 „Statinių konstrukcijos. Stogai“ . STR 2.05.05:2008 https://www.e-tar.lt/portal/legalAct/TAR_C576954D16C0	1. Kadangi pastato stogas sudarytas iš metalinių konstrukcijų, kurios turi pakankamai didelius judėjimus, stogo hidroizoliacijai reikia taikyti aukštesnius kriterijus pagal tamprumą. 2. Jei ant projektuojamo plokščio stogo numatomi švieslangiai, kaminai, ventiliacinės šachtos ir kiti, iš pastato vidaus, per stogo konstrukciją išvesti elementai, geriausia pasirinkti tokią hidroizoliacinę dangą, kuri turi didelį elastingumą ir lankstumą (žr. prie pasirinktos hidroizoliacijos tipo). 3. Hidroizoliacinės dangos montuojamos pagal gamintojo dangos įrengimo rekomendacijas (žr.

4.3 pav. Nukreipimai į gaminių alternatyvas bei jų aprašymus, sistemoje renkantis garo izoliacijas ir šiltinimo medžiagas (sudaryta autoriaus)

Pasirinktoje schemoje ir jos stogo detalėje, numeriu nėra pažymėtas hidroizoliacijos tvirtinimas, kadangi jis priklauso ir nuo hidroizoliacijos tipo, ir nuo konkrečių hidroizoliacinių medžiagų. Tačiau tvirtinimas aprašomas ir jam pateikiamos rekomendacijos, kurios atskleidžia, kokią tvirtinimo sistemą racionalu pasirinkti konkrečiai stogo struktūrai. Tvirtinimo sistemos hidroizoliacinei dangei, įvardintos prie papildomų elementų, baigus aprašyt visus stogo sluoksnius, ten pat yra surašytos rekomendacijos įėjimams bei vertikaliems paviršiams (žr. 4.4 pav.). Hidroizoliacijos tipų tvirtinimo schema buvo sudaryta šio darbo

antrame skyriuje, o sistemoje ją galima rasti, spaudžiant kairiu pelės mygtuku <Hidroizoliacinių medžiagų tvirtinimo būdai> (2.13 pav.).

PAPILDOMI ELEMENTAI	Tvirtinimo sistemos	STR 2.05.05:2008 „Statinių konstrukcijos. Stogai“ - 1 priedas.	1. Balastės sistemos nerekomenduojamos ir vengiamos dėl papildomo svorio konstrukcijai.
	STR 2.05.05:2008	https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.C576954D16C0	2. Mechanškai tvirtinama sistema, subadomi visi stogo sluoksniai (išskyrus tvirtinanat į daugiashuoksnę plokštę), taip atsiranda ir šaltio tilteliai, garo izoliacija nebesandari. Visgi ši sistema, dažnu atveju pigesnė už klijuojamą (priklauso nuo šiluminio storio). 3. Pilnai klijuojama sistema, brangesnė, bet visgi ant stogo nieks nepažeidžiama tvirtinimo elementais. Tada klijuojant gaunama padidėjusi sistema. 4. Hidroizoliacinių medžiagų tvirtinimo būdai.
Išlajos	STR 2.05.05:2008 „Statinių konstrukcijos. Stogai“ - 32 punktas.		1. Išlajose stogo dangos plokštė, atskaitant stenois ar parapetu, turi būti ne mažiau dviejų įlajų (antra įlaja gali būti - persipylimo, montuojama parapete)
	STR 2.05.05:2008	https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.C576954D16C0	2. Įlajos montavimo vietos pažėmėjimas turi būti 20-30mm, 500mm spinduliu, suformuojamas mažinant termoizoliacijos ar pakloto storį. 3. Vidinės įlajos būna su hidroizoliacijos lakštu arba prispaudžiamu žiedu, renkamosi pagal hidroizoliacijos dangą (žr. prie pasirinktos hidroizoliacijos tipo). 4. Kampinės/parapetinės įlajos būna su hidroizoliacijos lakštu, plastikinės arba iš nerudijančio plieno, renkamosi pagal hidroizoliacijos dangą (žr. prie pasirinktos hidroizoliacijos tipo). 5. Kampinės/parapetinės įlajos nerekomenduojamos prilydomoms dangoms.
Vertikalūs paviršiai	STR 2.05.05:2008 „Statinių konstrukcijos. Stogai“ - 27 punktas.		1. Vertikalūs paviršiai turi būti padengti hidroizoliacine danga, ne mažiau kaip 300mm virš stogo plokštumos (skaičiuojama nuo paskutinio ant stogo uždėto sluoksnio plokštumos).
	STR 2.05.05:2008	https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.C576954D16C0	

4.4 pav. Hidroizoliacinių medžiagų tvirtinimo rekomendacijos, pasirinktai stogo schemai (sudaryta autoriaus)

6. Hidroizoliacinės dangos	STR 2.05.05:2008 „Statinių konstrukcijos. Stogai“ .		1. Kadangi pastato stogas sudarytas iš metalinių konstrukcijų, kurios turi pakankamai didelius judėjimus, stogo hidroizoliacijai reikia taikyti aukštesnius kriterijus pagal tamprumą.
	STR 2.05.05:2008	https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.C576954D16C0	2. Jei ant projektuojamo plokščio stogo numatomi švieslangiai, kaminai, ventiliacinės šachtos ir kiti, iš pastato vidaus, per stogo konstrukciją išvesti elementai, geriausia pasirinkti tokią hidroizoliacinę dangą, kuri turi didelį elastingumą ir lankstumą (žr. prie pasirinktos hidroizoliacijos tipo). 3. Hidroizoliacinės dangos montuojamos pagal gamintojo dangos įrengimo rekomendacijas (žr. prie pasirinktos hidroizoliacijos tipo). 4. Hidroizoliacinės dangos tvirtinimas pasirinkamas pagal hidroizoliacinių medžiagų tipą (žr. Tvirtinimo sistemos rekomendacijas). 5. Galimi hidroizoliacinių medžiagų tipai, dangų gamintojai, išmatavimai ir techniniai parametrai.

4.5 pav. Sistemos nukreipimas į hidroizoliacinių medžiagų aprašą (sudaryta autoriaus)

Kitas etapas ir pagrindinis šio darbo tikslas, pasirinkti tinkamą hidroizoliacijos tipą, bei konkrečią medžiagą, kuri bus naudojama plokščio stogo hidroizoliacijai. Kadangi pagal stogo detalę yra žinoma hidroizoliacinės dangos vieta stogo sluoksniuose, o rekomendacijose surašyta į kokias savybes reikėtų atsižvelgti, pasirinktai schemai, prie hidroizoliacinės dangos rekomendacijų, kairiu pelės mygtuku spaudžiama <Galimi hidroizoliacinių medžiagų tipai, dangų gamintojai, išmatavimai ir techniniai parametrai> (žr. 4.5 pav.). Atidarytoje lentelėje surašyti pagrindiniai hidroizoliacinių medžiagų tipai bei jų parametrai, gaminiai ir aprašymas, t.y. pateiktos dvi lentelės: hidroizoliacinių medžiagų charakteristikos ir techninės specifikacijos. Viskas suformuota kaip ir antrame skyriuje pateiktų hidroizoliacinių medžiagų lentelėse 2.1 ir 2.2, papildant sąrašą tų pačių gamintojų medžiagomis, kurioms galima taikyti skirtingas tvirtinimo sistemas.

Turint medžiagų aprašymus, hidroizoliacijos pasirinkimą galima vykdyti pagal pasirinktą daugiakriterį metodą, arba pagal konkretų rodiklį, kuris yra svarbus konkrečiam stogui. Šiame etape galima greitai ir nesunkiai palyginti įvairias hidroizoliacines dangas tarpusavyje ir atrinkti tinkamiausią. Bet šiame žingsnyje, nebūtinai reikia išsirinkti konkretų gaminį, svarbu nusistatyti reikalingą dangos tipą.

Pagal parametrus pasirenkamas hidroizoliacinės dangos tipas, pavyzdžiui, <VIENSLUOKSNĖS SINTETINĖS – TPO>, ant kurio spaudžiama kairiu pelės mygtuku. Atsidaręs naujas puslapis aprašo konkretaus tipo medžiagų privalumus bei trūkumus, jų tvirtinimo sistemas bei pagal tai sugrupuotus gaminius (4.6 pav.). Papildomai, visų dangų privalumų skiltyje yra įvardintas <vandens prabėgimo aptikimas ir testavimo įranga>, o nuspaudus šį punktą persikeliama į lentelę, kuri buvo sudaryta ir šio darbo trečiame skyriuje, t.y. tirti ir analizuojami testavimo įrankiai bei jų aprašymai (3.1 lentelė). Reikėtų paminėti, kad visuomet galima sugrįžti į prieš tai nagrinėtą lentelę, viršutiniame kairiajame kampe spaudžiant mėlyną rodyklę, kairiu pelės mygtuku (4.6 pav.).

			
Hidroizoliacija	VIENSLUOKSNĖ SINTETINĖ – TPO DANGA 		
Pagrindiniai kriterijai	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> PRIVALUMAI 1. Ilgaamžiškumas (keis kartus didesnis nei tradicinių pripydomų dangų). 2. Šviesios spalvos - estetiškos. 3. Įrengiamos vienu sluoksniu, taip mažinamas dangos storis, lengviau montuojamos. 4. Laidumas vandens garams (susidarius vandens pūslelės, jos išgaruoja). 5. Išlieka elastinga prie žemų temperatūrų (iki -40°C). 6. Atspindi saulės šviesą, tad neleidžia karščiui įsigerti į stogą. 7. Didelis dangos atsparumas UV spinduliams. 8. Gana didelis diapazonas reikantis temperatūra, siūlių suvirinimui, lyginant su PVC. 9. Kiekviena gamintojo sudėtyje yra ir gumos, tai pagerina dangos tamprumą. 10. <u>Nelaidi elektros srovei, lengvas vandens prabėgimo aptikimas, testavimo įranga.</u> </td><td style="vertical-align: top;"> TRŪKUMAI Danga lengvai pažeidžiama, todėl reikalingi kvalifikuoti specialistai ir priežiūra. Brangesnė už tradicines pripydomas ir PVC dangas. Šviesi spalva greit praranda savo gamybinę išvaizdą, reikalingas valymas. Sunku nustatyti gerą temperatūrą siūlių prikaitinimui suvirinimo aparatu. Palyginus neseniai išrastos dangos, kurios ant stogų montuojamos tik pora dešimtmečių. </td></tr> </table>	PRIVALUMAI 1. Ilgaamžiškumas (keis kartus didesnis nei tradicinių pripydomų dangų). 2. Šviesios spalvos - estetiškos. 3. Įrengiamos vienu sluoksniu, taip mažinamas dangos storis, lengviau montuojamos. 4. Laidumas vandens garams (susidarius vandens pūslelės, jos išgaruoja). 5. Išlieka elastinga prie žemų temperatūrų (iki -40°C). 6. Atspindi saulės šviesą, tad neleidžia karščiui įsigerti į stogą. 7. Didelis dangos atsparumas UV spinduliams. 8. Gana didelis diapazonas reikantis temperatūra, siūlių suvirinimui, lyginant su PVC. 9. Kiekviena gamintojo sudėtyje yra ir gumos, tai pagerina dangos tamprumą. 10. <u>Nelaidi elektros srovei, lengvas vandens prabėgimo aptikimas, testavimo įranga.</u>	TRŪKUMAI Danga lengvai pažeidžiama, todėl reikalingi kvalifikuoti specialistai ir priežiūra. Brangesnė už tradicines pripydomas ir PVC dangas. Šviesi spalva greit praranda savo gamybinę išvaizdą, reikalingas valymas. Sunku nustatyti gerą temperatūrą siūlių prikaitinimui suvirinimo aparatu. Palyginus neseniai išrastos dangos, kurios ant stogų montuojamos tik pora dešimtmečių.
PRIVALUMAI 1. Ilgaamžiškumas (keis kartus didesnis nei tradicinių pripydomų dangų). 2. Šviesios spalvos - estetiškos. 3. Įrengiamos vienu sluoksniu, taip mažinamas dangos storis, lengviau montuojamos. 4. Laidumas vandens garams (susidarius vandens pūslelės, jos išgaruoja). 5. Išlieka elastinga prie žemų temperatūrų (iki -40°C). 6. Atspindi saulės šviesą, tad neleidžia karščiui įsigerti į stogą. 7. Didelis dangos atsparumas UV spinduliams. 8. Gana didelis diapazonas reikantis temperatūra, siūlių suvirinimui, lyginant su PVC. 9. Kiekviena gamintojo sudėtyje yra ir gumos, tai pagerina dangos tamprumą. 10. <u>Nelaidi elektros srovei, lengvas vandens prabėgimo aptikimas, testavimo įranga.</u>	TRŪKUMAI Danga lengvai pažeidžiama, todėl reikalingi kvalifikuoti specialistai ir priežiūra. Brangesnė už tradicines pripydomas ir PVC dangas. Šviesi spalva greit praranda savo gamybinę išvaizdą, reikalingas valymas. Sunku nustatyti gerą temperatūrą siūlių prikaitinimui suvirinimo aparatu. Palyginus neseniai išrastos dangos, kurios ant stogų montuojamos tik pora dešimtmečių.		
Tvirtinimo sistemos	<u>Tvirtinamos mechanškai, prispaudžiamos balastu, klijuojamos šaltu būdu</u>		
Gaminiai	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> GAMINTOJAI IR PAVADINIMAS Tik balastinei ir mechanškai tvirtinamai sistemai 1. Sika Sarnafil TS-77 2. RENOLIT Alkortex F 3. PROTAN FG 4. BAUDER Thermofin F Balastinei, mechanškai tvirtinamai ir klijuojamai sistemai 5. BAUDER Thermoplan T V 6. FIRESTONE UltraPly TPO </td><td style="vertical-align: top;"> TECHNINĖS SPECIFIKACIJOS http://epd.nsp01cp.nhosp.no/getfile.php/EPDer/Utenlandsk%20registrerte%20EPD/NEPD-1148-335_Sika-Sarnafil-TS-77-E-NEP http://roofing-webservices.renolit.com/images/dcdw/tf-alkortex-35086-en-03-03-2015-lr.pdf http://www.protan.no/mfiles/ashx?path=0%2F1008%2Fatest%2Ffiles%2F1010%2Fcontent%3Fformat%3Dpdf%26auth%3DkFGEI http://www.bauder.eu/fileadmin/bauder.eu/Downloads/Produktdatenblatt_EN/FD/KST/THERMOFIN/BauderTHERMOFIN_F_1 http://www.bauder.eu/fileadmin/bauder.eu/Downloads/Produktdatenblatt_EN/FD/KST/THERMOPLAN/BauderTHERMOPLAN_T http://www.firestonebpe.com/sites/default/files/media/tds_ultraply_tpo_v7_eng_2012-01-01_0.pdf </td></tr> </table>	GAMINTOJAI IR PAVADINIMAS Tik balastinei ir mechanškai tvirtinamai sistemai 1. Sika Sarnafil TS-77 2. RENOLIT Alkortex F 3. PROTAN FG 4. BAUDER Thermofin F Balastinei, mechanškai tvirtinamai ir klijuojamai sistemai 5. BAUDER Thermoplan T V 6. FIRESTONE UltraPly TPO	TECHNINĖS SPECIFIKACIJOS http://epd.nsp01cp.nhosp.no/getfile.php/EPDer/Utenlandsk%20registrerte%20EPD/NEPD-1148-335_Sika-Sarnafil-TS-77-E-NEP http://roofing-webservices.renolit.com/images/dcdw/tf-alkortex-35086-en-03-03-2015-lr.pdf http://www.protan.no/mfiles/ashx?path=0%2F1008%2Fatest%2Ffiles%2F1010%2Fcontent%3Fformat%3Dpdf%26auth%3DkFGEI http://www.bauder.eu/fileadmin/bauder.eu/Downloads/Produktdatenblatt_EN/FD/KST/THERMOFIN/BauderTHERMOFIN_F_1 http://www.bauder.eu/fileadmin/bauder.eu/Downloads/Produktdatenblatt_EN/FD/KST/THERMOPLAN/BauderTHERMOPLAN_T http://www.firestonebpe.com/sites/default/files/media/tds_ultraply_tpo_v7_eng_2012-01-01_0.pdf
GAMINTOJAI IR PAVADINIMAS Tik balastinei ir mechanškai tvirtinamai sistemai 1. Sika Sarnafil TS-77 2. RENOLIT Alkortex F 3. PROTAN FG 4. BAUDER Thermofin F Balastinei, mechanškai tvirtinamai ir klijuojamai sistemai 5. BAUDER Thermoplan T V 6. FIRESTONE UltraPly TPO	TECHNINĖS SPECIFIKACIJOS http://epd.nsp01cp.nhosp.no/getfile.php/EPDer/Utenlandsk%20registrerte%20EPD/NEPD-1148-335_Sika-Sarnafil-TS-77-E-NEP http://roofing-webservices.renolit.com/images/dcdw/tf-alkortex-35086-en-03-03-2015-lr.pdf http://www.protan.no/mfiles/ashx?path=0%2F1008%2Fatest%2Ffiles%2F1010%2Fcontent%3Fformat%3Dpdf%26auth%3DkFGEI http://www.bauder.eu/fileadmin/bauder.eu/Downloads/Produktdatenblatt_EN/FD/KST/THERMOFIN/BauderTHERMOFIN_F_1 http://www.bauder.eu/fileadmin/bauder.eu/Downloads/Produktdatenblatt_EN/FD/KST/THERMOPLAN/BauderTHERMOPLAN_T http://www.firestonebpe.com/sites/default/files/media/tds_ultraply_tpo_v7_eng_2012-01-01_0.pdf		

4.6 pav. Pasirenkamas hidroizoliacinės dangos tipas – VIENSLUOKSNĖ SINTETINĖ – TPO DANGA (sudaryta autoriaus)

Projektavimas dar nebaigtas, reikalinga nustatyti laikančiosios konstrukcijos, šiluminės izoliacijos ir pagrindo suderinamumą ir reikalavimus pagal hidroizoliacijos tvirtinimo būdą, visa tai tikslinama hidroizoliacinių dangų aprašyme, skiltyje <Projektavimui> (4.7 pav.) spaudžiant, pavyzdžiui, <Gelžbetoninė konstrukcija> atidaroma lentelė (4.8 pav.), o jei tai atnaujinamas stogas, reikia aprašymo, kuris nurodo esamos dangos paviršiaus reikalavimus stogo remontui su nauja danga, spaudžiama <Modernizacija> , atidarytoje lentelėje matoma, kad reikalavimai sutampa visoms viensluoksnėms sintetinėms dangoms EPDM/ PVC/ TPO (4.9 pav.).

Projektavimui	Parenkamas tinkamas hidroizoliacinės dangos tvirtinimas, pagal šiltinimo sluoksnius ir laikančiąją konstrukciją - pagrindą: Gelžbetoninė konstrukcija Metalinė konstrukcija Medinė konstrukcija Modernizacija
---------------	--

4.8 pav. Pasirinktos hidroizoliacinės dangos tipo, projektavimo skiltis (sudaryta autoriaus)

← ← PVC TPO						
Laikančioji konstrukcija		GELŽBETONINĖ PERDANGA/ MONOLITAS (1)				
Hidroizoliacija		VIENSLUOKSNĖ SINTETINĖ - PVC/TPO DANGA				
Šiluminė izoliacija, viršutinis sluoksnis-paklotas		MW	EPS ir EPS N	XPS	PUR/PIR	Klojama tiesiai ant pagrindo
Hidroizoliacinės dangos (PVC/TPO) tvirtinimo būdai		Balastinė (2,3,6) Klijuojama (5)	Balastinė (2,3,4) Klijuojama (5)	Balastinė (2,3) Arvirkštinė (2,3,8)	Balastinė (2,3) Klijuojama (7)	Balastinė (2,3,8) Klijuojama (9)
		Tvirtinama mechanškai (3,6)	Tvirtinama mechanškai (3,4)		Tvirtinama mechanškai (3)	Tvirtinama mechanškai (3,8)
Projektavimo kriterijai		Laikančioji konstrukcija 1) Gelžbetoninė perdanga ar monolitas turi būti be įtrūkinių ir sausas; Sujungimo siūlės turi būti užpildytos cemento ir smėlio skiediniu. 2) Turi atlaikyti papildomą, mažiausiai 50kg/m ² balasto svorį. 3) Stogo nuolydis ribojamas. Šiluminė izoliacija 4) Ne mažesnio nei reikalaujama tankio. Atsparumas gniuždyniui apatinio sluoksnio ≥80kPa, viršutinio ≥100kPa (kai produktai deformuojami 10%). 5) Būtinai papildomas padengimas, nes klijai ardo šias medžiagas. 6) Didelis atsparumas suspaudimui. Atsparumas gniuždyniui, apatinio sluoksnio ≥30 kPa, viršutinio ≥60 kPa, o kai sluoksnis ne plonesnis kaip 40mm - 50kPa (kai produktai deformuojami 10%). 7) Paviršius turi būti pakankamai lygus, gero sukibimo užtikrinimui. Tik gamintojo patvirtintus, poliuretano gaminius, galima naudoti klijuojamoje sistemoje. Pagrindo paviršius 8) Ant pagrindo, būtina patiesti apsauginį geotekstilės (min. 200g/m ²) sluoksnį. 9) Reikalingas švarus ir sausas paviršius.				
		Pastaba: garų barjero vieta stogo sluokšniuose, projektuojamas pagal tos šalies priimtus techninius reglamentus ir stogo sluokšnių išsidėstymą.				

4.7 pav. Pasirinktos hidroizoliacinės dangos reikalavimai pagrindui, projektuojamai stogo konstrukcijai konstrukcijai (sudaryta autoriaus)

																																	
EPDM	PVC	TPO																															
Aprašymas																																	
Hidroizoliacija																																	
Renovuojamo stogo hidroizoliacijų tipai ir galimybės panaudoti EPDM/PVC/TPO dangą																																	
<table><tr><th rowspan="2">Esama stogo hidroizoliacija</th><th colspan="3">EPDM/PVC/TPO membranos tvirtinimo sistema</th></tr><tr><th>Balastinė / Atvirkštinė</th><th>Pilnai klijuojama</th><th>Mechaniškai tvirtinama</th></tr><tr><td>Bitumas su stambiais pabarstais</td><td>2 / 3</td><td>3</td><td>2 / 3</td></tr><tr><td>Bitumas su pabarstais</td><td>2</td><td>3</td><td>2 / 3</td></tr><tr><td>Bitumas lygus paviršius</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Mastika ar asfaltas</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>Bituminės dervos</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>Viensluoksnės sintetinės dangos</td><td>4</td><td>4</td><td>2</td></tr></table>			Esama stogo hidroizoliacija	EPDM/PVC/TPO membranos tvirtinimo sistema			Balastinė / Atvirkštinė	Pilnai klijuojama	Mechaniškai tvirtinama	Bitumas su stambiais pabarstais	2 / 3	3	2 / 3	Bitumas su pabarstais	2	3	2 / 3	Bitumas lygus paviršius	1	1	1	Mastika ar asfaltas	4	4	4	Bituminės dervos	3	3	3	Viensluoksnės sintetinės dangos	4	4	2
Esama stogo hidroizoliacija	EPDM/PVC/TPO membranos tvirtinimo sistema																																
	Balastinė / Atvirkštinė	Pilnai klijuojama	Mechaniškai tvirtinama																														
Bitumas su stambiais pabarstais	2 / 3	3	2 / 3																														
Bitumas su pabarstais	2	3	2 / 3																														
Bitumas lygus paviršius	1	1	1																														
Mastika ar asfaltas	4	4	4																														
Bituminės dervos	3	3	3																														
Viensluoksnės sintetinės dangos	4	4	2																														
Projektavimo kriterijai																																	
Paaškinimai																																	
1. Tiesiogiai klojama, kai pagrindas atitinka visus pagrindinius reikalavimus;																																	
2. Reikalinga prieš tai pakloti apsauginį sluoksnį, neaustinę geotekstilę 200g/m2;																																	
3. Reikalinga prieš tai pakloti drėgmei atsparę medžio plokštę, cemento drožlių plokštę arba izoliacinę medžiagą;																																	
4. Bitina pasitarti su gamintojais.																																	

4.9 pav. Esamo paviršiaus reikalavimai stogo remontui su nauja hidroizoliacine danga (sudaryta autoriaus)

Skyriaus pradžioje buvo paminėta, kad po projektavimo vykdomas sąmatos sudarymas, kai skaičiuojami reikalingų medžiagų kiekiai plokščio stogo įrengimui. Pastebėta, kad daug klaidų daroma, kai stogo hidroizoliacijai reikia suskaičiuoti viensluoksnės sintetinės dangos, o sąmatą sudaro tik hidroizoliacinės dangos kvadrato kaina ir įrengimas (panašiai skaičiuojamos prilydomos dangos). Tačiau viensluoksnėms sintetinėms dangoms, ypač EPDM membranai, yra reikalinga nemažai aksesuarų, kurie būtini patikimai stogo sistemai. Visos šios papildomos medžiagos surašytos kiekvienam hidroizoliacinių medžiagų tipui, lentelėje po skilties <Projektavimui>, kita skilti <Sąmatos sudarymas> (4.10 pav.). Taip pat skaičiuojant ar prieš pradedant stogo darbus, reikalinga sudaryti stogo darbų technologinę kortelę. Tą įgyvendinti padeda, visa prieš tai įvardinta informacija, o papildyti kortelę galima peržiūrint konkretaus gamintojo hidroizoliacijos montavimo instrukcijas ir mazgus, kurie dažniausiai tinka visoms to tipo hidroizoliacijos gaminiais, skiltyje <Montavimas> (4.10 pav.).

Projektavimui	Parengiamas tinkamas hidroizoliacinės dangos tvirtinimas, pagal šiltinimo sluoksnius ir laikančiąją konstrukciją - pagrindą: Gelžbetoninė konstrukcija Metalinė konstrukcija Medinė konstrukcija Modernizacija	
Sąmatos sudarymas	SISTEMOJE NAUDOJAMOS MEDŽIAGOS 1. Pagrindo klijai (Bonding Adhesive) 2. QuickSeam 76mm pločio siūlių juosta 3. QuickSeam FormFlash 22mm/33mm pločio juosta 4. QuickSeam Flashing 12mm pločio juosta 5. QuickSeam SA Flashing (457mm pločio 1,52mm storio juosta) 6. QuickSeam R.P.F. armuota perimetro 152mm pločio juosta 7. QuickSeam R.M.A juosta 8. QuickSeam Batten Cover 152mm pločio juosta 9. QuickPrime Plus (gruntas) 10. QuickSeam universalūs vamzdžių hidroizoliacija (12,7 - 152,4 mm) 11. Alumininė užbaigimo juosta 12. Metalinė tvirtinimo juosta (ritinė) 14. Siūlių hermetikas - "Lap Sealant" 15. Vandenių atstumiantis hermetikas - "Water Block" 16. Neaustinė geotekstilė min. 200g/m ²	APRAŠYMAI Kontaktiniai klijai, skirti priklijuoti EPDM dangą prie pagrindo, klijuojamoje sistemoje ir visais atvejais prie vertikalių paviršių. 76mm pločio siūlių juosta, skirta EPDM membranos lakštų siūlėms sujungti. Nevulkanizuota EPDM membranos juosta, skirta vidinių ir išorinių kampų, vamzdžių ir skylių, stogo dangoje sandarinimui. Nevulkanizuota EPDM membranos juosta, skirta laštakių prie latakų ir stogo krašto sandarinimui. Nearmuota EPDM juosta skirta visiems ant stogo esantiems elementams sandarinti, kur galimi dideli įtempimai. Armuota EPDM membranos juosta su 76mm pločio QuickSeam lipnia juosta iš vienos pusės. Naudojama stogo dangos pritvirtinimui prie vertikalių paviršių. Armuota EPDM membranos juosta su 76mm pločio QuickSeam lipnia juosta abiejose juostos kraštuose. Juosta naudojama mechaninio tvirtinimo sistemoje R.M.A. Pusiaus vulkanizuota EPDM membranos juosta, skirta sandarinti metalinę juosta, kuria tvirtinama EPDM danga M.A.S sistemoje. Gruntas skirtas padengti EPDM membranos paviršių, prieš klijuojant QuickSeam produktus. Mova, skirta lengvai užsandarinti įvairius apvalios formos vamzdžius ar kaminėlius, ant stogo. Juosta skirta pritvirtinti hidroizoliacijai prie vertikalių paviršių, atsapri atmosferos poveikiui. Juosta skirta pritvirtinti hidroizoliacijai prie vertikalių paviršių, neatsapri atmosferos poveikiui. Hermetikas, skirtas papildomai užsandarinti QuickSeam juostų kraštus. Hermetikas, tepamas prieš tvirtinimo juostų montavimą ant sienų, taip pat prieš montuojant įlają, su prispaudžiamu žiedu. Apsauginis sluoksnis, neleidžiantis membranai liestis su laikančiosios konstrukcijos pagrindu arba atskiriantis nuo balasto (balastinėje sistemoje).
Montavimas	PASTABOS Pagal montavimo instrukcijas sudaroma hidroizoliacinės dangos montavimo technologinė kortelė. Nurodyta montavimo instrukcija, pateikta „Firestone Building Products“ gamintojo. Būtina peržiūrėti ar pasirinkto gamintojo montavimo instrukcijos sutampa, teirautis gamintojo.	MONTAVIMO INSTRUKCIJOS IR MAZGAI http://www.firestonebpe.com/sites/default/files/media/epdm_technical_guidelines_chapter_3_0.pdf http://www.firestonebpe.com/sites/default/files/media/epdm_technical_guidelines_chapter_5_0.pdf

4.10 pav. Guminės sintetinės EPDM membranos medžiagos, sąmatos sudarymui bei montavimo instrukcija (sudaryta autoriaus)

Sukurta rekomendacinė sistema su variantiniu projektavimu atskleidžia plokščio stogo sandarą pagal keturis, ankstyvoje projektavimo stadijoje žinomus, stogo požymius. Pasirinkai stogo struktūrai lengviau atrenkamos tinkamos sluoksnių medžiagos, tarp jų ir racionali hidroizolacinė danga. Siekiant mažinti klaidas, pateikiami visi hidroizoliacinių medžiagų tvirtinimo variantai, jų suderinamumas su būsimais ar esamais sluoksniais. Sistemoje taip pat aprašomos ir visos hidroizolacinei dangai reikalingos papildomos medžiagos bei pateikiamos montavimo instrukcijos. Sistema adaptuota ir teikia naudą visiems statybos dalyviams. O racionali hidroizoliacija bus parinkta, remiantis šiais šešiais žingsniais:

1. Plokščio stogo sandaros supratimas;
2. Stogo sluoksnių medžiagų parinkimas;
3. Tinkamo hidroizoliacijos tipo atranka;
4. Tinkamas hidroizoliacijos tvirtinimo būdas;
5. Numatomi hidroizoliacijos testavimo metodai;
6. Pasirinktas konkretus hidroizoliacinių medžiagų gamintojas bei jo siūloma prekė.

4.2. Plokščių stogų hidroizoliacinių dangų privalumai ir trūkumai, suformuluoti rekomendacinėje sistemoje.

Šiame darbe analizuojamos pagrindinės hidroizolacinės dangos ir sukurta rekomendacinė sistema, pagreitinanti darbą renkantis geriausias medžiagas, tinkančias konkrečių statinių projektų arba esamų pastatų plokščiems stogams. Tačiau būtina suprasti, kad sistema nėra tobula, ji nepriima konkrečių sprendimų renkantis hidroizoliaciją. Tai pagalbinė priemonė, kuri sutrumpina paieškos laiką analizuojant, šiuo metu siūlomų, medžiagų įvairovę. Nepaisant to, supratimas bei loginis mąstymas būtinas rekomendacinės sistemos veikimui. Joje pateikta visa reikalinga informacija, kurią reikia žinoti ir įsisavinti, norint įgyvendinti sklandų bei organizuotą plokščio stogo modelio vystymą. Renkantis hidroizoliaciją visuomet galima patikrinti medžiagų charakteristikas ar technines specifikacijas ir tam nebūtina rekomendacinė sistema. Šią informaciją suteikia kiekvienas hidroizoliacinių dangų gamintojas, parduodantis medžiagas Europos Sąjungoje. Specifikacijos yra tikslios ir negali būti suklastotos, kadangi atliekamos pagal tam tikrus standartus, norint gauti CE ženklą, dėl kurio produktu galima prekiauti Europos ekonominėje erdvėje. Ženklas CE – tai įrodymas, kad pasirinktas produktas buvo įvertintas ir atitinka Europos Sąjungos saugos, sveikatos ir aplinkos apsaugos reikalavimus (CE ženklas 2018). Tačiau dažniausiai deklaracijose ar specifikacijose, gamintojai neatskleis gaminamo produkto privalumų ar trūkumų ir nelygins savo gaminio su kitomis, rinkoje esančiomis medžiagomis.

Žinoma, gamintojai visuomet bando atskleisti tik geriausias medžiagų savybes bei paaiškinti kodėl jų produkcija yra efektyviausia, bet tokia informacija, dažniausiai būna šališka, tad vadovautis ja galima tik tuomet, kai išanalizuojami ir kiti gaminiai. Rekomendacinėje sistemoje kiekvienas medžiagų tipas apibūdinamas pagal savo trūkumus ir privalumus, kurie yra žinomi iš analizuotų tyrimų, mokslinių straipsnių bei praktikos. Būtent tokia informacija padeda suprasti, koks hidroizoliacijos tipas gali būti racionalus konkrečiam projektui, nes visos dangos turi ir gerų, ir blogų savybių. Skystos hidroizoliacinės sistemos - poliurėja, pasižymi estetika bei tamprumu, tačiau įrengimui reikalingos beveik idealios oro sąlygos. Prilydomos bituminės dangos – pigiausias sprendimas, tačiau ir būklė prastėja daug greičiau negu kitų hidroizoliacinių medžiagų. Guminės sintetinės – EPDM membranos, pasižymi geriausiomis tamprumo bei lankstumo savybėmis, bet atrodo neestetiškai ir jas lengva pažeisti. Viensluoksnės sintetinės PVC/TPO dangos – estetiškos ir tamprios medžiagos, bet jas taip pat lengva pažeisti ir užtikrinti kokybę, geram siūlių sujungimui, yra gana sudėtinga. Guminės – bituminės dangos pagamintos taip, kad būtų sujungtos visos gerosios hidroizoliacinių dangų savybės, tačiau tuo pačiu ne iki galo išspręsti ir jų trūkumai. Visa ši informacija, kuri pateikta 4.1 lentelėje ir rekomendacinėje sistemoje, lemia racionalų hidroizoliacijos pasirinkimą.

4.1 lentelė. Plokštiesiems stogams taikomų, pagrindinių hidroizoliacinių medžiagų tipų, privalumai ir trūkumai

HIDROIZOLIACINĖS DANGOS IR JŲ SAVYBĖS		
PRIVALUMAI		TRŪKUMAI
SKYSTOS HIDROIZOLIACINĖS SISTEMOS -POLIURĖJA		
1.	Estetiška- įvairių spalvų, nėra siūlių.	Įrengimas sudėtingas, reikalingos idealios oro sąlygos, viso darbo metu.
2.	Įrengiamos vienu sluoksniu, taip mažinamas dangos storis.	Įrengimui reikalinga speciali technika.
3.	Sunku pažeisti.	Stogam pradėta naudoti tik XXI a., tad praktiškai neištirtas ilgaamžiškumas.
4.	Nepaprastas tamprumas - išsitempia ir neplyšta iki 300 %.	Medžiagų negalima ilgai sandėliuoti, o atidaryti kibirai turi būt tuoj pat sunaudoti.
5.	Išlieka elastinga prie žemų temperatūrų (net prie -45°C).	Reikalingos specialios apsauginės priemonės montuotojui.
6.	Atspindi saulės šviesą, tad neleidžia karščiui įsigerti į stogą.	Paviršius turi būti idealiai sausas.
7.	Hidroizoliuojami sunkiai prieinami stogo elementai	Hidroizoliuojant sudėtingus stogo elementus, tačiau papildai dar naudojama poliuretaninė mastika.

4.1 lentelės tęsinys

RITININĖ PRILYDOMA BITUMINĖ HIDROIZOLIACIJA		
1.	Pigiausias sprendimas.	Danga yra tamsios spalvos, todėl atrodo neestetiškai.
2.	Sunku pažeisti, danga stora ir įrengiami, dažniausiai, du sluoksniai.	Siūlės yra 5-6 kartus prastesnės nei pati danga, negalima tiksliai kontroliuoti prilaidumo greičio.
3.	Tradicinės dangos, tad dauguma stogdengių moka dirbti su šiomis medžiagomis.	Kadangi klojami keli sluoksniai ir ritiniai nėra dideli (10m ²), įrengimas ilgas ir sudėtingas.
4.		Darbai atliekami su atvira ugnimi, todėl didelė rizika sukelti gaisrą.
5.		Danga nėra lanksti, todėl suku, o dažnai ir neįmanoma, tinkamai hidroizolijuoti sudėtingų elementų ant stogo.
6.		Dangos būklė prastėja greičiau, lyginant su kitomis medžiagomis.
7.		Mažas tamprumas, todėl nepatartina naudoti vietose, kur yra skirtingi ir dideli konstrukcijų judėjimai.
8.		Kadangi danga yra stora (8-10cm), ji nelaidi garui. Garui išleisti būtini ventiliaciniai kaminėliai.
GUMINĖ SINTETINĖ VIENOS SLUOKSNIO DANGA - EPDM MEMBRANA		
1.	Ilgaamžiškumas (kelis kartus didesnis nei tradicinių prilaidomų dangų).	Membrana lengvai pažeidžiama, todėl reikalingi kvalifikuoti specialistai ir priežiūra.
2.	Įrengiamos vienu sluoksniu.	Sistamai reikalingi papildomi aksesuarai, kurie išbrangina bendrą sąmatą.
3.	Tinamami įrengtos siūlės stiprumas nemažesnis nei pačios dangos stiprumas.	Galimas dangos raukšlėtumas, dėl stogo konstrukcijų judėjimo ir šiluminio pokyčio.
4.	Laidumas vandens garams (susidarius vandens pūslėms, jos išgaruoja).	Danga yra juodos spalvos, todėl atrodo neestetiškai.
5.	Išlieka elastinga prie žemų temperatūrų (net prie -45°C).	Kadangi guma laidu elektros srovei, pradurimai nerandami elektros impulsų testavimo metodais.
6.	Dideli lakštai - membranos plotas gali būti iki 450m ² be siūlių.	Kadangi guma nearmuota, jai reikalingi papildomi tvirtinimai prie vertikalių paviršių, sumažinantys membranos judėjimą.
7.	Nepaprastas tamprumas - išsitempia ir neplyšta iki 300 %.	Dėl juodos spalvos, danga įkaista 100 °C ir net daugiau, karštą vasaros dieną.
8.	Ekologiška - visiškai nekenksminga aplinkai (ISO 14001).	Brangesnė už tradicines prilaidomas dangas.
9.	Montavimas vyksta tik šaltu būdu, nenaudojama atvira liepsna.	
10.	Stogo dangą galima montuoti iki -20 °C temperatūros.	
11.	Didelis dangos atsparumas UV .	

4.1 lentelės pabaiga

VIENSLUOKSNĖ SINTETINĖ - PVC DANGA		
1.	Šviesios spalvos - estetiškos.	Danga lengvai pažeidžiama, todėl reikalingi kvalifikuoti specialistai ir priežiūra.
2.	Įrengiamos vienu sluoksniu, taip mažinamas dangos storis, lengviau montuojamos.	Brangesnė už tradicines prilydomas dangas.
3.	Laidumas vandens garams (susidarius vandens pūslėms, jos išgaruoja).	Renkantis pigesnes PVC dangas, galimas plastifikatorių išgaravimas nuo saulės, prarandamas tamprumas.
4.	Išlieka elastinga prie žemų temperatūrų (iki -30°C).	Šviesi spalva greit prarandą savo gamyklinę išvaizdą, reikalingas valymas.
5.	Atspindi saulės šviesą, tad neleidžia karščiui įsigerti į stogą.	Sunku nustatyti gerą temperatūrą siūlių prikaitinimui suvirinimo aparatu.
VIENSLUOKSNĖ SINTETINĖ - TPO DANGA		
1.	Ilgaamžiškumas (kelis kartus didesnis nei tradicinių prilydomų dangų).	Danga lengvai pažeidžiama, todėl reikalingi kvalifikuoti specialistai ir priežiūra.
2.	Šviesios spalvos - estetiškos.	Brangesnė už tradicines prilydomas ir PVC dangas.
3.	Įrengiamos vienu sluoksniu, taip mažinamas dangos storis, lengviau montuojamos.	Šviesi spalva greit prarandą savo gamyklinę išvaizdą, reikalingas valymas.
4.	Laidumas vandens garams (susidarius vandens pūslėms, jos išgaruoja).	Palyginti nesenai išrastos dangos, kurios stogams naudojamos tik pora dešimtmečių.
5.	Išlieka elastinga prie žemų temperatūrų (iki -40°C).	
6.	Atspindi saulės šviesą, tad neleidžia karščiui įsigerti į stogą.	
7.	Didelis dangos atsparumas UV spinduliams.	
8.	Gana didelis diapazonas renkantis temperatūrą, siūlių suvirinimui, lyginant su PVC.	
9.	Kadangi gaminio sudėtyje yra ir gumos, tai pagerina dangos tamprumą.	
GUMINĖS-BITUMINĖS HIDROIZOLIACINĖS DANGOS		
1.	Įrengiamos vienu sluoksniu, pagrindas klijuojamas, dėl to gana greitas montavimas.	Danga yra tamsios spalvos, todėl atrodo neestetiškai.
2.	Sunku pažeisti, danga gali būti eksploatuojama.	Siūlė yra bituminė, tad jai negalima taikyti dangos pagrindo savybių.
3.	Nepaprastas tamprumas - išsitempia ir neplyšta iki 300 %.	Kadangi ritiniai nėra dideli (10m ²), didelis siūlių kiekis.
4.	Išlieka elastinga prie žemų temperatūrų (net prie -30°C).	Brangesnė už tradicines prilydomas dangas.
5.		Dėl juodos spalvos, danga įkaista 100 °C ir net daugiau, karštą vasaros dieną.
6.		Kadangi danga yra palyginti stora, ji nelaidi garui.

IŠVADOS IR SIŪLYMAI

1. Atlikta analitinė plokščių stogų laikančiųjų konstrukcijų bei stogo sluoksnių apžvalga, kad būtų aiški jų reikšmė stogo hidroizoliacinei dangai. Norint pradėti nagrinėti hidroizoliacines medžiagas, visu pirma, reikia suprasti stogo struktūrą, kurią sudaro konstrukcija, stogo tipas bei visi kiti sluoksniai, montuojami ant stogo, prieš ir po hidroizoliacijos.

2. Atskleisti pagrindiniai hidroizoliacinių dangų tipai: skystos hidroizoliacinės sistemos, prilydomos bituminės dangos, guminės sintetinės, viensluoksnės sintetinės – PVC ir TPO ir guminės – bituminės. Pagal tai buvo galima išskirti plačiai rinkoje naudojamas, konkrečias hidroizoliacines dangas.

3. Hidroizoliacinės dangos analizuojamos daugiakriteriu ARAS metodu pagal svarbiausius kriterijus, taikomus hidroizoliacinėms medžiagoms ir ekspertų pasiūlytus kriterijų reikšmingumus. Kad metodas būtų tikslus kainos atžvilgiu, jam taikyti parinktas konkretus, šiuo metu statomas pastatas – PARK TOWN 2. Šio statinio stogui suskaičiuotos sąmatos, su visomis analizuojamomis hidroizoliacinėmis medžiagomis. Tyrimo metu gautas rezultatas, kad efektyviausia medžiaga, su kuria būtų galima hidroizoliuoti tiriamo pastato stogą yra „Firesotne RubberGard“ EPDM danga.

4. Ištirta, kad hidroizoliacinės dangos stogui nėra tobulos. Visuomet egzistuoja galimybė, kad hidroizoliacija praleis vandenį į pastato vidų greičiau, negu bus gautas leidimas statiniui modernizuoti ar griauti. Tuo tikslu nustatytos hidroizoliacijos testavimo ir vandens prabėgimo aptikimo galimybės. Jų veikimas priklauso nuo hidroizoliacijos tipo bei jos tvirtinimo, statinio (naujai statomas/ senas), stogo tipo (eksploatuojamas ar ne), hidroizoliacijos padėties (horizontali/ vertikali) ir oro sąlygų.

5. Nustatytos pagrindinės plokščio stogo klasifikacijos ir sudaryti jų junginiai. Pagal tai sukurta rekomendacinė sistema su variantiniu projektavimu. Naudojant sistemą galima greičiau ir lengviau parinkti racionalią hidroizoliacinę dangą, atliekant šešių žingsnių planą:

- Plokščio stogo sandaros supratimas;
- Stogo sluoksnių medžiagų parinkimas;
- Tinkamo hidroizoliacijos tipo atranka;
- Tinkamas hidroizoliacijos tvirtinimo būdas;
- Numatomi hidroizoliacijos testavimo metodai;
- Pasirinktas konkretus hidroizoliacinių medžiagų gamintojas bei jo siūloma prekė.

6. Sistemą galima integruoti į BIM (Building Information Modeling), kuriame kuriama ir valdoma visa statinio informacija visais jo gyvavimo ciklais. Sistema modelyje būtų naudinga:

- pirminėje projektavimo koncepcijoje, norint parinkti statinio stogui labiausiai lūkesčius atitinkančius stogo sluoksnius;
- modelyje peržiūrint hidroizoliacijos testavimo galimybės bei parenkant tinkamą remonto variantą, jeigu statinio naudotojai susidurtų su vandens pratekėjimo į pastatą problemomis;
- vykdant pastato modernizaciją ir analizuojant naujus statinio stogui reikalingus sluoksnius.

7. Ateityje sistema su variantiniu projektavimu ir racionalių hidroizoliacijos parinkimu galėtų būti tobulinama, įtraukiant vis naujesnius ir geresnius stogo hidroizoliacijos tipus bei konkrečius gaminius. Ją taip pat galima papildyti veiksmingais mazgais, stogo elementams hidroizoliuoti.

LITERATŪRA IR ŠALTINIAI

- Akbari *et al.* 2009. Global cooling: increasing world – wide urban albedos to offset CO₂. *Climate Change* 94 (2009) 275-286.
- Amerikoje [interaktyvus]. 2015. [žiūrėta 2017-10-08]. Prieiga per internetą: <<https://leak-detection.com/news/>>; <https://www.youtube.com/watch?v=aEUCraGH_kY>.
- Apie mus [interaktyvus] 2017. [žiūrėta 2018-03-17]. Prieiga per internetą: <<https://www.bauder.co.uk/about-us>>.
- Apie Soprema [interaktyvus] 2017. [žiūrėta 2018-04-14]. Prieiga per internetą: <<http://apac.soprema.com/about-soprema/>>.
- Apie Renolit [interaktyvus] 2017. [žiūrėta 2018-03-17]. Prieiga per internetą: <<http://www.renolit.com/corporate/en/renolit/>>.
- Aukštos įtampos elektros nuotėkio aptikimas [interaktyvus]. 2015. [žiūrėta 2017-10-07]. Prieiga per internetą: <<http://www.iranalyzers.com/HighVoltageELD.htm>>.
- Aukštuminių pastatų hidroizoliacija. Ką būtina žinoti? [interaktyvus] 2017. [žiūrėta 2017-12-16]. Prieiga per internetą: <<http://www.structum.lt/en/article/aukstuminiu-pastatu-hidroizoliacija-ka-butina-zinoti>>.
- Balčiūnas *et al.* 2014. Plokščių stogų dangų įrengimo technologijų ir patikimumo analizė, *Mokslas- Lietuvos ateitis*, eISSN 2029-1749.
- Bartko *et al.* 2016. In situ measurements of wind pressures on low slope membrane roofs. *Jurnal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 153, 78-91.
- Belaidis ryšys su “PROTECTSYS”[®]WM [interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2017-10-07]. Prieiga per internetą: <<http://www.ild-group.com/en/monitoring/protectsys-wm/>>; <<https://www.youtube.com/watch?v=ySswUy0Kriw>>.
- Bertrand *et al.* 2003. Condition assessment of roof. *Materials and Structures*, Vol. 36 (2003), 330-341.
- Bentonitas „Bentizol“ – ar gali būti geresnių hidroizoliacinių medžiagų? [interaktyvus]. 2017. [žiūrėta 2017-10-08]. Prieiga per internetą: <https://www.youtube.com/watch?v=8y_wO9Nf2Kg>.
- „Carlisle“ korporacija [interaktyvus] 2000. [žiūrėta 2018-03-17]. Prieiga per internetą: <<http://www.carlisle.com/who-we-are/default.aspx>>.
- CE ženklas [interaktyvus] 2018. [žiūrėta 2018-05-13]. Prieiga per internetą: <https://europa.eu/youreurope/business/product/ce-mark/index_lt.htm>.
- Dyal, A. *et al.* 2012. Įrenginys prilydomos dangoms kaitinti prie pagrindo infraraudonaisiais spinduliais. Patentas Nr. 8,262,833 B2 [žiūrėta 2017-04-23]. Prieiga per internetą: <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20090115&CC=US&NR=2009017226A1&KC=A1>.
- Drenažas plokščiuose stoguose [interaktyvus]. 2017. [žiūrėta 2018-01-14]. Prieiga per internetą: <<http://www.hantekor.com/roof-drains/flat-2/>>.
- Elektrinio nuotėkio aptikimo bandymas [interaktyvus]. 2015. [žiūrėta 2017-10-07]. Prieiga per internetą: <<https://www.hollowaycook.com/technical-guidance/electronic-leak-detection-testing/>>.
- Hidroizoliacinių dangų, augimo galimybės, pasaulinėje rinkoje [interaktyvus] 2014. [žiūrėta 2018-03-17]. Prieiga per internetą: <<http://www.lucintel.com/waterproofing-membrane-market-2016-2021.aspx>>.
- Gelbėjimosi liemenė, kuri tapo industrine pasaka [interaktyvus] 2014. [žiūrėta 2018-03-17]. Prieiga per internetą: <<http://www.protan.com/about-protan/protans-history/>>.

- Georgeau et al. 2004. *Plokščių stogų įrengimo sistema ir metodika*. Patent Nr. US 6,679,018 B2 [žiūrėta 2017-04-25]. Prieiga per internetą: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20030807&CC=US&NR=2003145546A1&KC=A1.
- Hegazy et al. 2010. Roof deterioration and impact: A questionnaire survey. *Journal of Retail & Leisure Property* Vol. 9,4, 337-349.
- IKO istorija [interaktyvus] 2017. [žiūrėta 2018-04-08]. Prieiga per internetą: <https://www.ikogroup.co.uk/about-iko/iko-history/>.
- Kaip tikrinti stogą 10 kartų greičiau [interaktyvus] 2017. [žiūrėta 2017-12-16]. Prieiga per internetą: <https://pix4d.com/inspect-a-roof-10-times-faster/>.
- Karablikovas A. 2016. *Plokščio stogo pagrindo įrengimas ir dengimas*. Vadovėlis. 835 p.
- Karablikovas, A. 2007. Klijavimo siūlių tarp stogo dangos iš ritininių prilydomųjų medžiagų sluoksnių formavimo ir jų parametrų tyrimas. *Technological and economic development of economic* 4(2): 134-138.
- Kalibatas D. ir Kovaitis V. 2017. Selecting the most effective alternative of waterproofing membranes for multifunctional inverted flat roofs. *Journal of Civil Engineering and Management*. Vol. 23, 2017, 650-660.
- Konstruktinių detalių biblioteka [interaktyvus]. 2018. [žiūrėta 2018-04-10]. Prieiga per internetą: <http://www.izoliacija.com/projektavimas>.
- Lašas 2014. *Informacijos apie plokščiuosius eksploatuojamus stogus trūkumo analizė ir duomenų bazės kūrimas*. Vilnius. 94 p.
- LST EN 1991-1-4: 2005. Poveikiai konstrukcijoms. 1-4 dalis. Bendrieji poveikiai. Vėjo poveikiai. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2007.
- Migilinskas, D. 2002. Plėvelinių stogo dangų sistemų su apšiltinimu panaudojimo analitinė apžvalga, *Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities* 5: 55-62.
- Mūsų misija [interaktyvus]. 2017. [žiūrėta 2018-05-10]. Prieiga per internetą: <https://www.fmapapprovals.com/about-fm-approvals/our-mission>.
- Naujausi projektai [interaktyvus] 2017. [žiūrėta 2018-03-17]. Prieiga per internetą: <http://www.firestonebpe.com/en/references/products/ultraplytm-tpo-4>.
- Pasaulyje pirmaujančios Bentonito – geotekstilės hidroizoliacinės sistemos [interaktyvus]. 2015. [žiūrėta 2017-10-08]. Prieiga per internetą: <http://www.cetco.com/en-us/Products/Building-Materials/Waterproofing/VOLTEX>.
- Penkios priežastys dėl kurių turėtumėt naudoti bepilotį orlaivį, stogų tikrinimui [interaktyvus] 2017. [žiūrėta 2017-01-16]. Prieiga per internetą: <http://info.industrialskyworks.com/blog/6-reasons-why-you-should-use-drones-for-roof-inspections>.
- Perry, J. 1874. *Įrenginys skirtas užkelti išlydytas stogo medžiagas, patobulinimas*. Patent Nr. 157,460 [žiūrėta 2017-04-19]. Prieiga per internetą: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=157460A&KC=A&FT=D&ND=3&date=18741208&DB=&locale=en_EP.
- Plokščio stogo testavimas, įvertinimas [interaktyvus]. 2015. [žiūrėta 2017-10-07]. Prieiga per internetą: <http://www.epdm.lt/paslaugos/testavimas/>;
- Plokščio stogo stebėjimas [interaktyvus]. 2014. [žiūrėta 2017-10-08]. Prieiga per internetą: <http://www.architekturzeitung.com/architektur-praxis/technik/1954-flachdach-monitoring.html>;
- <http://www.ild-group.com/monitoring/warum-monitoring/>.
- Plokščio stogo hidroizoliacija „Zaandam“ atstovų centre, Olandijoje [interaktyvus] 2016. [žiūrėta 2018-04-22]. Prieiga per internetą: <https://www.resitrix.com/gb/service/references/?referenz=zaandam-distribution-centre-nl>.
- Plokščių stogų montavimas seniau ir dabar [interaktyvus]. 2017. [žiūrėta 2017-04-10]. Prieiga per internetą: <http://www.matthewsroofing.com/history.asp>.

- Protingas kelias apsaugoti stogą* [interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2017-10-08]. Prieiga per internetą: <<http://ild-australia.com.au/progeo-smartex/>>.
- Rasiulis, R. 2011. Plokščiųjų eksploatuojamų stogų nuolydžių modeliavimas esant ribiniams nuolydžiams, *Mokslas – Lietuvos ateitis* 3(2): 35-38.
- Rahman S. et al. 2012. Product – cost modelling approach for the development of a decision support system for optimal roofing material selection. *Forensic Roof Consulting and Hail Damage Assessment Training*, 15 p.
- Sproul et al. 2013. Economic comparison of white, green, and black flat roofs in the United States. *Energy and Buildings*. 71 (2014) 20-47.
- S. Peck, M. Kuhn 2010. Design Guidelines for Green Roofs. *Canada Mortgage and Housing Corporation, Ottawa, and the Ontario Association of Architects, Toronto, ON, 2010*.
- Stogo ir hidroizoliacijos testavimas* [interaktyvus]. 2017. [žiūrėta 2017-10-07]. Prieiga per internetą: <<https://www.wbdg.org/resources/integrity-testing-roofing-and-waterproofing-membranes>>.
- Statybos techninis reglamentas **STR 2.01.02:2016 Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas**. Žin. Nr. D1-754 Vilnius, 2016.
- Statybos techninis reglamentas **STR 2.05.02:2008 Statinių konstrukcijos. Stogai**. Žin. Nr. 130-4997 Vilnius, 2008.
- Statybos techninis reglamentas **STR 2.01.03:2009 Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinė vertė** Žin. Nr. 80-3670 Vilnius, 2003.
- Stogo skaičiavimai, stogo matavimai* [interaktyvus] 2017. [žiūrėta 2017-12-16]. Prieiga per internetą: <<http://blog.roofsnap.com/blog/measuring-roofs-with-drones-and-roofsnap>>.
- Stevenson, J. et al. 1984. *Karšto oro siūlių jungimo įrenginys hidroizoliacinėms membranoms*. Patent Nr. 4,440,588 [žiūrėta 2017-04-23]. Prieiga per internetą: <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=19840403&CC=US&NR=4440588A&KC=A>.
- “Swelltite” kompozitinė bentonito hidroizoliacinė sistema [interaktyvus]. 2015. [žiūrėta 2017-10-08]. Prieiga per internetą: <<http://www.mosas.lt/failai/file/image/CETCO/SWELLTITE%20hidroizoliacija/Swelltite%20Irengimo%20vadovas.pdf>>.
- Šiltinimo medžiagos –PIR plokštės* [interaktyvus] 2017. [žiūrėta 2018-01-18]. Prieiga per internetą: <<https://e-stogdengiai.lt/siltinimo-medziagos-siltinimas>>.
- Šimtmečio patirtis, guminių hidroizoliacinių dangų technologijoje* [interaktyvus] 2015. [žiūrėta 2018-03-17]. Prieiga per internetą: <<http://www.firestonebpe.com/en/about-us/history>>.
- Trial T. et al. 2009. *Atsikurianti stogo hidroizoliacinė membrana*. Patent Nr. US 2009/0100775 A1 [žiūrėta 2017-10-08]. Prieiga per internetą: <<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US20090100775.pdf>>.
- TPO/FPO hidroizoliacijų pristatymas* [interaktyvus] 2015. [žiūrėta 2018-04-08]. Prieiga per internetą: <<https://civilengineerblog.com/introduction-tpofpo-waterproofing-membrane/>>.
- Trumpa istorija* [interaktyvus] 2011. [žiūrėta 2018-03-17]. Prieiga per internetą: <<https://polyglass.us/about-us/>>.
- Tupėnaitė L. 2010. *Gyvenamosios aplinkos atnaujinimo projektų daugiakriteris vertinimas*. Daktaro disertacijos santrauka. Vilnius: Technika, p. 25.
- Vitiello, R. 2007. *Comparative performance of EPDM rubber roofing membrane as protection against hail damage*. Forensic Roof Consulting and Hail Damage Assessment Training, 15 p.
- Volclay Bentonito/ Geotekstilės hidroizoliacija – gaminio vadovas* [interaktyvus]. 2015. [žiūrėta 2017-10-08]. Prieiga per internetą:

<[http://www.mosas.lt/failai/file/image/CETCO/VOLTEX%20hidroizoliacija/VOLTEX_Ir_engimo%20vadovas_\(NAUJAS\).pdf](http://www.mosas.lt/failai/file/image/CETCO/VOLTEX%20hidroizoliacija/VOLTEX_Ir_engimo%20vadovas_(NAUJAS).pdf)>.

Zavadskas *et al.* 2008. *Statybos procesų technologija*. Vilnius: Technika. 576 p.

Watts, A. 2011a. Modern Construction Envelopes. Timber Roofs 01. Flat roof: Bitumen – base sheet membrane. *Springer-Verlag/ Wien*, 422-431.

Watts, A. 2011b. Modern Construction Envelopes. Concrete Roofs 02 Exposed membrane. *Springer-Verlag/ Wien*, 400-409.

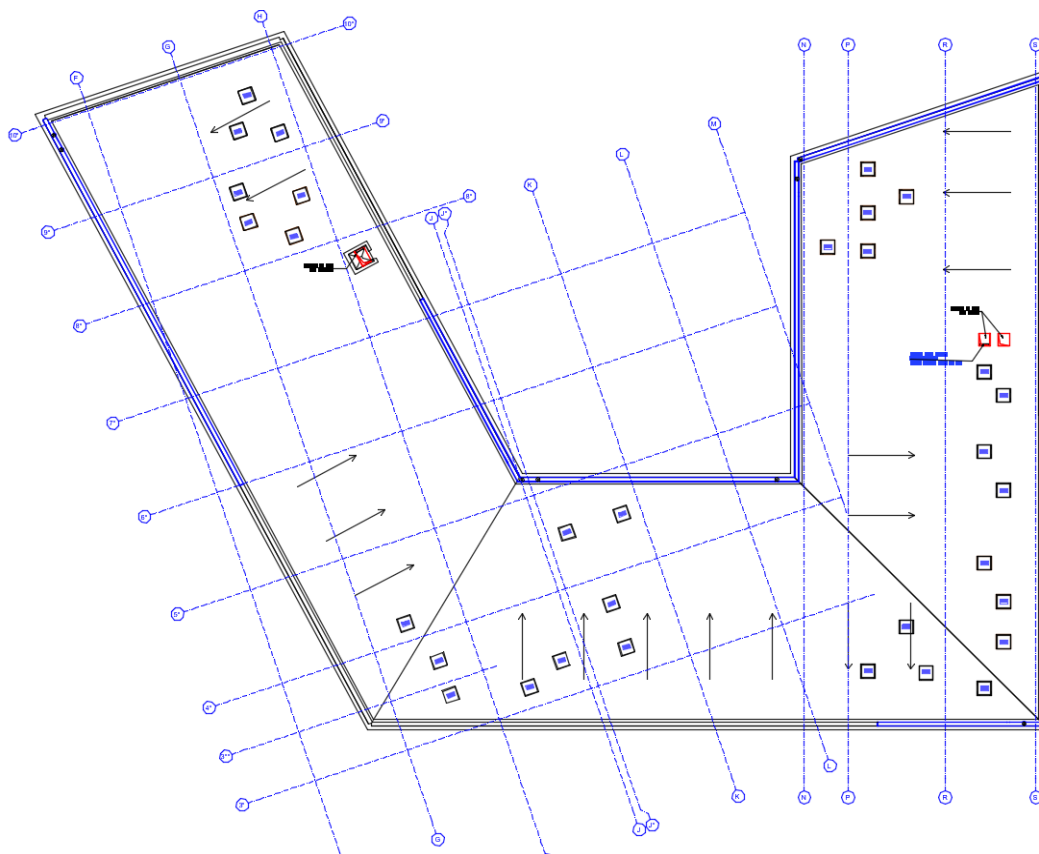
1910: Sika įmonės pradžia [interaktyvus] 2017. [žiūrėta 2018-04-08]. Prieiga per internetą: <<https://www.sika.com/en/group/Aboutus/History/Thestartofsika.html>>.

PRIEDAI

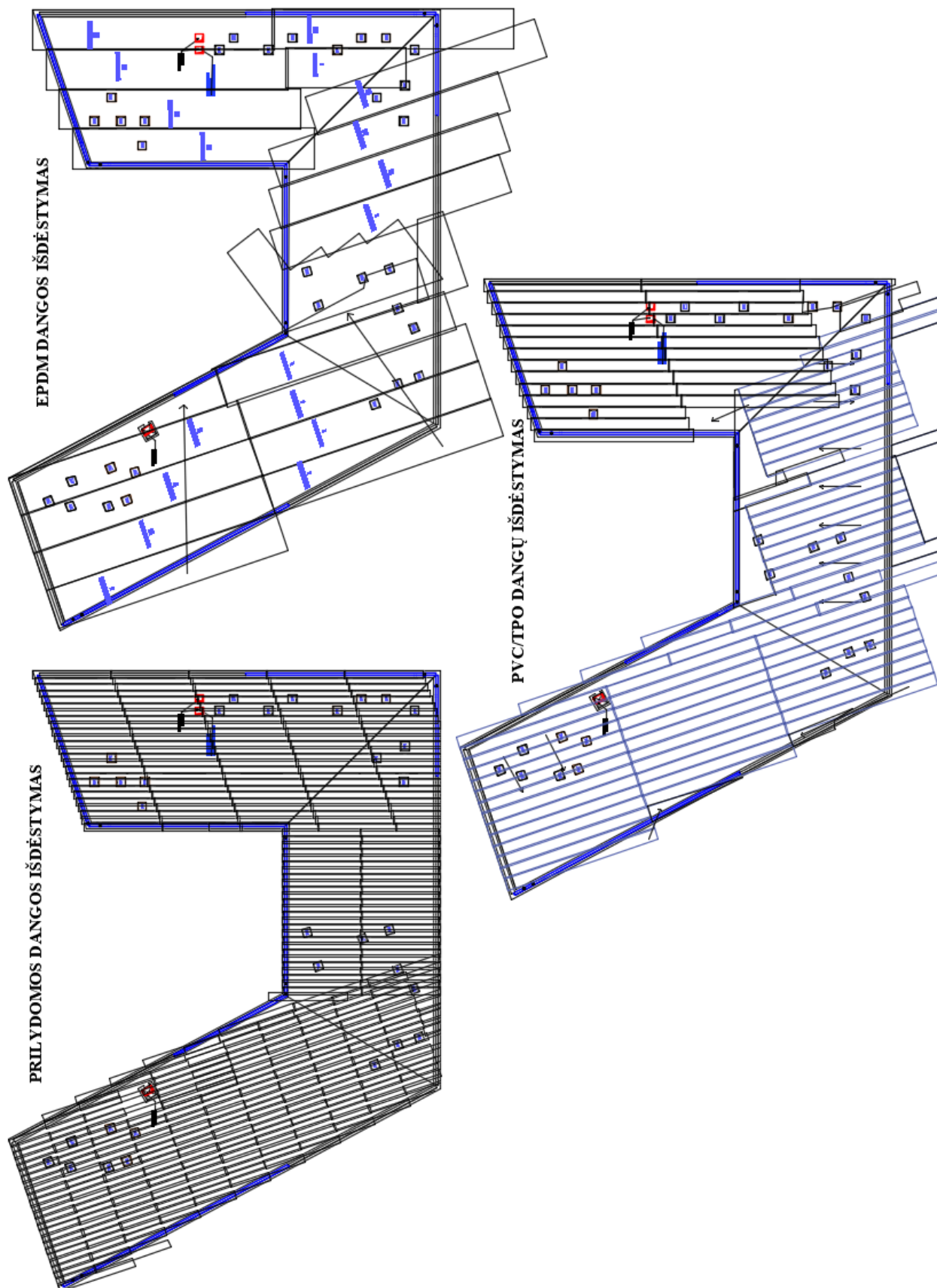
A priedas. Analizuojamo pastato vizualizacija, stogo planas ir skaičiavimo schemos



A.1 pav. Analizuojamo pastato PARK TOWN 2 etapas, vizualizacija



A.2 pav. Analizuojamo pastato PARK TOWN 2 etapas, stogo planas



A.3 pav. Analizuojamo pastato PARK TOWN 2 etapas, stoginių hidroizoliacijų išdėstymo planai – skaičiavimo schemas (sudaryta autoriaus)

B priedas. PARK TOWN 2 etapas: stogo hidroizoliacinių dangų sąmatos

Prilydoma danga MIDA Technoelast 2 sluoksniai. Medžiagų kaina – 8,26 €/m² be PVM ;
Darbų kaina – 8,23 €/m² be PVM.

B. 0.1 lentelė. Stogo PARK TOWN 2 etapas: prilydomos dangos hidroizoliacijos sąmata.

<i>Komercinis pasiūlymas NR.</i>				
<i>Data/ Projektas:</i>				
<i>Projektas:</i>	Stogo hidroizoliacija - PARK TOWN II			
<i>Vieta:</i>	Vilnius, Lvovo g. 103			
<i>Stogo sistema:</i>	Prilydoma danga - MIDA Technoelast, 2 sluoksniai			
<i>Vardas Pavardė:</i>				
<i>Mob. nr.:</i>				
<i>El. Paštas:</i>				
<i>Neto plotas (m2):</i>	2430			Sąmatą sudarė:
				MINDAUGAS LUKŠA
Gaminio apibūdinimas	Matas	Kiekis	Vieneto kaina, €	Viso, €
Mida Technoelast S4b (viršutinis sluoksnis)	m ²	2950,00	3,20	9440,00
Mida Technoelast S4s (apatinis sluoksnis)	m ²	2950,00	3,10	9145,00
Dujos (dangos lydimui)	vnt.	50,00	12,50	625,00
Ventiliaciniai kaminėliai	vnt.	45,00	10,00	450,00
Papildomi šiltinimo kampai ties parapetais	m	283,00	1,00	283,00
Už hidroizoliacijos medžiagas(1):				19943,00
Hidroizoliacijos įrengimas (1):	m2	2430,00	8,23	20008,13
				Viso be PVM
				39.951,13 €

„Firestone“ EPDM membrana, pilnai klijuojama prie pagrindo. Medžiagų kaina – 15,17 €/m²
be PVM ; Darbų kaina – 7,81 €/m² be PVM.

B.2 lentelė. Stogo PARK TOWN 2 etapas: EPDM hidroizoliacijos sąmata.

<i>Komercinis pasiūlymas NR.</i>				
<i>Data/ Projektas:</i>				
<i>Projektas:</i>	Stogo hidroizoliacija - PARK TOWN II			
<i>Vieta:</i>	Vilnius, Lvovo g. 103			
<i>Stogo sistema:</i>	EPDM membrana - pilnai klijuojama			
<i>Vardas Pavardė:</i>				
<i>Mob. nr.:</i>				
<i>El. Paštas:</i>				
<i>Neto plotas (m2):</i>	2430			Sąmatą sudarė:
				MINDAUGAS LUKŠA
Gaminio apibūdinimas	Matas	Kiekis	Vieneto kaina, €	Viso, €
EPDM membrana 1,14 mm storio*	m ²	2710,18	7,30	19795,15
QS SA Flashing (457mm pločio 1,52mm storio juosta)	m	10,00	29,04	290,40
9" QuickSeam FormFlash (formuojanti juosta)	m	135,43	14,96	2026,03
12" QuickSeam FormFlash (formuojanti juosta)	m	24,00	21,25	509,95
QS P.F.S. armuota perimetro juosta	m	238,00	7,45	1772,62
QuickSeam 3" siūlių juosta (76 mm pločio)	m	550,30	2,78	1532,04
Pagrindo klijai (Bonding Adhesive)	l	1190,70	7,72	9187,44
Siūlių hermetikas	vnt.	35,39	8,31	294,16
Vandenį atstumiantis hermetikas	vnt.	4,50	5,33	23,98
QuickPrime Plus (gruntas)	l	92,68	12,02	1113,60
Varžtų tipas:				
AP varžtas 3 1/4 (8.26 cm)	vnt.	952,00	0,17	161,84
Lėkštelės	vnt.	952,00	0,18	166,60
Už hidroizoliacijos medžiagas(1):				36873,81
Hidroizoliacijos įrengimas (1):	m2	2430,00	7,81	18990,04
				Viso be PVM
				55.863,85 €

IKO“ PVC danga, mechaniškai tvirtinama prie pagrindo. Medžiagų kaina – 11,8 €/m² be PVM ; Darbų kaina – 7,2 €/m² be PVM.

B.3 lentelė. Stogo PARK TOWN 2 etapas: PVC dangos hidroizoliacijos sąmata.

Komercinis pasiūlymas NR.				
Data/ Projektas:				
Projektas:	Stogo hidroizoliacija - PARK TOWN II			
Vieta:	Vilnius, Lvovo g. 103			
Stogo sistema:	PVC danga - mechaniškai tvirtinama			
Vardas Pavardė:				
Mob. nr.:				
El. Paštas:				
Neto plotas (m2):	2430			Sąmatą sudarė:
				MINDAUGAS LUKŠA
Gaminio apibūdinimas	Matas	Kiekis	Vieneto kaina, €	Viso, €
PVC IKO Armourplan SM pilka 1,5mm	m²	2880,00	5,53	15926,40
Nearmuota PVC	m²	200,00	33,00	6599,87
Pagrindo klijai (Bonding Adhesive)	l	80,00	9,65	771,60
Geotekstilė (200 g/m2)	m²	2600,00	1,01	2626,00
Varžtų tipas:				
AP varžtas 3 1/4 (8.26 cm)	vnt.	6.000,00	0,25	1500,00
Hidroizoliacijai tvirtinti skirti kaiščiai	vnt.	6.000,00	0,21	1260,00
Už hidroizoliacijos medžiagas(1):				28683,87
Hidroizoliacijos įrengimas (1):	m2	2430,00	7,23	17572,12

C priedas. Analizuojamų hidroizoliacinių dangų, daugiakriterė analizė ARAS metodu

Iš pradžių yra sudaroma pradinų duomenų matrica, kurioje surašome kriterijus, pagal kuriuos lyginsime, taip pat maksimizuojame ir minimizuojame, ir sukuriami optimali alternatyva A0 (žr. C.1 lentelę).

C.1 lentelė. Pradinų duomenų matrica

	MAX/MIN	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A0
x1	MIN	31,07	80	16,43	20,51	22,37	17,97	19	19,87	25,17	19,08	20,07	18,88	23,69	24,51	22,9	20,28	23,73	10
x2	MAX	400	400	650	900	1250	900	1250	1100	1100	1100	1050	1000	1200	900	1200	1200	500	1300
x3	MAX	15	300	40	50	300	15	25	16	15	15	15	19	19	13	20	19	300	310
x4	MAX	400	400	300	300	50	350	200	225	200	300	150	200	300	300	300	200	80	500
x5	MAX	20	40	25	30	45	30	30	25	25	25	30	30	30	30	40	30	30	50
x6	MAX	90	90	200	300	40	150	550	400	200	200	200	200	320	300	400	320	400	600
x7	MAX	20	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	20	40
x8	MAX	2	1	4	3	6	5	5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	8	9
x9	MAX	1	6	2	2	3	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	3	7

Toliau, kad būtų galima atlikti daugiakriterę analizę, reikia visus kriterijus padaryti maksimizuojamais. Siekiant, kad visi kriterijai būtų maksimizuojami, reikia atlikti sprendimų matricos transformavimą (žr. C.2 lentelę). Sprendimų matrica transformuojama pagal formulę (1):

$$x_{ij} = \frac{1}{x_{ij}^*}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (1), \text{ kur}$$

x_{ij}^* – minimizuojama reikšmė

C.2 lentelė. Transformuota sprendimų matrica

	MAX/MIN	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A0
x1	MIN	0,032	0,013	0,061	0,049	0,045	0,056	0,053	0,050	0,040	0,052	0,050	0,053	0,042	0,041	0,044	0,049	0,042	0,100
x2	MAX	400	400	650	900	1250	900	1250	1100	1100	1100	1050	1000	1200	900	1200	1200	500	1300
x3	MAX	15	300	40	50	300	15	25	16	15	15	15	19	19	13	20	19	300	310
x4	MAX	400	400	300	300	50	350	200	225	200	300	150	200	300	300	300	200	80	500
x5	MAX	20	40	25	30	45	30	30	25	25	25	30	30	30	30	40	30	30	50
x6	MAX	90	90	200	300	40	150	550	400	200	200	200	200	320	300	400	320	400	600
x7	MAX	20	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	20	40
x8	MAX	2	1	4	3	6	5	5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	8	9
x9	MAX	1	6	2	2	3	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	3	7

Tuomet, reikia transformuotą matricą normalizuoti (žr. C.3 lentelę). Tokiu būdu yra gaunami bedimensiai dydžiai. Normalizavimas yra atliekamas naudojant (2) formulę:

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

C.3 lentelė. Normalizuota sprendimų matrica

	MAX/MIN	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A0
x1	MIN	0,037	0,014	0,070	0,056	0,051	0,064	0,060	0,058	0,046	0,060	0,057	0,061	0,048	0,047	0,050	0,057	0,048	0,115
x2	MAX	0,023	0,023	0,037	0,052	0,072	0,052	0,072	0,063	0,063	0,063	0,060	0,057	0,069	0,052	0,069	0,069	0,029	0,075
x3	MAX	0,010	0,199	0,027	0,033	0,199	0,010	0,017	0,011	0,010	0,010	0,010	0,013	0,013	0,009	0,013	0,013	0,199	0,206
x4	MAX	0,084	0,084	0,063	0,063	0,011	0,074	0,042	0,047	0,042	0,063	0,032	0,042	0,063	0,063	0,063	0,042	0,017	0,105
x5	MAX	0,035	0,071	0,044	0,053	0,080	0,053	0,053	0,044	0,044	0,044	0,053	0,053	0,053	0,053	0,071	0,053	0,053	0,088
x6	MAX	0,018	0,018	0,040	0,060	0,008	0,030	0,111	0,081	0,040	0,040	0,040	0,040	0,065	0,060	0,081	0,065	0,081	0,121
x7	MAX	0,038	0,048	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,038	0,076
x8	MAX	0,021	0,010	0,042	0,031	0,063	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,073	0,073	0,073	0,073	0,083	0,094
x9	MAX	0,014	0,086	0,029	0,029	0,043	0,057	0,057	0,057	0,071	0,057	0,071	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,043	0,100

D priedas. Pažyma dėl dalyvavimo 2017 m. vasario 28d. 20-oje Jaunųjų mokslininkų konferencijoje



**VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS**

**STATYBOS EKONOMIKOS IR
NEKILNOJAMO TURTO VADYBOS KATEDRA**

Viešoji įstaiga, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, tel.: (8 5) 274 5000, (8 5) 274 5030, faks. (8 5) 270 0112, el. p. vgtu@vgtu.lt
Duomenys kaupiami ir saugomi Juridinių asmenų registre, kodas 111950243, PVM mokėtojo kodas LT119502413
Katedros duomenys: Saulėtekio al. 11, MAC-509 kab., LT-10223 Vilnius, tel. (8 5) 274 5235, el. p. sentv@vgtu.lt
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania, phone: +370 5 274 5000, +370 5 274 5030, fax: +370 5 270 0112, e-mail: vgtu@vgtu.lt
Department: Saulėtekio al. 11, MAC-509, LT-10223 Vilnius, Lithuania, phone: +370 5 274 5235, e-mail: sentv@vgtu.lt

2017 03 06

Nr. _____

I

Nr. _____

DĖL DALYVAVIMO KONFERENCIJOJE

Pažymime, kad Statybos ekonomikos ir nekilnojamo turto vadybos katedros SEVfm-16 gr. studentas Mindaugas Lukša 2017 m. vasario 28 d. 20-oje Jaunųjų mokslininkų konferencijoje skaitė pranešimą tema „Plokščių stogų hidroizoliacijos racionalaus varianto parinkimas“.

Statybos ekonomikos ir nekilnojamojo
turto vadybos katedros vedėjas

Artūras Kaklauskas