

ALEKSANDRO STULGINSKIO UNIVERSITETAS
Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakultetas
Vandentvarkos katedra
Melioracijos katedra

Inga Adamonytė, Stefanija Misevičienė

VANDENTVARKA



Mokomoji knyga



ALEKSANDRO STULGINSKIO UNIVERSITETAS
Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakultetas
Vandentvarkos katedra
Melioracijos katedra

Inga Adamonytė, Stefanija Misevičienė

VANDENTVARKA

Mokomoji knyga

AKADEMIJA
2012

UDK 628.1 (075.8)

Inga Adamonytė, Stefanija Misevičienė

VANDENTVARKA

Mokomoji knyga

Recenzavo:

doc. dr. Algis Kvaraciejus, Vandentvarkos katedra, Aleksandro Stulginskio universitetas
doc. dr. Midona Dapkienė, Hidrotechnikos katedra, Aleksandro Stulginskio universitetas
doc. dr. Arvydas Šikšnys, Hidrotechnikos katedra, Aleksandro Stulginskio universitetas

Aprobuota:

Vandentvarkos katedroje, 2012 04 24, protokolo Nr. 7
Agronomijos fakulteto metodinės komisijos posėdžio, 2012 08 30, protokolo Nr. 20(90)
Aleksandro Stulginskio universiteto metodinės komisijos posėdžio 2012 08 30, protokolo Nr. 54


Kalbą redagavo Laima Jonikienė
Maketavo Vita Spūdytė
Viršelio dailininkė Danguolė Raudonienė

© Inga Adamonytė, Stefanija Misevičienė, 2012
© Aleksandro Stulginskio universitetas, 2012

ISBN 978-609-449-039-2

Mokomoji knyga skirta Agronomijos fakulteto pirmosios studijų pakopos dieninių ir neakivaizdinių studijų formų Želdininkystės ir kraštovaizdžio architektūros specialybės studentams. Formuojant kraštovaizdį studentai turi suvokti pagrindinius vandentvarkos elementams keliamus reikalavimus ir projektavimo principus, turėti žinių apie vandens inžinerijos raidą Lietuvoje ir vandentvarkos objektus, hidrotechnikos statybą, vandens tvarkymo priemones, suvokti vandentvarkos brėžinius, išmanyti gamtosauginį, techninį ir teisinį vandentvarkos reglamentavimą bei sugebėti bendradarbiauti su kitų sričių specialistais.

Mokomojoje knygoje Vandentvarka pateikiamos pagrindinės vandentvarkos sąvokos, pagrindinės vandentvarkos technologijos, supažindinama su techniniais vandentvarkos projektų elementais, pateikiami paviršinio vandens tvarkymo būdai, priderinti prie kraštovaizdžio, aiškina mi vandens išteklių ir telkinių kokybės reikalavimai. Mokomojoje knygoje pateikiama bazinė informacija apie pagrindines vandentvarkos sritis: hidrologiją, vandentieką, vandenvałą ir dirvožemio sausinimą; supažindinama su esminiais šių sričių tarpusavio ryšiais ir principais bei galimais praktiniais sprendimais.



TURINYS

| | |
|---|----|
| 1. VANDENTVARKOS APIBRĖŽIMAS IR RAIDA | 6 |
| 2. VANDENS IŠTEKLIAI IR HIDROLOGINIS CIKLAS | 7 |
| 3. HIDROLOGIJOS OBJEKTAS IR PAGRINDAI | 10 |
| 4. VANDENTIEKOS PAGRINDAI | 17 |
| 5. VANDENVALOS PAGRINDAI | 22 |
| 6. DIRVOŽEMIO SAUSINIMO PAGRINDAI | 33 |
| NAUDOTA LITERATŪRA | 53 |

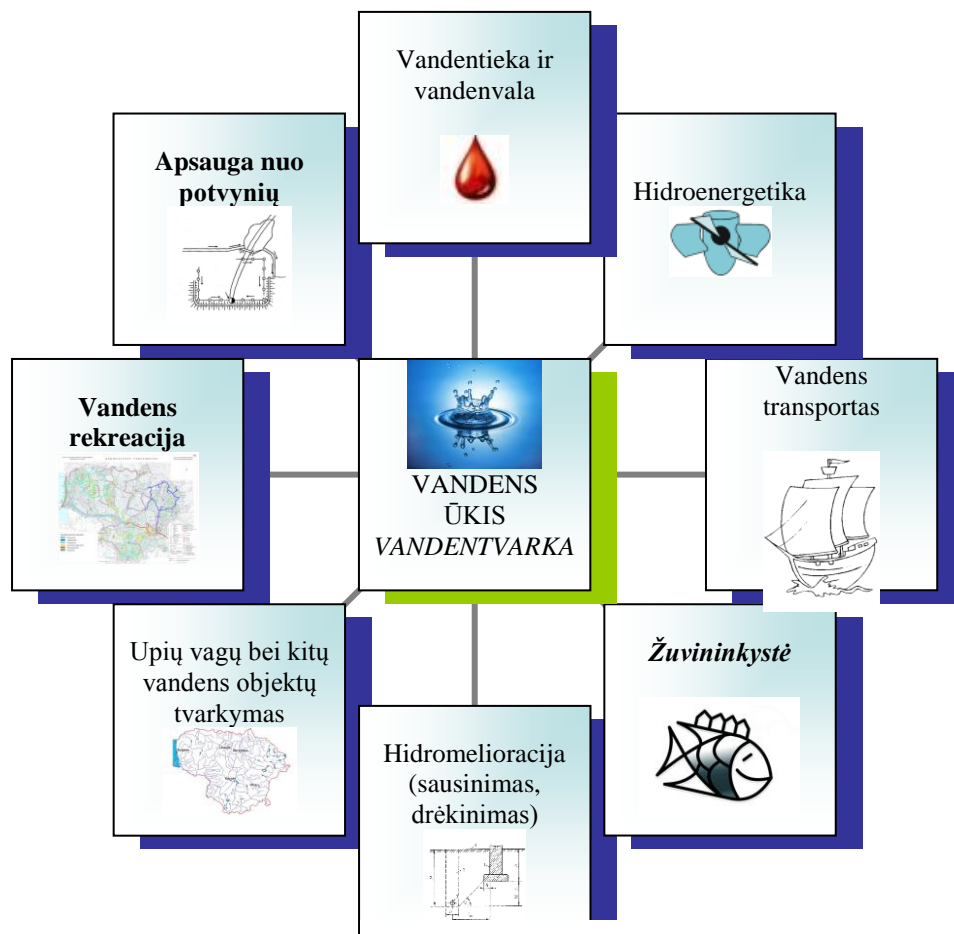
1. VANDENTVARKOS APIBRĖŽIMAS IR RAIDA

Vanduo – būtinybė gyvybei ir žmonėms, todėl žmonės juo rūpinosi visada. Senosios valstybės tiesdavo vandentiekius, tvarkydavo paviršinio vandens nuvedimo sistemas, kasdavo griovius ir šulinius ar įrengdavo saugyklas bei dirbtinius vandens telkinius įvairiems savo poreikiams tenkinti. Tokių darbų ir idėjų svarba paaiškinama vien jau tuo, kiek energijos ir darbo į tai būdavo investuojama. 1902 m. rugpjūčio 2 d. Klaipėdoje buvo iškilmingai atidarytas Klaipėdos vandentiekis. Gerokai seniau, dar 1501 m., buvo pradėtas rengti seniausias Lietuvos vandentiekis. Tada prie Vilniaus esančius Vingrių šaltinius Lietuvos didysis kunigaikštis Aleksandras padovanojo dominikonų vienuoliams. Šie šaltiniai aprūpino vandeniu du Vilniaus vienuolynus bei keletą gyvenamųjų namų ir ne be atlygio. Dar seniau, daugiau kaip prieš 2000 metų, senovės romėnai savo miestams vandenį atplukdydavo kanalais ir akvedukais – vandens tiltais. 3761 m. pr. m. e. buvo statyti seniausieji miestai, tuo metu jau buvo sprendžiamas ir apsirūpinimo vandeniu klausimas.

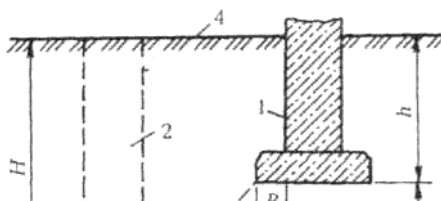
Vandentvarka – tai planinga veikla, nukreipta į paviršinių ir požeminių vandens išteklių ekonomiškai pagrįsta naudojimą, jų apskaitą ir apsaugą, visų vandens poveikio aplinkai ir visuomenei valdymą ir kontrolę bei kokybės gerinimą.

Vandens ūkis – tai ūkio šaka, apimanti vandens išteklių naudojimą, apskaitą, tyrimą, naudojimą bei būdus įvairiems vandens objektams apsaugoti nuo žalingo vandens poveikio. Skiriamos šešios pagrindinės vandens ūkio dalys: hidromelioracija (drėkinimas, sausinimas, sauga nuo vandens erozija), hidroenergetika (hidroelektrinių ir kitokių vandens jėgainių statyba), vandens transportas (laivyba, sielių plukdymas, uostų ir priplaukų statyba), vandentiekia ir vandenvala (nuotakynai), žuvininkystė, upių vagų bei kitų vandens objektų tvarkymas (1 pav.).

Vandens ūkio šakų ir sričių schema pateikiama 1 pav.



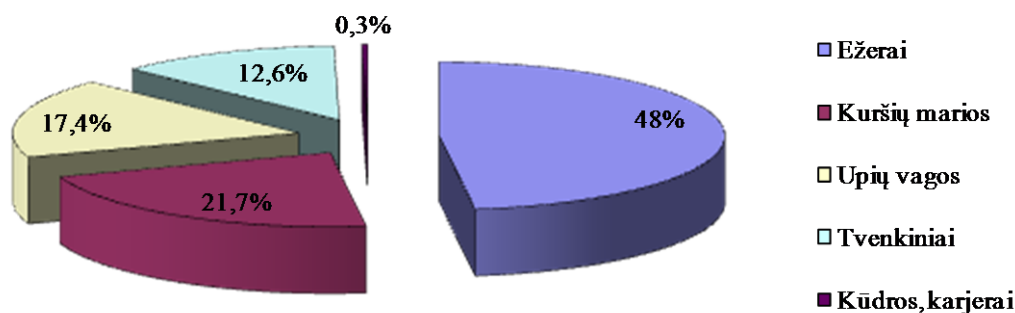
1 pav. Van



2. VANDENS IŠTEKLIAI IR HIDROLOGINIS CIKLAS

Vandens apykaita per atmosferą vyksta visą laiką. Laisvai cirkuliuoja tik 5 proc. viso Žemėje esančio vandens, 95 proc. Žemės vandens yra litosferoje ir nuosėdinėse uolienose. Gėlas vanduo sudaro tik apie 3 proc. visų vandens atsargų: 30 proc. Žemės gėlo vandens yra po žeme, 1 proc. – upėse ir atmosferoje, 69 proc. – ledynuose. Atmosferos vanduo išlyja apytikriai kas 11 dienų, kitaip sakant, visas atmosferos vanduo išlyja 35 kartus per metus. Apie 55–80 proc. išlijusio vandens vėl išgaruoja, kita dalis susigeria į žemę. Į žemę susigėręs vanduo sunkiasi – juda vertikaliai ir horizontaliai. Lietuvoje per parą išlyja vidutiniškai 133 mln. m³ vandens. Dalis jo išgaruoja, apie 27 mln. m³ nubėga upėmis, į žemę susigeria 42 mln. m³. Teoriškai Lietuvos teritorijoje būtų galima išsiurbti 13 mln. m³ požeminio vandens per parą, tačiau eksploataciniai (praktiškai pasiekiami) požeminio vandens ištekliai Lietuvoje siekia 3,2 mln. m³ per parą. Išžvalgyti ir patvirtinti požeminio vandens ištekliai sudaro beveik 2,0 mln. m³ per parą. Praktiškai Lietuvoje per parą sunaudojama apie 400 tūkst. m³ vandens – tiek jo tiekia vartotojams visos Lietuvos vandenvietės. Iš jų Klaipėdos vartotojams patiekama apie 30 tūkst. m³ vandens. Apie 20 tūkst. m³ patiekia Klaipėdos 3-ioji vandenvietė, kuri pagal pajėgumą, naudojamos teritorijos plotą yra pati didžiausia ir mažiausiai apsaugota nuo taršos Lietuvos vandenvietė. Vanduo siurbiamas iš Karaliaus Vilhelmo kanalo, filtruojamas infiltraciniuose laukuose ir išvalomas iki higienos normų reikalaujamo švarumo. Apie 10 tūkst. m³ per parą vandens patiekia Klaipėdos 1-oji vandenvietė – seniausia, uždariusia ir labiausiai apsaugota nuo taršos. Vanduo joje siurbiamas iš 260 m gylio gręžinių. Iš pirmojo gręžinio 1902 m. savitaka bėgo 600 m³ vandens per parą, o statinis vandens slėgio aukštis siekė 44 m virš jūros lygio.

Įvairiausių vandens naudotojų poreikių tenkinimui (vandens transportas, rekreacija, drėkinimas, geriamasis vanduo ir pan.) lemiamą ir esminę įtaką turi teritorijos hidrografinis tinklas. Visa Lietuvos teritorija yra Baltijos jūros baseine. Šalies hidrografinį tinklą sudaro įvairūs vandentakiai (upės, upeliai ir upokšniai, grioviai), ežerai ir tvenkiniai, kiti vandens telkiniai (2 pav.).

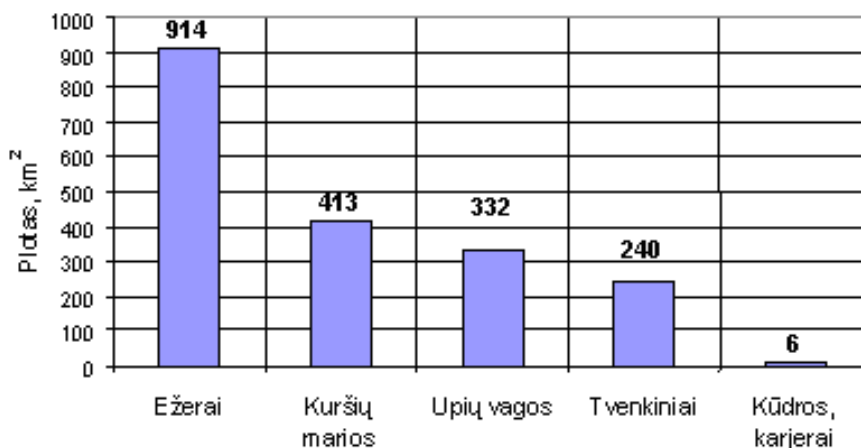


2 pav. Paviršinių vandens telkinių pasiskirstymas pagal tipą <http://vanduo.gamta.lt>

Iš viso Lietuvoje yra priskaičiuojama apie 22,2 tūkst. upių ir upelių, kurių bendras vagų ilgis – apie 76800 km. Upių tankis Lietuvoje yra 1,18 km/km². Lietuvos teritorija teka 5463 upės, upeliai ir grioviai, ilgesni nei 3 km, bei trumpi aplinkosauginiu požiūriu svarbūs vandentakiai (3 pav.).

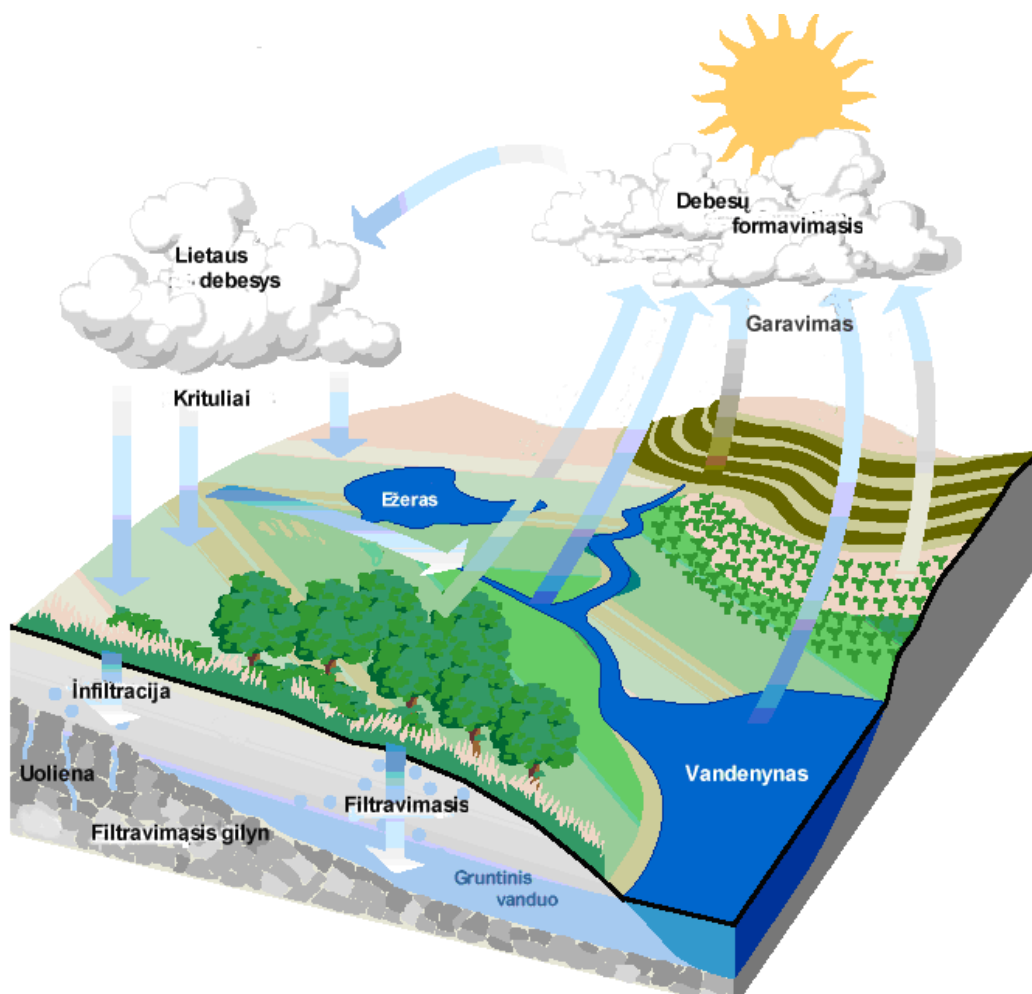
Lietuvoje yra apie 2850 ežerų, kurių plotas 0,5 ha ir didesnis. Visų ežerų plotas siekia per 914 km², tai užima apie 1,5 proc. viso Lietuvos teritorijos ploto.

2001 m. sudaryto klasifikatoriaus duomenimis, Lietuvoje yra 1159 tvenkiniai, kurių plotas 0,5 ha ir didesnis, paviršiaus plotas apie 240 km²



3 pav. Paviršinių vandens telkinių plotai Lietuvoje <http://vanduogamta.lt>

Hidrologinis ciklas. Egzistuoja trijų būsenų vanduo (skystas, kietas ir garų būsenoje). Jis dalyvauja nuolatiname judėjime arba dar kitaip vadinamame hidrologiniame cikle iš vandenynų į atmosferą, atgal ant žemės paviršiaus ir vėl grįžta į vandenyną (4 pav.). Labai svarbus šiame cikle garavimas, krituliai, paviršinis ir požeminis nuotėkis bei tarpiniai procesai. Tik pilnai suvokiant šių procesų fizinę prasmę, galima paaiškinti gamtoje vykstančius hidrologinio ciklo reiškinius. Ir ne tik paaiškinti, o reguliuoti žmogaus ūkinę veiklą taip, kad kuo mažiau pažeistume natūraliai gamtoje vykstančius procesus.



4 pav. Hidrologinio ciklo schema

Nagrinėjant hidrologinį ciklą arba gamtinę sistemą jos komponentais galima laikyti talpas, kur vanduo trumpiau ar ilgiau susilaiko. Tai vandenynai, atmosfera, ežerai, dirvožemis, upės ir kt. Reikšmingiausi šios sistemos procesai yra tie, kurie vienaip ar kitaip keičia vandens būseną arba perneša vandenį iš vieno sistemos komponento į kitą: kondensacija (procesas, kai garai virsta skysčiu), krituliai (procesų, perkeliančių vandenį iš atmosferos ant žemės paviršiaus, visuma) ir pan. (4 pav.). Šis procesas vyksta uždaru ciklu, o reikšmingiausi elementai yra: garavimas, debesų formavimasis, kritulių iškritimas, infiltracija ir filtracija į gruntą, požeminis ir paviršinis nuotėkis.

3. HIDROLOGIJOS OBJEKTAS IR PAGRINDAI

Hidrologija – mokslas, nagrinėjantis hidrosferą, įskaitant vandenynus ir jūras, upes, ežerus, šlapynes, dirvožemio ir požemio vandenį, sniegą ir ledynus, atmosferos drėgmę, taip pat jos savybes ir vykstančius procesus, esant sąlyčiui su atmosfera, litosfera ir biosfera. Hidrologija susijusi su meteorologija, geomorfologija, dažnai remiamasi fizika, hidraulika, hidrodinamika ar matematika.

Hidrogeologija – požeminio vandens hidrologija, o hidrologijos terminas apima žemynų (sausumos) vandens hidrologiją.

Hidrometrija – hidrologijos sritis, nagrinėjanti matavimų ir stebėjimų metodus, naudojamus vandens hidrologiniam režimui tirti, o hidrografijos tikslas – aprašyti teritorijų vandens objektus ir išaiškinti jų geografinio išsidėstymo dėsniumus.

Bendroji (sausumos, kontinentinė, žemyno) *hidrologija* apima bendruosius vandens formavimosi bei veiklos dėsniumus, tokius kaip hidrografinio tinklo susidarymo, drėgmės apykaitos, hidrologinių reiškinių ir meteorologinių veiksnių ryšio tyrimus.

Nuotėkio reguliavimas – mokslas apie upių vandens nuotėkio persikirstymą laike ir teritorijoje.

Inžinerinė hidrologija – taikomios hidrologijos dalis inžinerinėms reikmėms, pvz.: inžinerinių statinių ir priemonių planavimui, projektavimui, eksploatacijai ir palaikymui.

Hidrotechnikos statinys HTS – inžinernis statinys vandens ištekliams naudoti ir saugoti nuo žalingų vandens poveikių (Damulevičius ir kt., 2008). Pagrindinė hidrotechnikos taikymo sritis – vandens ūkis.

Hidraulika nagrinėja skysčių pusiausvyros ir judėjimo dėsnius ir nustato šių dėsnių praktinio taikymo metodus.

Hidroinformatika – mokslas, nagrinėjantis informacinių technologijų taikymą vandenų srityje, kompiuterinių duomenų bazių kūrimo ypatumus, informacijos perdavimo internetu bei GIS duomenų bazių kūrimą vandens ūkio srityje.

Apibrėžtos teritorijos vandentakų (laikinių ir nuolatinių) ir vandens telkinių visuma vadinama *hidrografiniu tinklu*.

Upės baseino hidrografinis tinklas – tai hierarchinė intakų, maitinančių pagrindinę iš baseino teritorijos ištekančią upę, sistema (5 pav.).

Hidrografija – tai hidrologijos šaka, aprašanti ir tirianti kuria nors vietoje tekančių upių ir jų tinklą įeinančių ežerų, pelkių ir tvenkinių visumą. Dalis hidrografinio tinklo su aiškiais nuolatiniemis vandentakomis yra upių tinklas, o *upe* vadinama natūrali vandens tėkmė, tekanti savo suformuota atvira vaga.

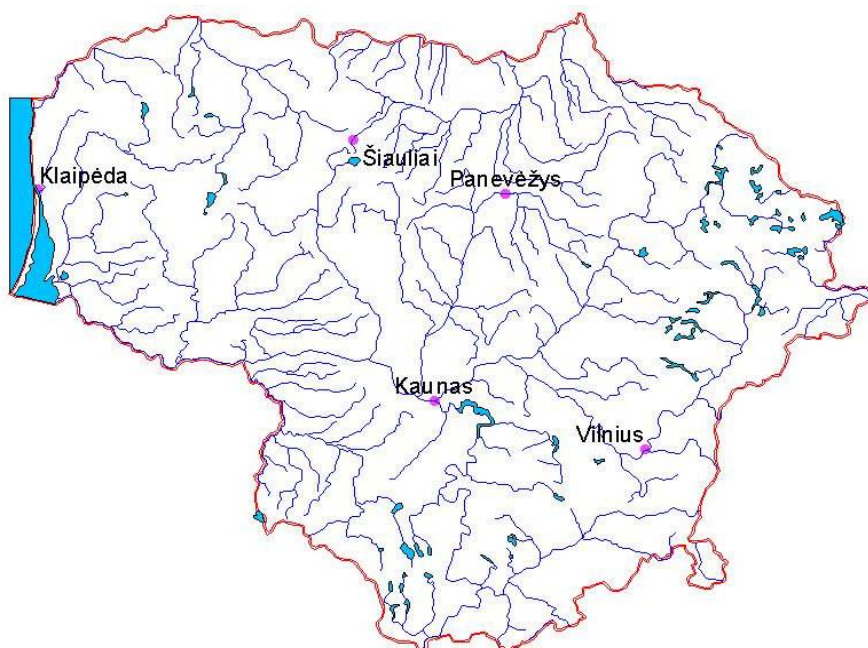
Upės baseinas – tai teritorija, iš kurios į pagrindinę upę, suteka paviršiniai ir požeminiai vandenys. Baseino upių tinklo tankis išreiškiamas:

$$D = \frac{\sum L}{A} \text{ km/km}^2, \quad (3.1)$$

čia L – suminis upių ilgis km;

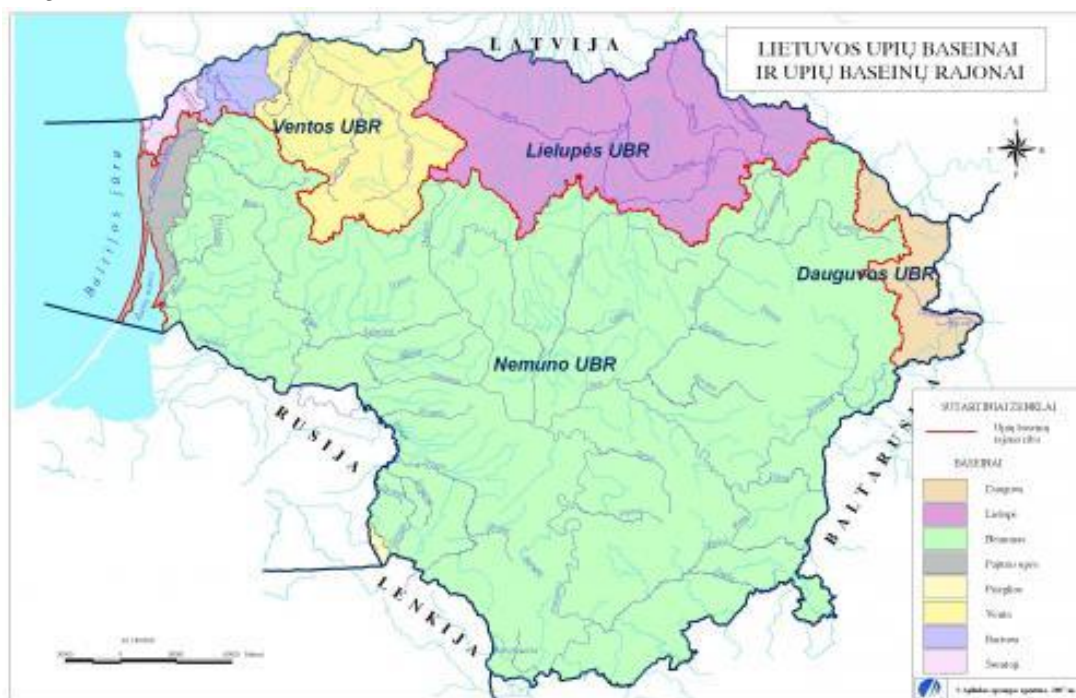
A – baseino plotas km^2 .

Merkio baseino upių tankis yra $0,39 \text{ km/km}^2$, Mūšos – net $0,73 \text{ km/km}^2$, o visų Lietuvos upių – $0,58 \text{ km/km}^2$ (Gailiušis ir kt., 2000).



5 pav. Lietuvos hidrografinis tinklas <http://vanduo.gamta.lt>

Upės baseinu (pagal Bendrąją vandens politikos direktyvą) vadinama ta teritorija, iš kurios paviršinis vanduo upėmis ir ežerais nuteka į jūrą vienos upės žiotimis. Baseinus sudaro pabaseiniai. Didžiausią plotą užimančią Nemuno baseiną sudaro 10 pabaseinių, antrą pagal dydį Lielupės baseiną – 3 pabaseiniai ir t. t. Lietuvos *upių baseinų rajonai* (UBR) (6 pav.): Nemuno UBR, Lielupės UBR, Dauguvos UBR, Ventos UBR.



6 pav. Upių baseinų rajonai (UBR): Nemuno UBR, Lielupės UBR, Dauguvos UBR, Ventos UBR <http://vanduo.gamta.lt>

Valdymo patogumui Lietuvoje išskirti 4 upių baseinų rajonai, sudaryti iš vieno ar kelių upių baseinų:

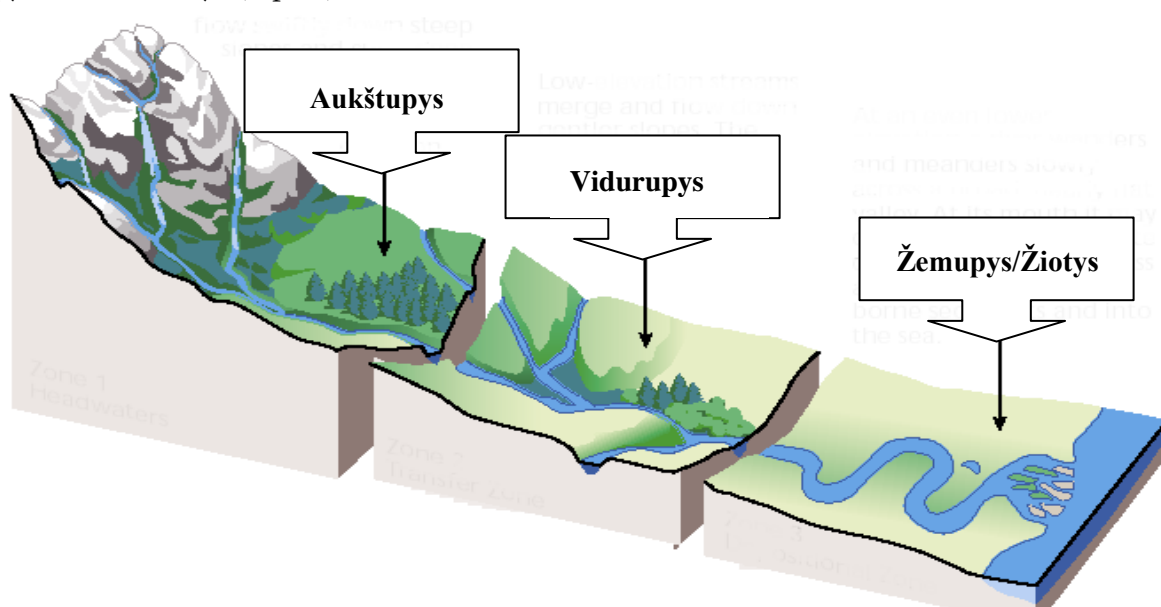
- ❖ **Nemuno UBR**, kuriam priskiriama Lietuvos teritorijoje esanti Nemuno upės baseino dalis, Pajūrio upių baseinų dalis (išskyrus Šventosios ir Bartuvos upių baseinus), Prieglaus upės baseino dalis, Kuršių marių dalis ir Baltijos jūros pakrantės vandenys;

- ❖ **Lielupės UBR**, kuriam priskiriama Mūšos (Lielupės) upės baseino dalis, esanti Lietuvos teritorijoje;
- ❖ **Ventos UBR**, kuriam priskiriama: Ventos, Bartuvos ir Šventosios upių baseinų dalys, esančios Lietuvos teritorijoje;
- ❖ **Dauguvos UBR**, kuriam priskiriama Dauguvos upės baseino dalis, esanti Lietuvos teritorijoje.

Upės baseino charakteristikos. *Morfometrinės charakteristikos:* baseino plotas, baseino ilgis, didžiausias baseino plotis, vidutinis baseino plotis, baseino asimetriškumas, baseino forma, baseino ploto didėjimas; *fizinės-geografinės:* geografinė padėtis, klimatinės sąlygos, geologinė sandara ir dirvožemis, reljefas, augalija. Baseino vidutinis plotis nustatomas iš kitų jau žinomų charakteristikų: dalijant baseino plotą iš ilgio. Baseino asimetriškumas nustatomas dalijant skirtumą tarp kairės ir dešinės pusės plotų iš viso baseino ploto.

Dabartinės upių vagos ir jų slėniai yra suformuoti tirpstančių ledynų. Jei upių slėniai iš esmės nebekinta, tai upių vagos ir dabar nėra visiškai stabilios. Lėtas, bet nuolatinis kitimas susijęs su potvyniais ir poplūdžiais, ledo reiškiniais, įšalo poveikiu, sniego tirpsmo poveikiu, meandravimo procesu bei, žinoma, žmogaus ūkine veikla.

Upių pagrindiniai elementai einant nuo ištakų iki žiočių: versmės, aukštupys, vidurupis, žemupys, delta ir žiotys (7 pav.).



7 pav. Pagrindiniai upių elementai

Upės versmėmis gali būti: pelkė, ežeras, šaltinis, kalnuose susikaupę ledynai, o nuo versmių kilmės priklauso, ar jos ryškios ir gerai matomos, ar sunkiai aptinkamos.

Upių išilginis profilis apibūdina vagos dugno ir tėkmės vandens paviršiaus nuolydį. Upės vagos išilginiu nuolydžiu vadinamas skirtumo tarp žemės paviršiaus altitudės upės versmėse H_1 ir žiotyse H_2 santykis su upės vagos ilgiu L :

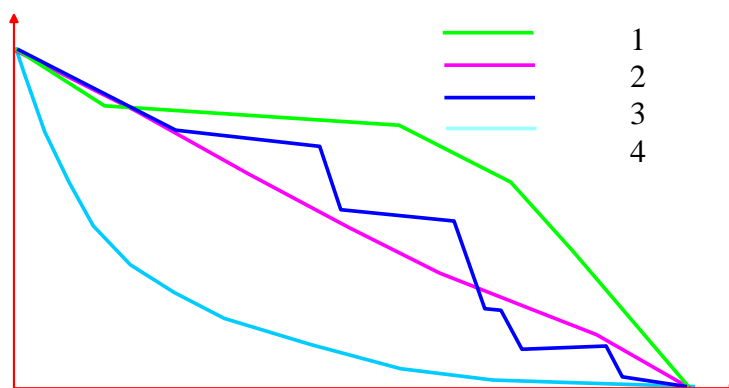
$$i = \frac{H_1 - H_2}{L}, \quad (3.2)$$

čia H_1 – žemės paviršiaus altitudė upės versmėse;

H_2 – žemės paviršiaus altitudė upės žiotyse;

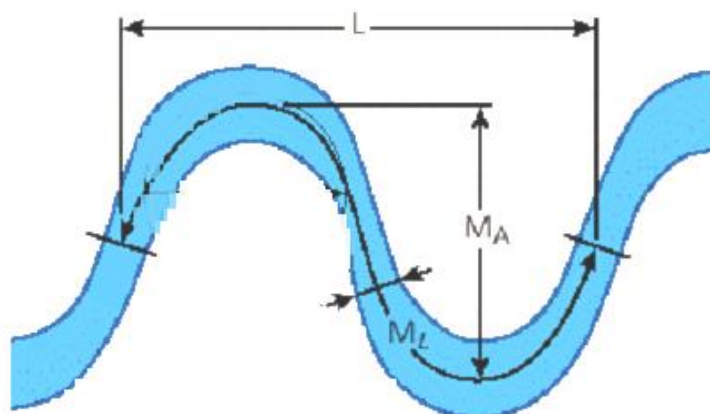
L – upės vagos ilgis.

Išskiriami keturi dažniausiai pasitaikantys upių vagų išilginių profilių tipai: 1) išgaubtas; 2) tiesialinijinis; 3) laiptuotas; 4) įgaubtas (8 pav.).



8 pav. Upių vagų išilginių profilių tipai: 1 – išgaubtas; 2 – tiesialinijinis; 3 – laiptuotas; 4 – įgaubtas

Meandravimą skatina susijusios su tėkmės cirkuliacijos vagoje jėgos. Meandros ima formotis natūraliai, tačiau gali prasidėti ir tiesiame upės ruože atsiradus kliūčiai (9 pav.).



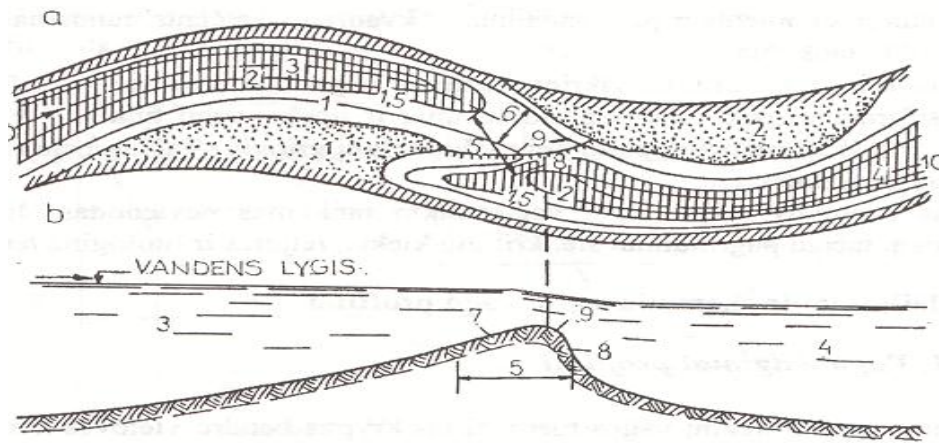
9 pav. Upės meandra: L – meandros ilgis, M_L – meandros kreivalinijinis ilgis, M_A – meandros amplitudė

Rėvos ir sietuvos – tai tėkmės suformuoti skersiniai vagos dugno pokyčiai (10 pav.). *Rėvos* atsiranda ten, kur susidaro geros sąlygos nešmenims akumuliuotis visame upės vagos plotyje. Jos atsiranda upei pereinant iš posūkio į tiesų ruožą arba tarp dviejų posūkių. *Sietuvos* susiformuoja upės posūkiuose, kur veikiama skersinių jėgų tėkmė išplauna dugno grunto daleles viename krante ir dalį jų nusodina kitame krante, o kitą dalį nuneša iki rėvos.

Pagrindinėse hidrometrinėse stotyse (11 pav.) *matuojami ir stebimi parametrai*: vandens lygis ir debitas, vandens temperatūra, ledo storis, sniego storis ant ledo, ledo reiškiniai ir kt. Pagrindinė hidrologinė charakteristika yra *debitas*, bet norint jį apskaičiuoti, būtina matuoti vandens lygį (nuolat), vandens greitį (esant skirtingiems vandens lygiams), vandens gylį (greičio matavimo vietoje), upės vagos skersinį profilį (pakitus vagos formai ar atsiradus kokių nors kliūčių). Mažiams debitams išmatuoti praktikoje gali būti naudojamas tūrinis metodas, kai matuojamas vandens tūris, tuo pat metu fiksuojant pritekėjimo laiką, matuojamas l/s, m³/val. ir pan.:

$$Q = V \cdot t^{-1} \quad (3.3)$$

Lietuvoje seniausia vandens matavimo stotis įrengta Smalininkų miestelyje (Jurbarko r., Nemunas) (12 pav.).



10 pav. Vagos rėva: a – vaizdas iš viršaus, b – pjūvis: 1 – viršutinis ragas; 2 – apatinis ragas; 3 – viršutinė loma; 4 – apatinė loma; 5 – balnas; 6 – įklonis; 7 – viršutinis šlaitas; 8 – apatinis šlaitas; 9 – viršūnė; 10 – farvateris (Poška ir kt., 1996)



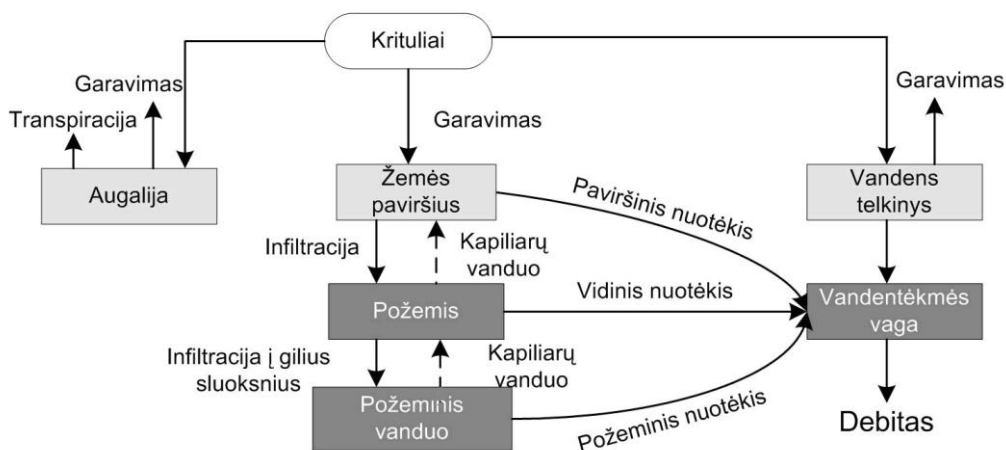
11 pav. Pagrindinių hidrometrinių stočių tinklas

Upių nuotėkis, nuotėkio tūris, nuotėkio norma, nuotėkio aukštis, nuotėkio modulis. Upių nuotėkiu vadinamas vandens kiekis, pratekantis tėkmės skerspjūviu per pasirinktą laikotarpį (valandą, parą, savaitę, mėnesį, metus ar daugelį metų). Pagal susiformavimo pobūdį nuotėkis gali būti: paviršinis ir požeminis; pagal nutėkėjimo laiką: paros, sezoninis, mėnesinis, daugiametis; pagal charakteristiką: vidutinis, maksimalus ir minimalus.



12 pav. Smalininkų (Jurbarko r., Nemunas) vandens matavimo stotis, įsteigta 1812 m.

Analizuojant nuotėkį formuojančius ir jį keičiančius veiksnius išskiriamos trys pagrindinės veiksnių grupės (13 pav.): *klimatiniai veiksniai* – krituliai, garavimas, saulės radiacija, oro temperatūra, oro drėgmė, oro slėgis, vėjas, daugelis jų tarpusavyje glaudžiai susiję ir veikia vienas kitą; *fiziniai-geografiniai veiksniai* – reljefas, hidrografija, baseino ežeringumas pelkėtumas ir miškingumas, baseino plotas ir forma, geologinės ir hidrogeologinės sąlygos; *antropogeniniai veiksniai* – miškų kirtimas, užtvankų ir tvenkinių statyba, pelkių ir šlapių žemių sausinimas ir kt.



13 pav. Nuotėkio formavimosi proceso baseine schema

Pagrindinė upių nuotėkio charakteristika yra *debitas* – tai vandens kiekis, pratekantis tėkmės skerspjūviu per laiko vienetą, dažniausiai matuojamas kubiniais metrais per sekundę (m^3/s), mažiems debitams – litrais per sekundę (l/s) ir pan. Debitas būtų apskaičiuojamas paprastai, jei tėkmės skerspjūvis būtų kokios nors žinomos geometrinės figūros formos (trapecijos, parabolės ar apskritimo, kaip vandentiekio vamzdis), o greitis visame skerspjūvyje pastovus ($v=\text{const.}$), tačiau upių skerspjūviai dažniausiai yra ypač netaisyklingos formos, o greitis nėra vienodas, tai tampa sudėtinga, todėl praktikoje naudojamas debito modelio supratimas.

Nuotėkio tūris – suminis kiekis vandens, nutekančio per laiko vienetą (parą, mėnesį, sezoną, metus. Išreiškiamas km^3 ar m^3):

$$W_0 = \frac{\sum W}{n}, \quad (3.3)$$

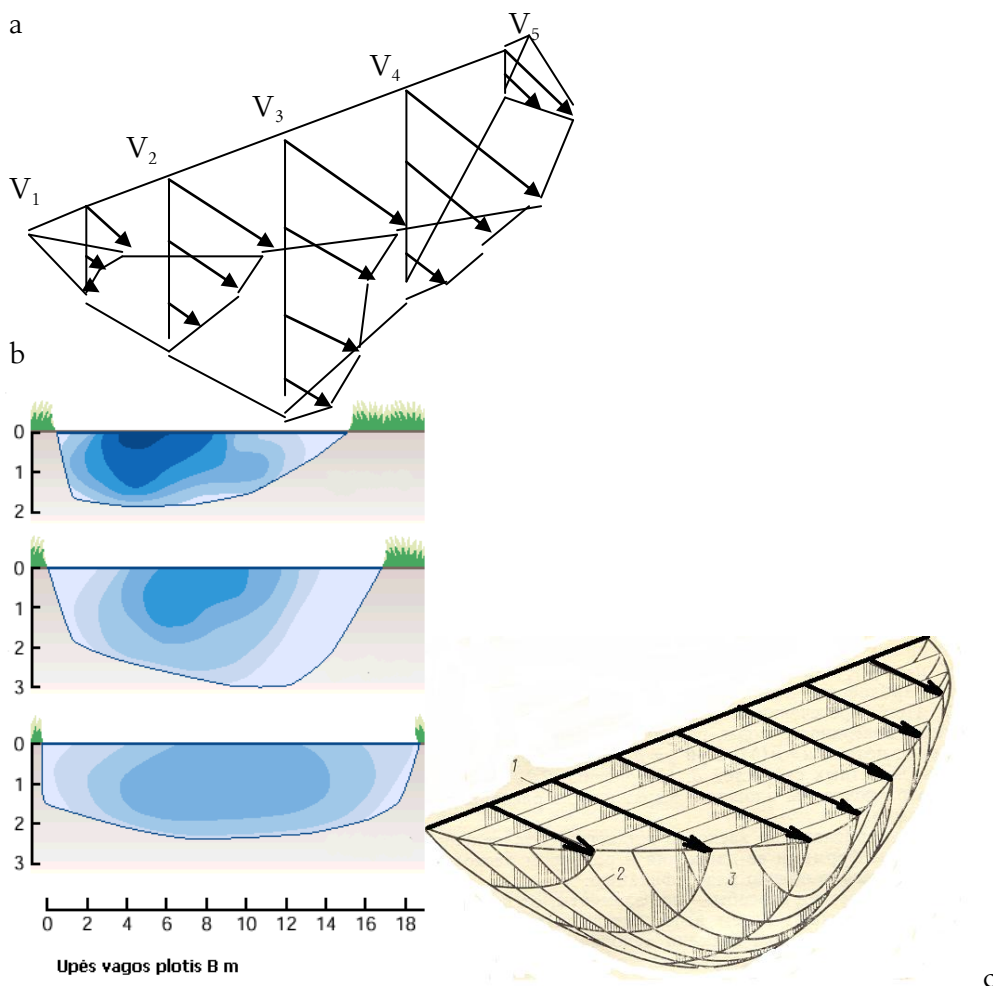
Nuotėkio aukštis (h_0) – tai kiekis vandens, nutekančio per konkretų laikotarpį iš baseino ploto, kuriame vandens sluoksnis pasiskirstęs tolygiai. Nuotėkio aukštis matuojamas milimetrais ir apskaičiuojamas taip:

$$h_0 = \frac{W_0}{A \cdot 10^3}, \quad (3.4)$$

Nuotėkio modulis (hidromodulis) q_0 l/s km² – kiekis vandens, nutekantis iš baseino ploto vienetu per laiko vienetą. Tai yra išvestinė charakteristika ir gaunama norminį debitą dalijant iš upės baseino ploto A:

$$q_0 = \frac{Q_0 \cdot 10^3}{A}. \quad (3.5)$$

Debito modelis – tai skerspjūvis, statmenas upės vagos tėkmei, kuriame greičių vektoriai išvesti per visus tėkmės taškus. Per šių vektorių viršūnes išvestas karkasinis paviršius, skerspjūvio plokštuma ir vandens paviršius sudaro netaisyklingą geometrinę figūrą, vadinamą debito modeliu (14 pav.).



14 pav. Debito modelis, suskirstant jį į segmentus: 1 – vandens tėkmės greičio epiūra; 2 – izotacha; 3 – debito modelio dalis, apribojama vandens paviršiumi arba vandens greičio paviršiuje epiūra

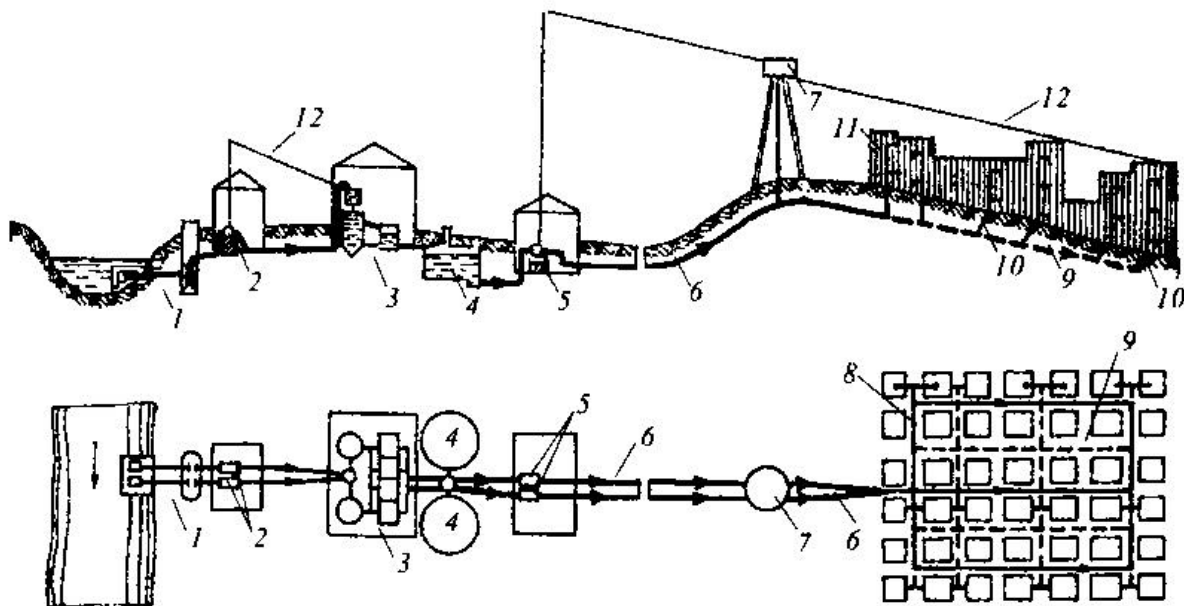
Debito modelio forma priklauso nuo greičių pasiskirstymo tėkmėje. Debito modelio tūris yra upės debitas, taigi, norint apskaičiuoti debitą, būtina išmatuoti tėkmės geometrinius ir kinematinus elementus.

4. VANDENTIEKOS PAGRINDAI

Vandentieką vadinamas nuolatinis tinkamos kokybės vandens tiekimas įvairiems vandens vartotojams arba vartotojų aprūpinimas vandeniu. *Vandentiekiu* vadinamas inžinerinių įrenginių ir priemonių kompleksas vandeniui išgauti, ruošti ir tiekti kokybišką vandenį įvairiems vandens vartotojams (gyventojams, įvairios paskirties objektams ir pan.).

Įrengus vandentiekį, pagerėja gyvenviečių bendra aplinka, gaisrų gesinimo sąlygos, sanitari-nė būklė. Vandentiekis turi didelę higieninę reikšmę, nes apsaugo nuo infekcinių ligų, plintančių per vandenį. Vandentiekio tikslas – nuolat aprūpinti vartotojus kokybišku vandeniu. Pagrindiniai vandens tiekimo veiksmai yra: 1) vandens ėmimas; 2) vandens kėlimas; 3) vandens ruošimas; 4) vandens transportavimas, saugojimas ir skirstymas.

Vandentiekio išdėstymas labai daug priklauso nuo konkrečių sąlygų, didžiausią įtaką turi vandens šaltinio padėtis vartotojų atžvilgiu, jo našumas, vandens kokybė, vietovės geologinės sąlygos, vartotojų išsidėstymas ir kt. Sudėtingiausias vandentiekis būna tada, kai vanduo imamas iš paviršinių vandens telkinių. Pagrindiniai jo įrenginiai ir išdėstymas pateikiamai 15 pav. Paviršinio šaltinio vanduo imamas vandens ėmimo įrenginiais 1, iš jų pirmojo kėlimo siurbline 2 tiekiamas į vandens ruošyklą 3, po to kaupiamas švaraus vandens rezervuaruose 4 ir iš jų antrojo kėlimo siurbline 5 vandentiekiu 6 tiekiamas į magistralinį vandentiekio tinklą 8, vandens skirstomąsias linijas 9 ir vartotojams 11 (Kusta ir kt., 2006).



15 pav. Vandentiekis su paviršinio vandens ėmimo įrenginiais: 1 – vandens ėmimo įrenginiai; 2 – pirmojo kėlimo siurblinės siurbliai; 3 – vandens ruošykla; 4 – švaraus vandens rezervuaras; 5 – antrojo kėlimo siurblinės siurbliai; 6 – vandentakis; 7 – bokštas; 8 – magistralinis vandentiekio tinklas; 9 – vandens skirstomosios linijos; 10 – vandentiekio įvadai; 11 – vartotojai; 12 – pjezometrinė linija (Kusta ir kt., 2006)

Vandentiekių klasifikacija. Pagal paskirtį vandentiekiai būna buitiniai, gamybiniai ir jungtiniai. Buitiniai vandentiekiai tiekia geriamąjį vandenį gėrimo ir buities reikmėms, gamybiniai vandentiekiai tiekia pramonės ir žemės ūkio įmonių gamybos reikalams, technologiniams procesams, gaisriniai – naudojami gaisrams gesinti. Jungtiniai vandentiekiai dažniausiai tiekia geriamąjį vandenį arba gamybinį vandenį, kuris gali būti naudojamas ir gaisrams gesinti. Taip pat jie gali

tiekti vandenį buitinėms, gamybinėms ir kt. reikmėms. Jungtiniai vandentiekiai yra nuolatinio ir laikino aukšto slėgio bei žemo slėgio. Nuolatinio aukšto slėgio vandentiekiuose nuolat palaikomas aukštas slėgis, kuris reikalingas gaisrams gesinti. Laikino aukšto slėgio vandentiekiuose jis padidinamas tik gesinant gaisrus, o žemo slėgio vandentiekiuose gesinti gaisrus slėgio nepakanka, todėl naudojami specialūs ugniagesių siurbliai, kurie prijungiami prie hidrantų.

Pagal aptarnaujamus objektus galima išskirti komunalinius, žemės ūkio ir specialiuosius vandentiekus. Komunaliniai (viešieji) vandentiekiai tiekia vandenį miestams ir gyvenvietėms, žemės ūkio ir kaimo gyvenvietėms, kitoms gyvenamosioms vietovėms, ūkininkų sodyboms, ganykloms, žemės ūkio įmonėms ir kitiems žemės ūkio objektams. Specialieji vandentiekiai rengiami tokiems vartotojams, kuriems reikia savitos kokybės vandens, pvz., katilinėms, šiluminėms elektrinėms ir kt.

Pagal vandens tiekimo būdą vandentiekiai skirstomi į slėginius ir neslėginius (savitakius). Slėginiuose vandentiekiuose vanduo vartotojams tiekiamas siurbliais, o neslėginiuose – iš aukštesnės vietos esančių imtuvų vanduo savaime atiteka į vandentiekio skirstomąjį tinklą (Kusta ir kt., 2006).

Pagal pramonės įmonės vandens vartojimo būdą yra vienkartinio naudojimo, apytakiniai ir kartotiniai pramoniniai vandentiekiai. Vienkartinio naudojimo vandentiekiu įmonėse panaudotas ir atitinkamai išvalytas vanduo išleidžiamas į gamtinius vandens telkinius, apytakiniame vandentiekyje – naudotas vanduo išvalomas, atvėsinaamas ir vėl grąžinamas į gamybos procesą. Šio vandentiekio nauda – sumažinamas gruntinio vandens vartojimas ir jo tarša. Kartotinius vandentiekus galima įrengti tada, kai vieno vartotojo panaudotas vanduo tinka kitiems vartotojams.

Pagal teritorinę apimtį vandentiekiai skirstomi į vietinius ir grupinius. Vietiniai vandentiekiai aptarnauja vieną objektą, o grupiniai – kelis tam tikroje teritorijoje išsidėsčiusius objektus.

Pagal centralizavimo laipsnį vandentiekiai skirstomi į centralizuotus, decentralizuotus ir kombinuotus. Centralizuotas vandentiekis tiekia vandenį gyvenvietei ir joje arba šalia jos esantiems gyvulininkystės pastatams bei kitiems vartotojams. Vandens ėmimo, ruošimo, kėlimo ir kiti įrenginiai yra bendri, atskiriems vartotojams vanduo tiekiamas vamzdiniais. Esant decentralizuotam vandentiekiui, atskiri, toliau esantys vartotojai turi atskirus vandentiekus. Kombinuotas vandentiekis dalį vartotojų aprūpina vandeniu centralizuotai, o likusi dalis turi atskirus vandentiekus.

Vandens vartojimas. Vanduo būtinas gyventojų ūkio ir buities reikalams, pramonės įmonių technologiniams procesams, žemės ūkio gamybai, gaisrams gesinti, gatvėms plauti, želdynams laistyti ir kitoms žmogaus veiklos sritims.

Miestuose ir gyvenamosiose vietovės pagrindiniai vandens vartotojai yra gyventojai ir pramonės įmonės. Daug vandens suvartojama gatvėms, aikštelėms, želdynams, dekoratyviniams augalams laistyti. Augalininkystės ir gyvulininkystės produktų gamyboje vanduo vartojamas gyvuliams girdyti, pašarams ruošti, augalams šiltnamiuose laistyti, žemės ūkio mašinoms plauti, jų varikliams aušinti ir kitiems reikalams. Vanduo naudojamas ir pačioje vandentiekio sistemoje: plauti ruošimo įrenginiams, rezervuarams, vamzdinams.

Projektuojant vandentiekį reikia žinoti, kiek bus vandens vartotojų, kiek jiems reikės vandens, nes nuo to priklauso įrenginių našumas, vamzdinių skersmenys, rezervuarų tūriai ir kt. Vandentiekiai projektuojami atsižvelgiant į ateitį (bent 10–20 metų), todėl vartotojų skaičių reikia nustatyti pagal atitinkamą perspektyvą. Duomenys imami iš miesto, gyvenvietės, pramonės įmonės ar žemės ūkio perspektyvinio vystymo plano, vartotojų skaičius nurodomas vienetais, išimtis yra pramonės įmonės, želdynai, gatvės ir kt. Pramonės įmonės vandens poreikis nustatomas pagal pagaminamos produkcijos kiekį, o želdynai, gatvės ir kiti laistomi plotai matuojami ploto vienetais, duomenis siejant su perspektyviniu planu.

Vandens vartojimo normos yra vidutinis statistiškai apibendrintas vandens kiekis, kurį vienas vartotojas suvartoja per parą, arba vandens kiekis, reikalingas produkcijos vienetai paga-

minti ar laistymo ploto vienetui palaistyti. Vienetinių vartotojų norma išreiškiama l/d, pramonės įmonių produkcijai – l/m², l/kg ir pan., laistomų plotų – l/m².

Vandens vartojimo norma gyventojams parenkama atsižvelgiant į gyvenamųjų pastatų techninę įrangą (1 lentelė).

1 lentelė. Sąlyginės buitinio vandens vartojimo normos (pagal RSN 26-90)

| Eil. Nr. | Gyvenamųjų namų santechninė įranga | Vidutinė vandens norma pagal miestų ir miestelių kategorijas l/d | | | | | |
|----------|--|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | I | II | III | IV | V | VI |
| 1. | Namai be vandentiekio ir nuotakyno, o vanduo imamas ir vandenpylių | 50 | 45 | 40 | 35 | 32 | 30 |
| 2. | Namas su vandentiekium, tačiau be nuotakyno | 75 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 |
| 3. | Namai su vandentiekium, nuotakynu, tačiau be vonių | 150 | 140 | 130 | 125 | 120 | 115 |
| 4. | Namai su vandentiekium, nuotakynu ir voniomis bei vietiniu vandens šildymu | 230 | 210 | 195 | 180 | 170 | 160 |
| 5. | Namai su vandentiekium, nuotakynu bei voniomis ir centralizuotu karšto vandens tiekimu | 300 | 280 | 260 | 250 | 240 | 230 |

Kai nėra detalių debito matavimų, vidutinį paros poreikį galima apytiksliai nustatyti asmenų skaičių dauginant iš vieno žmogaus paros suvartojimo normos ir papildomai įvertinant kitus poreikius, pvz., gatvėms švarinti, želdiniams laistyti, pramonės įmonėms ir kt. reikmėms. Kai nėra tikslesnių duomenų, bendrąją vandens suvartojimo normą galima imti 150–250 l/d vienam žmogui. Žinoma, reikia atsižvelgti į būsimą gyventojų skaičių, taip pat perspektyvinius prognozuojamus vartojimo normos pokyčius (LST EN 805:2004).

Vandens vartojimo normos želdynams, gatvėms ir kitiems plotams laistyti priklauso nuo dangos tipo, augalų rūšies, laistymo būdo, klimatinių ir kitų sąlygų.

Želdynams ir gatvėms pateikiamos vienkartinės laistymo normos, jeigu per parą tas pats plotas laistomas kelis kartus, vandens vartojimo norma atitinkamai padidinama.

Vandeni vartotojai naudoja netolygiai, naudojimo intensyvumas kinta per metus, sezonus, parą, valandą, dėl to keičiasi vandens debitai, kuriuos vartotojai ima iš vandentiekio. Vandentiekis turi patenkinti vartotojų poreikius nepatogiausiu atveju – todėl netolygumą įvertinti būtina. Tai išreiškiama paros vandens vartojimo netolygumo koeficientu, t. y. didžiausio ir vidutinio vandens suvartojimo santykiu:

$$K_{p \max} = \frac{Q_{d \max}}{Q_{d \text{vid}}}, \quad (4.1)$$

čia $Q_{p \max}$ – didžiausias vandens suvartojimas per parą arba didžiausias paros debitas m³/p;

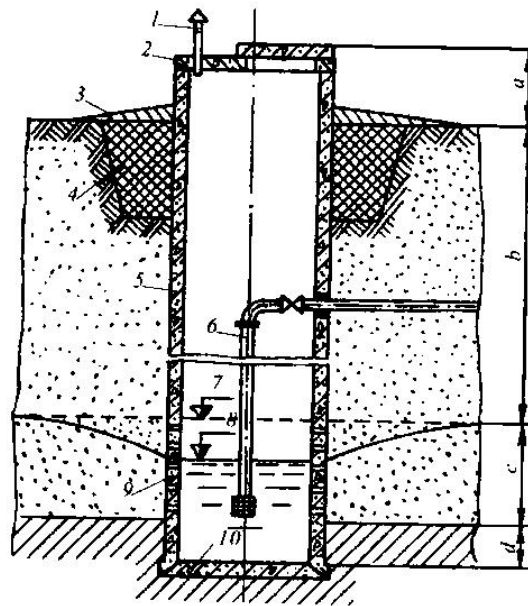
$Q_{d \text{vid}}$ – vidutinis paros debitas m³/p.

Mažiausias paros vandens vartojimo netolygumo koeficientas:

$$K_{d \max} = \frac{Q_{d \min}}{Q_{d \text{vid}}}. \quad (4.2)$$

Panašiai nustatomas ir valandos ar kitos trukmės, vartotojų rūšies ar pan. vandens vartojimo netolygumo koeficientas.

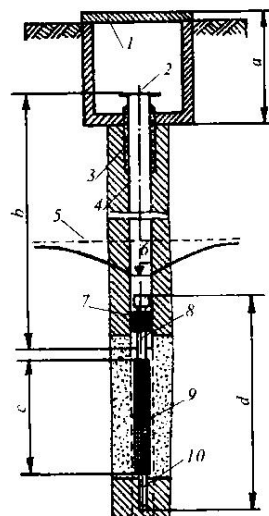
Šachtiniais šuliniais vanduo surenkamas iš negiliai esančio (iki 10 m) vandens šaltinio – vandeningojo sluoksnio, o stokojant vandens – iki 30 m gylio. Šachtinį šulinį (16 pav.) sudaro: antgalis, šachta, vandens ėmimo dalis ir vandens kaupimo dalis.



16 pav. Šachtinis šulinys: a – antgalis; b – šachta; c – vandens ėmimo dalis; d – vandens kaupimo dalis; 1 – vėdinimo anga; 2 – dangtis; 3 – priegrinda; 4 – molio spyna; 5 – šachtos sienelių sutvirtinimas; 6 – siurbimo vamzdis; 7 – statinis vandens lygis; 8 – dinaminis vandens lygis; 9 – filtras; 10 – šulinio dugnas (Kusta ir kt., 2006)

Gręžtiniais šuliniais vadinami gręžiniai, pritaikyti imti vandenį iš giliau kaip 20 m, dažniausiai jie įrengiami tarpfluoksniniams vandenims imti ir siekia iki 300–500 m gylio. Gręžtiniai šuliniai, imantys spūdinį tarpfluoksninį vandenį, vadinami arteziniais.

Pagrindinės gręžtinio šulinio dalys yra (17 pav.): gręžskylė, filtras su vandens ėmimo dalimi, žiotys ir anstatas. Anstatas apsaugo gręžinį nuo paviršinio vandens ir kitų nešvarumų, jame kartais montuojami siurbliai, tokiais atvejais anstatas gali būti siurblinės pastatas. Žiotys – virš žemės paviršiaus ar anstato grindų esanti gręžinio dalis, ji paprastai daroma $> 0,5$ m aukščio. Žiogių konstrukcija priklauso nuo statinio vandens lygio žemės paviršiaus atžvilgiu ir vandens pumpavimo įrenginių tipo. Gręžskylė jungia žemės paviršių su vandeninguoju sluoksniu. Jos sienelės stiprinamos apsauginiais vamzdžiais, kurie gręžinius saugo nuo užgriuvimo, nepraleidžia vandens į eksploatuojamą vandeningąjį sluoksnį iš aukščiau esančių.

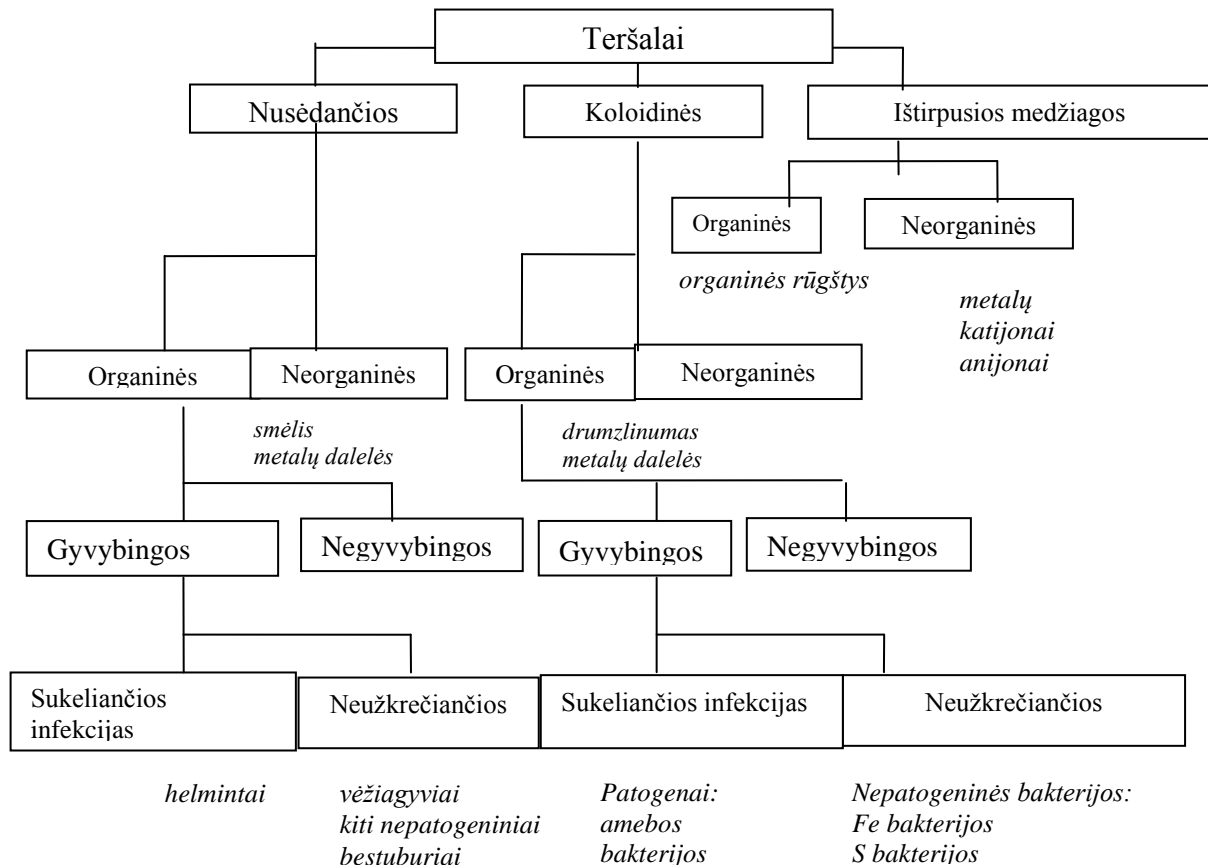


17 pav. Gręžtinis šulinys: a – anstatas; b – gręžinys; c – vandens ėmimo dalis; d – filtras; 1 – dangtis; 2 – žiotys; 3 – apsauginių vamzdžių kolona; 4 – eksploatacinė apsauginių vamzdžių kolona; 5 – statinis vandens lygis; 6 – dinaminis vandens lygis; 7 – riebokšlis; 8 – viršfiltris; 9 – filtro darbinė dalis; 10 – nuosėdų kaupiklis (Kusta ir kt., 2006)

5. VANDENVALOS PAGRINDAI

Vandenvalos sritis glaudžiai susijusi su kitomis vandens ūkio sritimis, tačiau yra viena iš efektyviausiai sauganti vandens telkinius nuo teršos. Paviršinių vandens telkinių tarša komunalinėmis nuotekomis yra didžiausia vandens apsaugos problema Lietuvoje, ypač kaime, kur dalis gyvenviečių neturi nuotekų šalinimo sistemų. Paviršinių vandens telkinių teršimas organinėmis ir biogeninėmis medžiagomis blogina vandens ekologines sąlygas, sukelia eutrofizacijos procesus. Eutrofikacija – ekosistemos kitimas, sukeltas cheminių maisto medžiagų, dažniausiai tirpių azoto ir fosforo junginių, pertekliaus. Vandens ekosistemos yra ypač jautrios fosfatų padaugėjimui, tuo tarpu, sausumos ekosistemas labiausiai neigiamai veikia nitratų padidėjimas.

Nuotekų rūšys (19 pav.). *Nuotekomis* vadinamos namų ūkyje, pramonės ar žemės ūkio gamyboje bei kitiems reikalams pavartoti ir įvairiomis priemaisomis užteršti vandenys. Lietuvoje buitiniams reikalams vandens suvartojama vidutiniškai 97 l/dgyv. Priklausomai nuo užterštumo pobūdžio nuotekos skirstomos į tris pagrindines grupes: buitines, gamybinės ir paviršinės. Nuotekų sudėtyje yra organinių, mineralinių ir bakterinių–biologinių teršalų.



19 pav. Nuotekų teršalų klasifikacija (Levitas ir kt., 2008)

Mineraliniai teršalai yra smėlis, molis, mineralinių druskų ir rūgščių tirpalai, geležis, kalcis ir kitos neorganinės medžiagos.

Organiniai teršalai būna augalinės ir gyvulinės kilmės. Augaliniai teršalai – augalų, vaisių atliekos, augaliniai aliejai, popierius ir kt. Gyvulinės kilmės teršalus sudaro fiziologinės žmonių ir gyvulių išskyros, riebalinės atliekos.

Bakteriniai-biologiniai teršalai – tai pelėšiai, mielės, įvairios bakterijos (dalis jų patogeninės, galinčios sukelti įvairius infekcinius žarnyno susirgimus: vidurių šiltinę, dizenteriją). Šie teršalai būdingi buitiniams ir gamybiniam vandenims, susidarantiems perdirbant augalinės ir gyvulinės kilmės žaliavą: odas, vilną, mėsą, daržoves.

Buitinės nuotekos susidaro gyvenamuosiuose ir visuomeniniuose pastatuose, pramonės įmonių buitinėse patalpose, skalbyklose ir pan. Pagal teršalų kilmę jos yra fekalinės, užterštos fiziologinėmis atliekomis, ir ūkinės – užterštos įvairiomis ūkinėmis atliekomis, plovimo priemonėmis. Vieno gyventojo per dieną sukuriama tarša vidutiniškai sudaro 60 g organinių medžiagų (pagal BDS₅), 70 g skendinčiųjų medžiagų, 12 g azoto ir 2,7 g fosforo. Apytiksliai 58 proc. taršos tenka organinėms ir 42 proc. mineralinėms medžiagoms.

Buitinės nuotekos nelabai užterštos, jų užterštumas tiesiogiai priklauso nuo sunaudojamo buityje švaraus vandens kiekio (vandens vartojimo normos). Kuo ji didesnė, tuo teršalų koncentracija buitinėse nuotekose mažesnė. Buitinių nuotekų užterštumas organinėmis medžiagomis pagal BDS₅ paprastai yra 200–450 mg O₂/l, skendinčiosiomis medžiagomis 250–500 mg/l, azoto junginiais – 30–80 mg/l, fosforo junginiais – 5–15 mg/l.

Gamybinės nuotekos susidaro gamybos procese. Pagal užteršimo pobūdį ir koncentraciją jos būna labai įvairios, priklauso nuo gamybos technologinių procesų, vartojamos žaliavos rūšies ir kt. Prie gamybinių nuotekų priskiriamos ir nuotekos, kurios praktiškai yra švarios: tai naudoti vandenys įvairiems agregatams bei įrenginiams aušinti. Po aušinimo jie gali būti išleidžiami į atvirus vandens telkinius nevalyti arba vartojami pakartotinai.

Paviršinės (kritulių) nuotekos susidaro lietuvi lyjant ar sniegui tirpstant ant nelaidžių ar mažai laidžių dangų: stogų, šaligatvių, gatvių, aikščių. Paviršinių nuotekų šalinimo sistema turi greitai ir saugiai pašalinti lietaus ir sniego tirpsmo nuotekas iš gyvenvietės teritorijos, kad nebūtų užtvindytos gatvės, namų rūšiai, gamybinės ir komercinės patalpos.

Mažiausiai užterštos yra paviršinės nuotekos nuo pastatų stogų. Jas galima išleisti į aplinką be valymo. Nuotekos nuo gatvių, šaligatvių, aikščių būna užterštos mineralinėmis medžiagomis bei naftos produktais. Šie teršalai nuo teritorijų nuplaunami liūčių pradžioje, o vėliau nuotekų užterštumas mažėja, todėl nėra būtina valyti visas nuotekas.

Gyvulininkystės ūkiuose, kai kuriose teritorijose, susidaro labai didelio užterštumo paviršinės nuotekos: gyvulių krovimo aikštelės, bandokeliai, diendaržiai. Gyvulių ekskrementais užterštas nuotekas būtina surinkti į rezervuarus ir panaudoti laukų tręšimui kartu su srutomis.

Buitinių nuotekų užterštumas priklauso nuo šalinamų buitinių teršalų praskiedimo švariu vandeniu. Pagal užterštumo lygį jos skirstomos į: silpnai užterštas, kai jų BDS₅ = 100 mg/l; vidutiniškai užterštas, kai jų BDS₅ = 200 mg/l; užterštas, kai jų BDS₅ = 400 mg/l.

Pagrindinės nuotekų užterštumo charakteristikos. Buitinių nuotekų užterštumo lygį pirmiausia apibūdina pagrindiniai rodikliai kaip biocheminis deguonies sunaudojimas (BDS₅) ir skendinčiosios medžiagos (SM).

Biocheminis deguonies sunaudojimas (BDS₅) yra nuotekų užterštumo organinėmis medžiagomis rodiklis, nusakantis deguonies kiekį, būtiną biocheminiam lengvai skylančių organinių teršalų oksidavimui per 5 paras atlikti. Deguonies poreikis išreiškiamas mg O₂/l.

Skendinčiosios medžiagos (SM) – tai visos mineralinės ir (arba) organinės medžiagos pakibusios dalelės, esančios nuotekose arba vandenyje (upių, ežerų ir pan.). Jų koncentracija išreiškiamą mg/l. Dalis skendinčiųjų medžiagų, sumažėjus nuotekų tėkmės greičiui, nusėda. Tai – nuosėdos (dumblas).

Cheminis deguonies suvartojimas (ChDS) – deguonies kiekis, suvartojamas nuotekose arba vandenyje esančioms organinėms medžiagoms oksiduoti, taikant bichromatinį metodą, kuris išreiškiamas mg/l.

Buitinėse nuotekose esantys azoto junginiai yra baltymų ir šlapimo irimo produktas. Organinės kilmės azotas vykstant biologinėms reakcijoms paverčiamas į laisvą amoniaką (NH_3) arba amonio azotą (NH_4).

Amonio azotas, biologinių, oksidacinių reakcijų metu jungiasi su deguonimi, vyksta nitrifikacija ir jis virsta nitritais (NO_2^-), o toliau, jį oksiduojant, nitratais (NO_3^-).

Nitratai ir nitritai valybose nuotekose rodo aukštą azoto junginių skaidos (oksidacijos) laipsnį. Didesnės nitratų koncentracijos yra gero nuotekų išvalymo požymis, tačiau vandens telkiniuose nitratai sukelia intensyvių augalijos augimą ir dėl to vandenų teršimą, todėl valybose nuotekose jie yra nepageidaujami (Levitas ir kt., 2008).

Visų formų azoto junginių, esančių nuotekose arba vandenyje, suma išreiškiama bendruoju azotu (N_b , mg/l). Didesni kaip 10–15 mg/l bendrojo azoto kiekiai valybose nuotekose yra žalingi vandens telkiniams. Visų nuotekose arba vandenyje esančių įvairių formų fosforo junginių suma, išreikšta fosforo kiekiu, vadinama bendruoju fosforu (P_b , mg/l). Didesni bendrojo fosforo kiekiai (per 1–2 mg/l) valybose nuotekose yra nepageidaujami, nes jie, kaip ir azoto junginiai, sukelia vandens telkinių eutrofizaciją, t. y. jų prisotinimą biogeninėmis medžiagomis, skatinančiomis vandens augalijos vystymąsi.

Nuotekų valymo praktikoje taip pat naudojami ir kiti organinio užterštumo rodikliai (fosfatai ir t. t.), taip pat nuotekų bakterinis užterštumas. Buitinių nuotekų užterštumas priklauso nuo jų praskiedimo vandentiekio vandeniu. Kuo daugiau sunaudojama vandens, tuo mažesnė teršalų koncentracija nuotekose. Iš vieno gyventojų į nuotekas patenkančių organinių teršalų kiekis pagal Lietuvos ir daugelio kitų šalių normas, pagal biocheminį deguonies sunaudojimą (BDS_5) yra priimamas lygiu 60 g/d.

Silpnai užterštos nuotekos būna iš mokyklų ir prekybos centrų, vidutiniškai užterštos – iš gyvenamųjų rajonų, o stipriai užterštos (koncentruotos) – iš restoranų.

Biocheminiai procesai nuotekose. Nuotekų sudėtis nėra vienalytė, teršalų sudėtyje yra nusėdančių, koloidinių ir ištirpusių priemaišų, kurios gali būti organinės ir neorganinės. Organinės gyvybingos medžiagos yra ypač pavojingos, galinčios sukelti infekcinius susirgimus. Nuotekų bakterinio užterštumo rodikliai paprastai išreiškiami koliforminių bakterijų *E. coli*, fekalinių bakterijų ir bendruoju koliforminių bakterijų skaičiumi.

Organines medžiagas skaido mikroorganizmai, kurių dauginimuisi nuotekose yra būtinas pakankamas organinės medžiagos – anglies (C), biogenų – azoto (N) ir fosforo (P) bei pagrindinių mikroelementų – geležies (Fe) ir sieros (S) kiekis. Mikroorganizmai šias medžiagas įsisavina tam tikromis proporcijomis, todėl mažesnis už optimalų vienos iš šių medžiagų kiekis gali riboti veikliojo dumblo augimą. Buitinių nuotekų sudėtis paprastai sudaro palankią terpę aktyviems mikroorganizmams, o pramoninėse nuotekose dažnai pasitaiko biogenų (azoto arba fosforo) trūkumas.

Pagrindiniai nuotekų valymo būdai. Nuotekoms valyti naudojami tokie būdai: mechaninis valymas; biologinis valymas; cheminis valymas.

Mechaninio valymo įrenginiuose iš nuotekų išskiriamos nusėdančios ir plūduriuojančios priemaišos. Mechaniniu valymu iš nuotekų pašalinama 60–70 proc. skendinčiųjų medžiagų. Mechaninio valymo įrenginiai:

- **grotos ir sietai**, sulaikantys vandens velkamas ir paviršiuje plūduriuojančias priemaišas – popierių, lapus, šiaudus, įvairų pluoštą. Grotos sulaiko 3–5 proc. nuotekose esančių teršalų;
- **smėlio gaudytuvai (smėliagaudės)** sulaiko vandens nešamas mineralines priemaišas – smėlį, žvyrą, anglies daleles. Sulaikomų dalelių dydis 0,25–1,0 mm, hidraulinis stambumas – 18–24 mm/s. Priklausomai nuo nuotekų tekėjimo pobūdžio, smėliagaudės skirstomos į horizontaliąsias, vertikaliąsias, plyšines ir tangentes.

- **nusodintuvai (sėsdintuvai, mažose NV – septikai).** Juose nusėda pagrindinė neištirpusių organinių priemaišų masė. Nusodintuvai yra skirstomi į pirminius ir antrinius. Pirminiais vadinami tokie, kurie naudojami prieš biologinio valymo įrenginius, antriniai – tokie, kurie įrengti nuotekoms po biologinio valymo nuskaidrinti (Levitas ir kt., 2008).

Pirminiuose nusodintuvuose paprastai sulaikoma 30–50 proc. nuotekose esančių skendinčių priemaišų. Kad nusodintuvai dirbtų efektyviau, į nuotekas įleidžiama cheminių reagentų – koagulantų, dėl kurių padidėja nuotekose esančių priemaišų hidraulinis stambumas; nuotekos sumaišomos su greitai sėdančiomis medžiagomis, kurios atlieka absorbatoriaus ir biokoagulianto vaidmenį; nuotekos aeruojamos, dėl to vyksta smulkių priemaišų flokuliacija (dribsnių susidarymas). Koagulantai dažniausiai naudojami gamybėms nuotekoms valyti, o biokoaguliacijos ir flokuliacijos metodai – buitinių bei buitinių ir gamybinių nuotekų mišinių valymui.

Mažų gyvenviečių nuotekų mechaniniam valymui naudojami septikai, vertikalieji ir horizontalieji pirminiai sėsdintuvai.

Visuose šiuose minėtuose įrenginiuose vyksta **pirminis nuotekų valymas**. Jo metu, naudojant mechanines priemones ir gravitacijos principą, iš nuotekų išskiriamos stambesnės priemaišos ir kitos priemaišos, kurios, valymo įrenginiuose pratekant nuotekoms nedideliu greičiu, per 1,5–2 h gali nusėsti ant įrenginių rezervuarų dugno. Likusias smulkesnes, lengvesnes priemaišas išskirti sėsdinant būtų sunku, todėl kitiems smulkesniems ir lengvesniems teršalams pašalinti panaudojami aerobiniai (gyvenantys aplinkoje, kurioje yra deguonies) ir anaerobiniai (gyvenantys aplinkoje, kurioje nėra deguonies) mikroorganizmai. Jie naudoja mitybai likusius organinius teršalus (vyksta nuotekų biologinis valymas), o nuotekų biologinio valymo įrenginiuose jiems sudaromos palankios mitybos ir dauginimosi sąlygos.

Nuotekų valymo procesuose, artimuose gamtoje vykstantiems procesams, naudojami augalų, grunto ir vandens valymo pajėgumą. Tam naudojami augaliniai ir gruntiniai (nendrių, švendrų, žvyro, smėlio, durpių ir kt.) filtrai ir tvenkiniai. Šie procesai ir jų pagrindu sukurti valymo įrenginiai vadinami gamtiniais. Juose vykstantys nuotekų valymo, jų teršalų skaidymo procesai nėra intensyvūs, jie vyksta lėtai, ekstensyviai. Paprastai ekstensyviuose valymo įrenginiuose visiškai arba beveik nenaudojama elektros energija ir sudėtingesni technologiniai įrenginiai (kompresoriai, siurbliai, grandikliai, erliftai, kitokie elektros energiją naudojantys įrenginiai).

Intensyviosioms valymo technologijoms ir įrenginiams (aerotankams, aerokanalams, biofiltrams, biodiskams, aeruojamiems tvenkiniams ir kt.) reikia elektros energijos, sudėtingesnės ir kvalifikuotesnės priežiūros, tačiau jiems pakanka kelis ar net dešimtis kartų mažesnės teritorijos.

Intensyvaus biologinių valymo įrenginių grupė – biofiltrai (biologiniai filtrai). Jų rezervuaruose yra stambiagrūdė filtruojanti įkrova (skalda, šlakas, plastmasiniai elementai ir kt.), per kurią pratekant nuotekoms, ant jos dalelių formuojasi aerobiniai mikroorganizmai – biologinė plėvelė, atliekanti nuotekų biologinį valymą, vykstantį prisitvirtinusiems (fiksuočiai) mikroorganizmams. Intensyvaus biologinio valymo įrenginiai užima nedaug vietos, yra kompaktiški, o įrenginių pajėgumas gali būti keičiamas.

Biologinio nuotekų valymo technologijos arba valymas veikliuoju dumbly. Gamtinėje aplinkoje vandenyje yra bakterijų, kurios mitybai ir dauginimuisi naudoja organines medžiagas. Nuotekų biologinio valymo veikliuoju dumbly esmė – sudarius palankią aplinką, esant vandenyje ištirpusiam deguoniui ir organinėms medžiagoms intensyviai kontaktuojant, t. y. maišant, dirbtinai, sudaromos sąlygos intensyviai bakterijų maitinimuisi, organinių medžiagų, teršalų perėjimui iš vandens į bakterijų masę, todėl vanduo švarėja. Valymas veikliuoju dumbly atliekamas aeravimo rezervuaruose, kuriuose sudaromos sąlygos sukaupti didelę veikliojo dumblo masę.

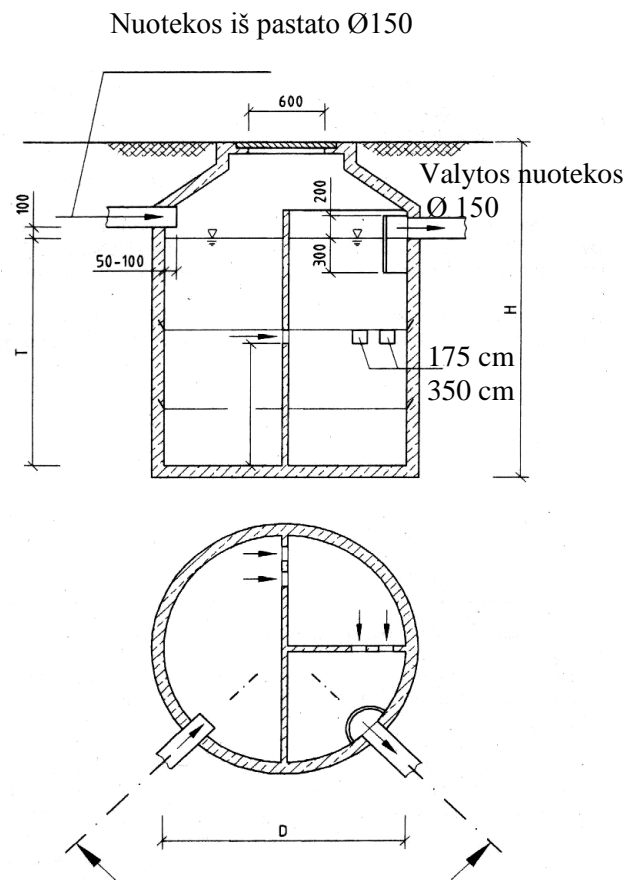
Valant veikliuoju dumblu valomų nuotekų pagrindinės charakteristikos yra: biocheminis deguonies suvartojimas (BDS_5), skendinčiosios medžiagos (SM), maistinės medžiagos – azotas (N) ir fosforas (P).

Dažniausiai biocheminis deguonies suvartojimas (BDS_5) išreiškiamas deguonies kiekiu (mg arba g), reikalingu mikroorganizmams (bakterijoms) suoksidinti nuotekose esančius organinius teršalus per penkias paras.

Po biologinio valymo veikliuoju dumblu organinių teršalų kiekis nuotekose būna sumažėjęs ir žalos vandens telkiniams, į kuriuos išleidžiamos valytos nuotekos, nedaro. BDS_5 yra svarbiausias parametras, rodantis valymo veikliuoju dumblu efektyvumą.

Kombinuoti nuotekų valymo įrenginiai. Septikai (20 pav.) plačiai naudojami individualių namų ir jų grupių, nedidelių pramonės įmonių ir mažų gyvenviečių nuotekų pirminio mechaninio valymo ir jų dumblo dalinio apdorojimui, kitaip tariant, tai kombinuotas nuotekų pirminio valymo įrenginys, atliekantis tris pagrindines funkcijas:

- ❖ nuotekose esančių sunkesnių, stambesnių priemaišų išskyrimą sėdinimu. Nuotekoms nedideliu greičiu pratekant septiku, šios priemaišos nusėda ant septiko rezervuaro dugno;
- ❖ nuotekose esančių lengvų, plūdrių priemaišų (riebalų, pluošto, popieriaus ir pan.) išskyrimą dėl septike sumažėjusių nuotekų tėkmės greičių. Šios priemaišos septike išplaukia į skysčio paviršių ir jame kaupiasi, sudarydamos plūduriuojančią, kietėjančią plutą;
- ❖ ant septiko dugno nusėdusių sunkesnių priemaišų (dumblo) kaupimą, susitankinimą ir pūdymą. Dėl to kelis kartus sumažėja dumblo tūris. Iš perpuvusio dumblo lengviau išskiria vanduo, lengviau ir pigiau jį išvežti, sausinti, apdoroti.



20 pav. Trikamerinis apvalus septikas su nuotekų pratekėjimo angomis

Pūvant dumbliui, susidariusios dujos (daugiausia H_2S – sieros vandenilis) kelia į paviršių pūdomo dumblo gabaliukus, kurie patenka į plūduriuojančių riebalų sluoksnį ir susimaišo su juo, storindami ir cementuodami paviršinę plutą. Dalis kylančio dumblo dalelių vėl patenka į septiku pratekančių nuotekų tėkmę ir didina jo užterštumą.

Septikas – požeminis, dengtas rezervuaras skirtas nuotekų pratekėjimo rezervuaro kameros ir ištekėjimo iš jo vamzdžiai yra įrengti taip, kad iš lengvesniųjų priemaišų susidariusi paviršinė pluta negali patekti iš vienos septiko kameros (skyriaus) į kitą ir negali su nuotekomis ištekėti iš rezervuaro.

Ant rezervuaro dugno nusėdęs dumblas, vykstant anaerobiniams (bedeguoniniams) puvimo procesams, dalinai suyra, sumažėja jo tūris. Tokį perpuvusį dumblą lengviau sausinti. Puvimo metu dalis yrančio dumblo dalelių pakyla į viršutinį sulaikytų lengvų plūduriuojančių dalelių sluoksnį, susimaišo su juo, sudarydama kietoką plutą.

Septike susidaro trys zonos: viršutinė (pluta); vidurinė (skystis, pratekančios nuotekos); apatinė (nusėdusios priemaišos, pūvantis dumblas).

Septikuose sulaikomos stambios, nusėdančios ir plūduriuojančios priemaišos, dėl to sumažėja nuotekų teršalų koncentracija (BDS_5 , skandinčiosios medžiagos, riebalai ir kt.).

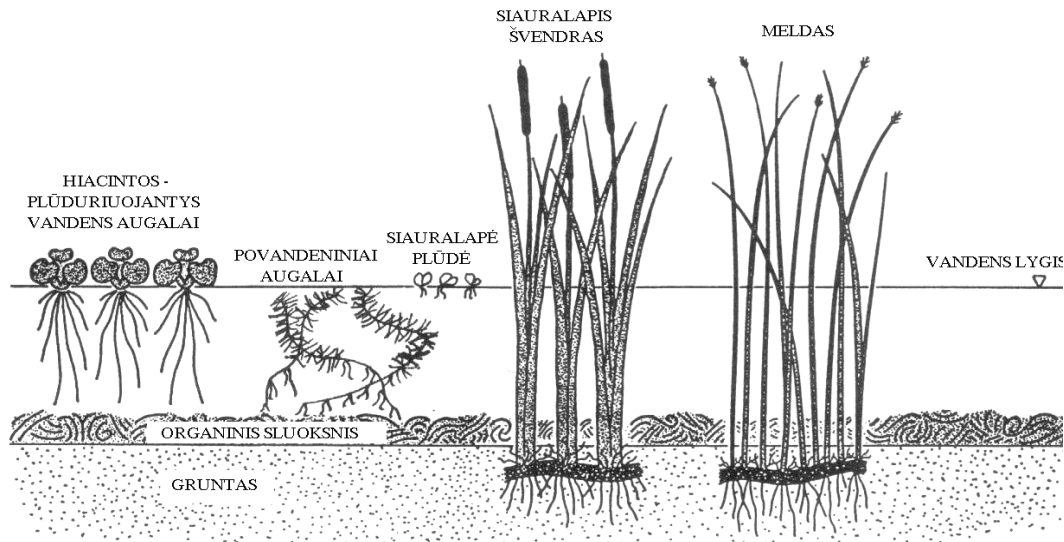
Periodiškai, atidarius septiko landų dangčius, dumblas ir paviršinė pluta yra išsiurbiami ir išvežami autocisternomis tolesniam apdorojimui. Septikuose dalinai (mechaniškai) valytos nuotekos valomos kituose valymo grandinės įrenginiuose, dažniausiai antrinio (biologinio) valymo. Jeigu tokių įrenginių nėra arba jie veikia neefektyviai, į aplinką patenka mažai valytos nuotekos, ji teršiama.

Ekstensyvaus biologinio valymo įrenginiai: augalų-grunto filtrai, dar vadinami dirbtinėmis šlapžemėmis, naudojami gyvenvietėse, turizmo objektuose (kempinguose, turizmo sodybose ir pan.), individualiuose namuose, sąvartynų filtrato, maisto perdirbimo, pasklidusios taršos nuotekų valymui. Ekstensyvių biologinių valymo įrenginių grupei priklauso filtracijos laukai, filtracijos šuliniai, augaliniai (nendrių ir švendrų), smėlio ir žvyro filtrai, biologiniai (neaueruojami) tvenkiniai. Filtravimo įrenginiuose vyksta ekstensyvus biologinis valymas fiksuotais aerobiniais ir anaerobiniais mikroorganizmais, prisitvirtinusiems prie grunto (smėlio, žvyro) dalelių, o biotvenkiniuose – skandinčios būklės esančiais nefiksuotais mikroorganizmais.

Ekstensyvūs valymo įrenginiai dėl juose lėtai vykstančių valymo procesų užima daug teritorijos, tačiau jų priežiūra yra paprastesnė, bet jų intensyvumo negalima padidinti padidėjus nuotekų kiekiui arba jų užterštumui. Ekstensyvių įrenginių valymo efektyvumas yra priklausomas nuo oro temperatūros, kritulių, metų laiko.

Augalų-grunto filtrų technologija pasižymi nedidele statybos ir eksploatacijos kaina, veikimo patikimumu, eksploataavimo paprastumu, derėjimu prie kraštovaizdžio, aplinkos kokybės gerinimu, palankių sąlygų florai ir faunai sudarymu, o trūkumas yra didelis teritorijos poreikis (nuo 10 iki 100 kartų viršijantis intensyvaus valymo įrenginiams reikalingus plotus), taip pat ribotas ir neretai nepakankamas efektyvumas biogeninių, vandens telkinių užžėlimą skatinančių medžiagų – azoto ir fosforo – šalinimo požiūriu.

Lietuvoje paplitusi augalų-grunto filtrų forma – **smėlio-nendrių ir švendrų filtrai** (21 pav.). Augalų grunto filtrams įrengti gali būti naudojami ir kitų vandens paviršiuje augantys bei povandeniniai augalai.



21 pav. Augalų-grunto filtras

Augalų-grunto filtrai pridengia nuo saulės šviesos valomų nuotekų paviršių ir trukdo dumblių dauginimuisi, vandens telkinių, į kuriuos išleidžiamos nuotekos, eutrofizacijai.

Filtrų augalai – tai greitai augantys hidrofitai ir makrofitai, jų lapai siauri, o šaknys auga vandenyje. Valymo įrenginiams gali būti naudojami įvairūs augalai, priklausomai nuo sėdinimo būdo: nendrės (*Phragmites australis*), plačialapės švendrės (*Typha latifolia*), siauralapės švendrės (*Typha angustifolia*), vilkdalgiai (*Iris pseudacorus*), meldai (*schoenoplectus lacustris*), šiurpės (*Sparaganium erectum*), ajerai (*Acorus calamus*). Nendrės tinka labiausiai, kadangi jos šaknijasi iki 1 m gylio ir dėl augimo ypatybių lengvai išauga pro kritusių stiebų dalis.

Ne visi vandens augalai tinka valymo įrenginiuose, nes čia būna dažnai kintantys nuotekų lygiai, ypač lietaus ar intensyvių liūčių metu. Geriau tinka vietinės vandens augalų rūšys, augančios natūraliose pelkėse, nes jos yra prisitaikiusios prie vietos klimato, gruntų, augalų ir vabzdžių rūšių.

Augalų-grunto filtrams su paviršine horizontaliąja tėkme, valantiems buitines nuotekas, žemės ūkio gamybos ir kitas labiau koncentruotas nuotekas, naudojami meldai, nes jie yra gajūs, bet nepasižymi agresyvumu (kitų augalų nustelbimu).

Įrengiant augalų grunto filtrus dažnai naudojami siauralapiai švendrai ir paprastosios nendrės. Jie atsparūs įvairios sudėties nuotekų poveikiui, bet turi esminių trūkumų. Siauralapiai švendrai yra agresyvūs. Be to, jie yra mėgstamas ondatrų maistas. Siauralapiai švendrai pritraukia vabzdžius, kurie nepageidaujami žemės ūkyje. Paprastos nendrės priklauso agresyviems augalams, nustelbiantiems kitus augalus. Lietuvoje plačiausiai naudojami vertikalieji ir horizontalieji smėlio nendrių filtrai.

Biocheminių procesų ypatumai valant nuotekas smėlio-nendrių filtruose. Nuotekų valymo sistemos komponentai yra smėlis, augalai bei mikroorganizmai.

Smėlis yra svarbiausia sudedamoji sistemos dalis, kuri teršalus šalina dvejopai: tiesiogiai – vykstant fizikinėms ir cheminėms reakcijoms bei netiesiogiai – jame auga pelkių augalai ir tarpsta mikroorganizmai. Tiesioginiam valymui priklauso skendinčiųjų ir biogeninių medžiagų filtracija per smėlį, skendinčiųjų dalelių kaupimasis erdmėse tarp smėlio dalelių, ištirpusių organinių, patogeninių medžiagų, nitratų, fosforo, metalų sorbcija, organinių medžiagų skaidymas smėlyje ir biologinėje plėvelėje, fosforo ir metalų nusėdimas.

Nuotekų valymo kokybei didelę įtaką daro procesai, vykstantys esant smėlio-vandens ir smėlio-augalų sąveikai. Dažniausiai smėlio-nendrių filtruose deguonies suvartojama daugiau, negu jo patenka į gruntą, dėl to dažnai susiformuoja du sluoksniai: viršutinis – aerobinis ir apatinis – redukuotas.

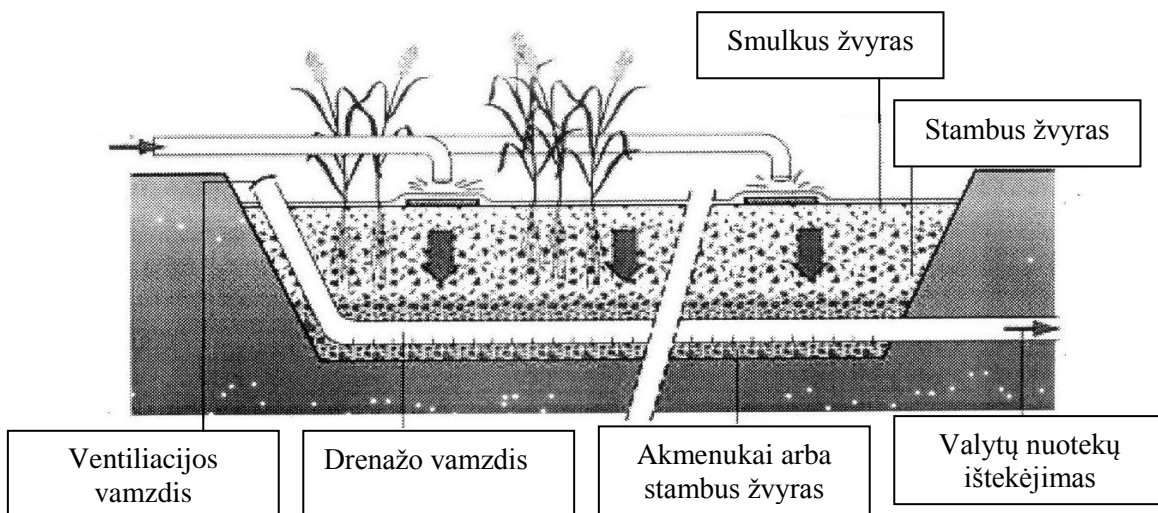
Aerobinėje grunto dalyje vyksta nitrifikacijos reakcijos, kai NH^{4+} bakterijų *Nitrosomas* ir *Nitrobacter* yra paverčiamas nitratais NO^3 . Denitrifikacija – tai redukcijos procesas, kai mikroorganizmai anaerobinėmis sąlygomis kvėpavimui naudodami NO^3 jį efektyviai šalina iš nuotekų paversdami dujinėmis N_2O ir N_2 formomis. Nitrifikacijos procesas oksiduotoje srityje sudaro gradientą ir NH^{4+} iš redukuotosios zonos pereina į viršutinį, oksiduotąjį sluoksnį. NO^3 , susidaręs oksiduotoje srityje, susidarius gradientui irgi pereina į redukuotąjį sluoksnį ir denitrifikacijos reakcijos metu sėkmingai pašalinamas iš sistemos. Nitratai nesiakumuliuoja redukcinėje zonoje, nes dėl denitrifikacijos reakcijų greitai išsisklaido.

Fosforas yra antras svarbus elementas. Su juo nevyksta valentingumo kitimo reakcijos, bet jo chemija glaudžiai susijusi su metalais ir priklauso nuo dirvos potencialo bei pH. Tyrimai rodo, kad redukuotas smėlis daug lengviau su tirpalu keičiasi fosforu nei oksiduotas: dėl redukcijos metalo hidroksidas yra transformuojamas į panašų į gelį hidratuotą metalo hidroksidą, kuris turi daugiau sorbcinių vietų ir daugiau jėgos absorbuoti ir atlaisvinti ortofosfatą.

Gruntas ir pelkinių augalų šaknys bei rizoidai yra puiki terpė prisitvirtinti ir augti mikroorganizmams. Aplink augalų šaknis esanti deguonimi prisotinta erdvė sudaro sąlygas aerobinių, anoksinių ir anaerobinių mikroorganizmų augimui. Mikroorganizmai suvartoja ne tik ištirpusias organines medžiagas, bet ir vykdo suspenduotų ir grunto paviršiumi absorbuotų organinių medžiagų biologinį skaidymą. Aerobinių ir anoksinių sričių egzistavimas leidžia nitrifikacijos ir denitrifikacijos procesais iš nuotekų pašalinti azotą.

Vertikalieji smėlio-nendrių filtrai (22 pav.). Vertikaliosios filtracijos smėlio-nendrių filtrai (VFSNF) yra atviro tipo biologinio valymo įrenginiai, pastatyti grunte, vandeniui nelaidžioje iškasose, užpildytose filtruojančiais smėlio sluoksniais, ir užsodinti nendrėmis. Naudojamų filtruojančiųjų medžiagų granulometrinė sudėtis priklauso nuo valomų nuotekų pobūdžio ir sudėties.

Skirtingai nuo kitų augalinių-infiltracinių įrenginių į VFSNF tiekiamos nevalytos nuotekos be parengtinio jų mechaninio valymo (sėsdinimo ir pan.). Išpilamos nuotekos, prieš patekdamos į VFSNF, prateka tik per grotas. Nuotekos išleidžiamos ant filtro paviršiaus. Praskiestos nuotekos teka filtro paviršiumi.



22 pav. Vertikalojo smėlio-nendrių filtro schema

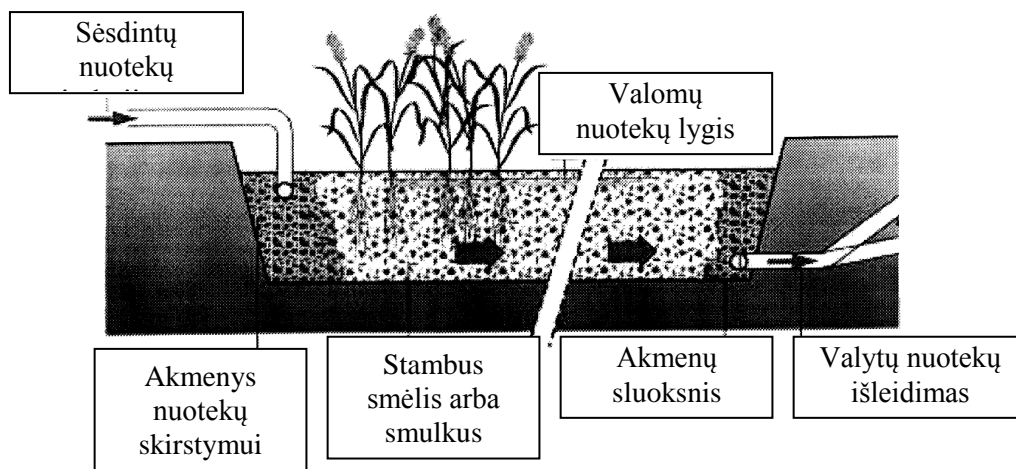
VFSNF vyksta nuotekų fizinis (filtravimas), cheminis (adsorbcija) ir biologinis valymas (prie smulkių filtro dalelių prisitvirtinusia biomase). Valytos nuotekos patenka į drenazo tinklus. Nuotekų valymas vyksta aerobinėmis sąlygomis, veikiant prie smėlio dalelių prisitvirtinusiai biomasei. Jos aerobiniai mikroorganizmai reikalingą deguonį gauna iš aplinkos konvekcijos ir difuzijos keliu. Nendrių šaknų ir gumbų tiekiamas deguonis čia didesnės reikšmės neturi.

Horizontalieji smėlio-nendrių filtrai (23 pav.). Horizontaliuosiuose smėlio-nendrių filtruose (horizontalios tėkmės filtruose) filtruojantieji sluoksniai yra beveik pilnai užpildyti valomomis nuotekomis.

Į horizontalųjį smėlio nendrių filtrą (HSNF) valyti tiekiamos sėdintos nuotekos. Jos per skirstymo vamzdyną yra paskleidžiamos visoje pradinėje (pagal nuotekų tėkmę) nuotekų paskirstymo dalyje. Po to nuotekos horizontalia kryptimi filtruojasi per filtruojantįjį sluoksnį, kuriame vyksta biologinio valymo procesai (Levitas ir kt., 2008).

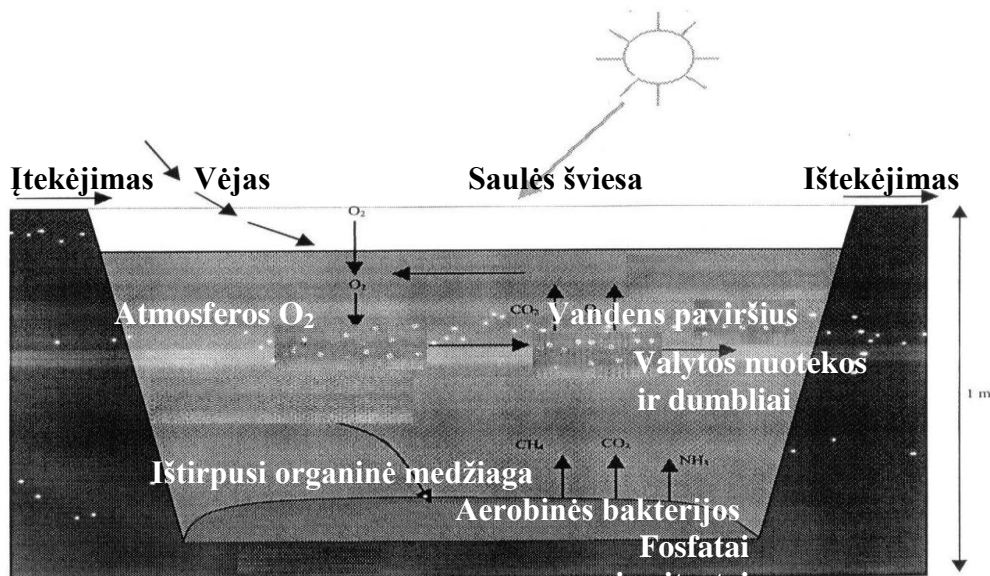
Esant savitakiniam nuotekų pritekėjimui į HSNF, nuotekos nuolat sunkiasi per filtruojantįjį sluoksnį. Valytos nuotekos surenkamos kitame HSNF gale vamzdžiu, esančiu filtro galinėje dalyje, užpildytoje akmenimis (skalda).

Nuotekų išleidimo vamzdis sujungtas su reguliuojamo aukščio sifonu, kuris leidžia keisti persipildančių nuotekų tėkmės debitą ir palaikyti filtrą užpildytą nuotekomis. Jų lygis filtre palaikomas apie 5 cm žemiau filtruojančio sluoksnio paviršiaus. Jis neturi būti užlietas nuotekomis.



23 pav. Horizontalusis smėlio-nendrių filtras

Biologiniai tvenkiniai (biotvenkiniai) yra nuotekoms valyti skirti dirbtiniai tvenkiniai, kuriuose biologinis valymas vyksta dėl ilgo nuotekų išbuvimo (pratekėjimo) juose (24 pav.)



24 pav. Biologinis tvenkinys

Dažniausiai statomi keli, tarpusavyje sujungti biotvenkiniai (skyriai), per kuriuos nuotekos teka nuosekliai iš vieno į kitą tvenkinį (skyrių). Biotvenkiniai turi būti nelaidūs vandeniui, kad iš jų nevyktų nuotekų eksfiltracija ir dėl to nebūtų teršiamas gruntas bei gruntiniai vandenys. Dažniausiai įrengiami trys nuoseklaus pratekėjimo tvenkiniai. Statant 4 ar net 6 nuosekliai sujungtus tvenkinius, pasiekiamas geresnis valytų nuotekų nukenksminimas (dezinfekavimas).

Pagrindinis biotvenkiniuose veikiantis nuotekų valymo mechanizmas yra fotosintezė. Viršutinį vandens sluoksnį biotvenkiniuose intensyviai veikia saulė, dėl kurios vandenyje, sumaišytame su nuotekomis, auga dumbliai, gaminantys deguonį, reikalingą veistis ir veikti aerobinėms (deguonį naudojančioms) bakterijoms, ardančioms teršalų organines medžiagas.

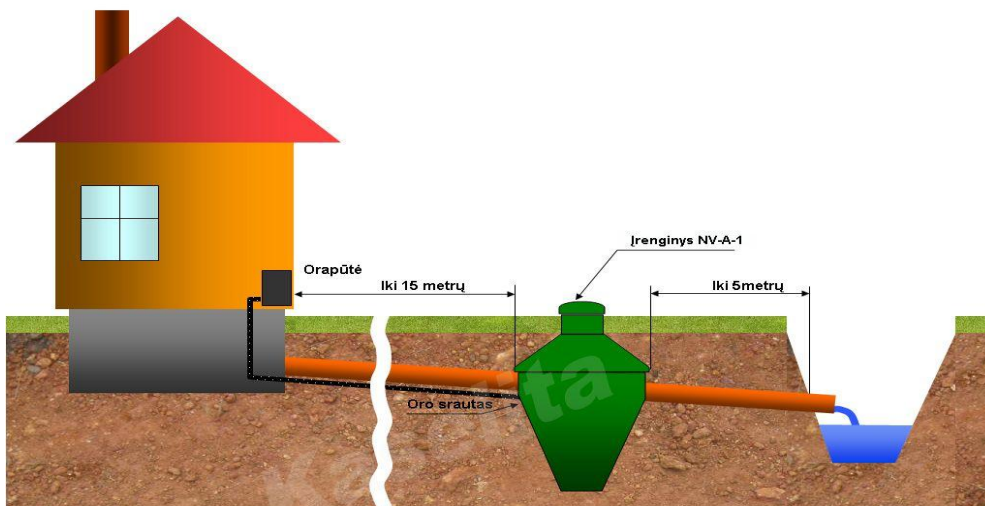
Bakterijų gaminamas anglies dvideginis, taip pat nuotekose esančios mineralinės druskos skatina dumblių dauginimąsi, todėl biotvenkinyje vystosi dvi tarpusavyje priklausomos populiacijos: bakterijos ir dumbliai, vadinami mikrofitais. Šis procesas vyksta tol, kol biotvenkinys gauna saulės energijos ir organinių medžiagų.

Biotvenkinio dugne, į kurį neprasisiskverbia šviesa, vystosi anaerobinės bakterijos, mintančios nusėdusiais organiniais teršalais, skaido juos. Dėl šio proceso į vandenį yra išskiriamas anglies dvideginis ir metanas (Levitas ir kt., 2008).

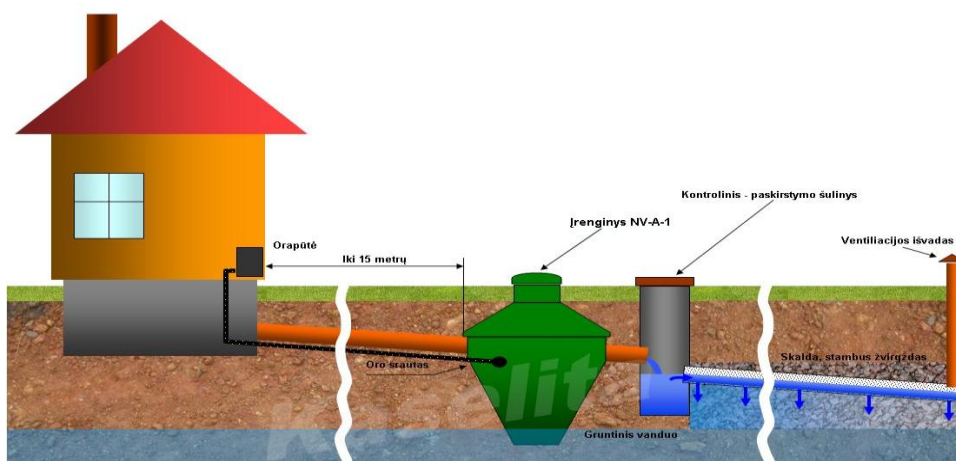
Individualių namų ir sodybų nuotekoms valyti populiari ir ekonomiškai yra vietinių nuotekų valymo įrenginių sistema. Tokio tipo sistemą gamina ne viena Lietuvos įmonė, turinti dešimtmečių patirtį montuojant, gaminant ir prižiūrint sistemas. Sistemos pasirinkimą lemia geologinės sąlygos, nuotekų sistemos apkrovos ir pan. techninės charakteristikos.

Nuotekų valymo įrenginio montavimo schemų pavyzdžiai (25 pav.):

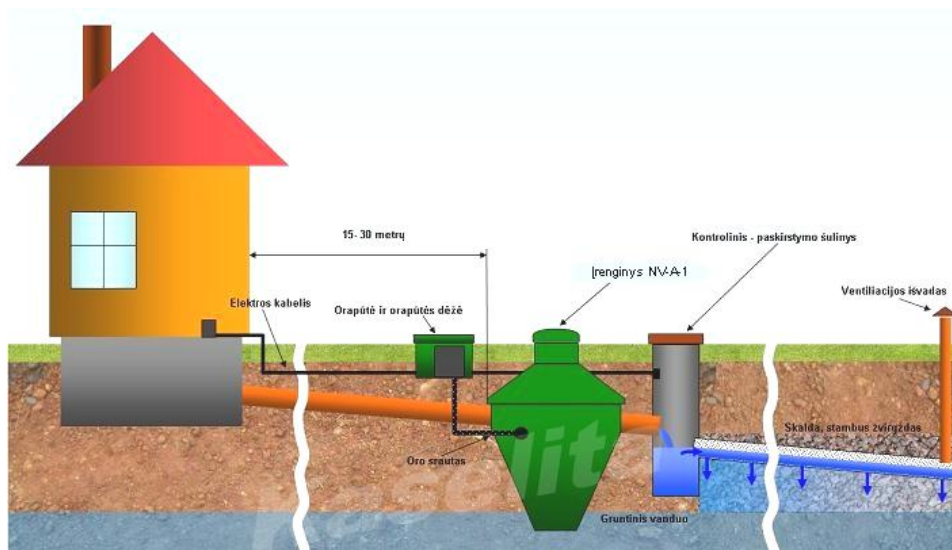
1. Pagrindinio vamzdyno ilgis iki 15 m, savitaka, žemas gruntinis vanduo.



2. Pagrindinio vamzdyno ilgis iki 15 m, savitaka. Infiltravimo laukas. Žemas gruntinis vanduo.



3. Pagrindinio vamzdyno ilgis iki 30 m, savitaka. Infiltravimo laukas. Žemas gruntinis vanduo



25 pav. Nuotekų valymo įrenginio montavimo schemų pavyzdžiai

6. DIRVOŽEMIO SAUSINIMO PAGRINDAI

Kritulių vanduo gali įsigerti į dirvožemį, nutekėti jo paviršiumi (esant nuolydžiui) arba kauptis jo paviršiuje (lygiose vietovėse). Šiuos procesus nulemia dirvožemio vandens pralaidumas (infiltracija). Sausinimo priemonėmis sudaromos sąlygos vandens pertekliui rinktis į dirbtinius požeminius vandens takus ir gravitacinių jėgų veikiamam nutekėti į vandens imtuvus. Sausinimo priemonių parametrai tarpusavyje susiję su kiekvieno objekto reikalavimais drėgmės kiekiui numatytais laikotarpiais. Per drėgnos vietovės nustatomos:

a) remiantis daugiamečiais gruntų drėgmės režimo stebėjimais;

b) pagal požeminio vandens gylį (jei požeminio vandens gylis pavasarį būna mažesnis kaip 0,1 m pievose ar 0,3 m ariamosiose žemėse, o vasarą ir rudenį atitinkamai mažesnis kaip 0,3 m ir 0,6 m, dirvožemiai laikomi per drėgnais);

c) pagal dirvožemio fizikines bei chemines savybes (geležies junginių bei humuso kiekį, glėjiškumą, granulinę sudėtį ir susisluoksniavimą, durpių susiskaidymą bei peleningumą).

Vizualiai per drėgnos vietovės nustatomos:

a) pagal piktžolių bei pelkinės augalijos pobūdį (per drėgnuose plotuose dažnai auga pelkinis pūkelis, triskiautis lakišius, rupūžinis vikšris ir kt.);

b) pagal lauko darbų pradžios vėlavimą (lauko darbų pradžia laikoma data, kai vidutinė dirvos temperatūra pasiekia +5 °C. Jei dėl per didelės drėgmės vėluojama daugiau kaip 5 paras, plotas per drėgnas);

c) pagal išmirkusių augalų plotus;

d) pagal gyventojų faktinius parodymus (Pocienė ir kt., 2008).

Gruntuose oras ir vanduo užima tą pačią erdvę (poras) ir yra tarpusavyje konkuruojantys. Vanduo, būdamas sunkesnis, išstumia orą, o aplinkoje jo trūkstant susidaro **anaerobinės sąlygos**. Tada vyksta anaerobiniai mikrobiologiniai procesai – mikroorganizmai tik iš dalies suskaido dirvožemyje esančias organines medžiagas. Jos iš lėto kaupiasi ir dar labiau didina dirvožemio drėgnumą. Taip prasideda dirvožemio pelkėjimas.

Esant pakankamai deguonies, dirvožemyje susidaro **aerobinės sąlygos**, mikroorganizmai organines medžiagas suskaido iki mineralinių sudedamųjų dalių, ir jas augalai lengvai pasisavina.

Atsižvelgdami į tai, kiek dirvožemyje drėgmės, aerobinės sąlygos gali pasikeisti į anaerobines, ir atvirkščiai. Per metus šios sąlygos gali pasikeisti keletą kartų.

Vykstant dirvožemio pelkėjimui, susidaro specifiniai geležies-mangano, humuso-aliuminio, karbonatiniai junginiai, atsiranda glėjiškumo požymių, kaupiasi organinės medžiagos. Daugėjant organinių medžiagų, didėja dirvožemio imlumas vandeniui, mažėja laidumas jam, blogėja dirvožemio šiluminė bei maisto medžiagų apykaita. Kultūrinę augaliją pakeičia piktžolės, vėliau – pelkinė augalija.

Pelkėjimas pablogina bendras vietovės sanitarines ir higienos sąlygas, be to, gali sukelti erozinius procesus ir tolesnį jų vystymąsi. Drėgmės perteklius apsunkina įvairios paskirties teritorijų sutvarkymą ir eksploataciją, juose esamų statinių priežiūrą. Blogina augimo sąlygas žaliuosiuose plotuose, neužtikrina paviršinių dangų drėgmės kiekio reikalavimų.

Aukštas požeminis vanduo ne tik kapiliarais kyla į vietovės paviršių, bet ir nuolatos drėkina požemines statinių dalis. Gruntuose esančiame vandenyje yra ištirpusių geležies, magnio, sieros oksidų ir kt. cheminių elementų, kurie pamažu skverbiasi ir ardo esamą statinį po žeme.

Vandens perteklius gruntuose neigiamai veikia jo savybes. Sumažėja gruntų vidinės trinties kampas, jo sankabumas bei skaičiuojamasis grunto stipris. Todėl papildomų apkrovų veikiamas

gruntas gali pasislinkti ar suslūgti, o statiniai deformuotis. Esant vandens pertekliui grunte įvairios paskirties teritorijas būtina nusausinti.

Įvairios paskirties objektams sausinti paprastai taikomas horizontalusis drenažas. Lygaus arba švelniai banguoto reljefo plotuose (žaidimų aikštelės, vejos, stadionai) projektuojamas sisteminis drenažas. Jį sudaro lygiagrečiai suklotų drenų sausintuvų tinklas. Kalvotame reljefe (golfo aikštynai, laisvalaikio, pramogų ar miško parkai) labiau taikytinas atrankinis drenažas, atskirais atvejais pavienės gaudomosios drenos arba atviri grioviai ir jų deriniai. Atrankinis drenažas išdėstomas skirtingų ilgių, ne visada laikantis drenų lygiagretumo, projektuojamas teritorijos įdubose (Pocienė ir kt., 2008).

Drenažo labiausiai reikia tose vietose, kur akivaizdžiai matomi ploto užmirkimo požymiai, periodiškai arba nuolat paviršiuje kaupiasi vanduo. Dirvožemiai čia būna nevienalyčiai, o sluoksniuoti, susimaišę tarpusavyje, didesnio ar mažesnio vandens pralaidumo. Tokiose vietose naudojamas filtraciją link drenų didinančios drenažo įrengimo technologijos naudojant įvairias filtracines medžiagas ir vamzdžių apvalkalus. Drenažo vamzdžių apvalkalai – tai neaustinės, sintetinės medžiagos, pasižyminčios geru vandens pralaidumu. Jos turi išsiskirti tokiomis pagrindinėmis savybėmis, kaip ilgaamžiškumas ir veikimo patikimumas. Drenų apvalkalai taip pat patikimai turi apsaugoti nuo smulkių grunto dalelių patekimo į vamzdžių vidų (drenų uždumblėjimo apribojimas). Pakankamai efektyvi priemonė nuo drenų uždumblėjimo yra vandens tėkmės greičio didinimas drenose, dėl ko grunto nuosėdos kartu su vandeniu išnešamos iš vamzdžių. Tam būtina, kad vandens greitis drenose siektų ne mažiau kaip 0,3–0,4 m/s. Alternatyvi priemonė drenų uždumblėjimo mažinimui – drenų skersmens padidinimas, tačiau reikia įvertinti tai, jog tuo padidinama drenažo įrengimo kaina.

Specialios paskirties objektų sausinimui drenažu reikia tinkamo gylio vandens imtuvų, į kuriuos laisvai turi ištekėti drenažo sistemomis surinktas vanduo. Natūralių vandens imtuvų tinklo tankis Lietuvoje (upės, upeliai) apie $0,4 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$. Dirbtinių vandens imtuvų (melioracijos nuvedamieji grioviai) tinklo tankis apie $0,8 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$. Urbanizuotose teritorijose vandens imtuvai būna ir lietaus vandens nuotakynai. Natūraliems vandens imtuvams galima panaudoti ir gamtos sukurtas žemės paviršiaus išilgines įdubas (griovas, raguvas, upių slėnių šlaitus ir pan.).

Vandens imtuvai yra svarbiausia sausinimo sistemos dalis, todėl drenažo įrenginiui reikia atlikti tinkamą vietovės studiją ir įvertinti vandens imtuvų technines galimybes. Kiekvienu vandens imtuvu vanduo nuteka į didesnius ar mažesnius paviršinio vandens telkinius (upės, ežerai, tvenkiniai, jūros). Patikimiausia ir ekonomiškiausia, kai vanduo drenažu ir vandens imtuvais teka savitaka. Atskirais atvejais drenažu surenkamą vandenį iki vandens imtuvų tenka pakelti siurbliais. Tai nėra optimaliausias inžinerinis sprendimas. Derinant drenažo tinklo ir vandens imtuvo patikimą veikimą ieškomas tinkamiausių techninių ekonominių bei aplinkosauginių sąlygų sprendimas.

Sudarant specialios paskirties objektų sausinimo projektą, be reikalingų įprastinių duomenų, būtina turėti teritorijos paskirties tinkamo mastelio planą. Jame turi būti esami ir projektiniai teritorijos duomenys (statiniai, inžinerinė infrastruktūra ir kt.). Sausinimo projektas suderinamas su teritorijos paskirties planu.

Specialios paskirties objektų nusausinimui neįmanoma pateikti tipinės drenažo ar atviro tinklo schemas. Projektuojami objektai, vietovės situacija, aplinkos veiksniai ir kitos sąlygos yra labai skirtingos. Praktiškai kiekvienas nusausinimo projektas tokiems objektams yra originalus savo techniniais sprendimais. Sausinimo projektuose galima taikyti nustatytus ir apibendrintus drenažo įrengimo parametrus, kaip drenažo gylį, nuolydžius, vamzdžių skersmenis, drenavimo atstumus ir kt.

Drenažas skirstomas pagal paskirtį, naudojamas medžiagas ir drenų konstrukciją, sausinimo būdą, drenų padėtį žemės paviršiaus atžvilgiu, veikimo laiką ir kt. **Žemės ūkio drenažu** sausi-

namos užmirkusios žemės ūkio naudmenos (ariamoji žemė, pievos, ganyklos, sodai ir kt.), siekiant pagerinti dirvožemio vandens režimą ir padidinti derlingumą.

Statybinis drenažas naudojamas statybų aikštelėms bei statiniams apsaugoti nuo vandens, kartu padidinamas statinių bei gruntų atsparumas deformacijoms.

Žemės ūkio ir statybinis drenažas skirstomas panašiai, tačiau yra ir esminių skirtumų: statybose dažnai naudojamas galerinis bei žiedinis drenažas, kuris žemės ūkyje neaktualus, žemės ūkiui svarbus skersinis ir išilginis drenažas, o statybose sausinamieji plotai paprastai būna lygūs, ir šis skirstymas nebūtinai. Yra ir grynai konstrukcinių skirtumų: žemės ūkio drenažo gylis bei skersmuo nedideli, jo veikimas mažiau intensyvus, statybinio drenažo efektyvumui padidinti naudojama daugiau filtravimo medžiagų (Pocienė ir kt., 2008).

Horizontalusis, vertikalusis ir mišrusis drenažas. Drenažas, įrengtas lygiagrečiai žemės paviršiui daugiausia atmosferos krituliais drėkinamiems plotams sausinti, vadinamas horizontaliuoju. Lietuvoje jis taikomas dažniausiai. Žemės ūkio horizontaliojo drenažo gylis – 1,0–1,5 m, statybinio – 2,0–6,0 m, kartais ir didesnis.

Mišriojo drenažo rūšis yra horizontalusis drenažas su podirvio filtrais sodams, parkams, apynių plantacijoms sausinti, kai drenažą gali užkimšti šaknys. Vanduo į horizontaliąsias drenas patenka iš apačios pro podirvio filtrus. Filtrai įrengiami 0,7–1,0 m gylio duobėse, pripildytose gerai filtruojančios medžiagos, o jų viduje įstatomas degto molio ar plastmasinis perforuotas vamzdis, sujungtas su horizontaliąja nelaidžiomis sienelėmis drena. Atstumas tarp filtrų 5–10 m.

Dar viena mišriojo drenažo modifikacija – horizontalusis drenažas su laidžiu drenažo tranšėjos užpildu. Smėlio, žvyro ir skaldos užpildas intensyvina drenavimą, pro jį į horizontaliąsias drenas lengviau patenka ne tik požeminis, bet ir paviršinis vanduo. Tokiu drenažu gali būti sausinamos sporto aikštelės ir kt.

Spindulinį drenažą sudaro vertikalus šachtinis šulinys su horizontaliosiomis spindulinėmis drenomis, įrengtomis vandeningame sluoksnyje. Spindulinės drenos labai sustiprina sausinamąjį drenažo efektą – taip galima smarkiai pažeminti požeminio vandens lygį teritorijoje, o vandenį panaudoti vandentiekiai.

Savitakio drenažo veikimas pagrįstas laisvu vandens tekėjimu veikiant sunkio jėgai, įrengus nuolaidžias drenas, kuriomis vanduo gali laisvai tekėti į imtuvą, tarp vandens lygių drenoje ir dirvožemyje susidaro aukščių skirtumas – hidrodinaminio slėgio aukštis, dėl kurio laisvasis perteklinis vanduo filtruojasi į drenas. Dauguma horizontaliojo ir mišriojo drenažo sistemų yra savitakės – tai pačios paprasčiausios bei praktiškiausios sistemos, veikiančios be pašalinės energijos.

Pagal drenų nuolydį savitakis horizontalusis drenažas skirstomas į drenažą su nuolydžiu, be nuolydžio ir patvenktą.

Savitakis drenažas su nuolydžiu – tai įprastas savitakis drenažas, kurio visos drenos turi reikiamą nuolydį ir vanduo laisvai jomis teka nuo sausintuvų iki imtuvo turėdamas laisvąjį paviršių.

Savitakis drenažas be nuolydžio labiau tinka nenuolaidžioms lygumoms sausinti. Tai dažniausiai pavienės drenažo linijos, kuriose susidaro hidraulinis nuolydis, ir vanduo teka į imtuvą. Kiekviena drena į griovį nuleidžiama atskirai arba keletas drenų sujungiama į sistemą. Kartais abu drenos galai būna nuleisti į atskirus griovius ar drenažo rinktuvus. Vienos drenos ilgis 800–1200 m, jos skersmuo viduryje 50 mm, prie žiočių apie 150 mm.

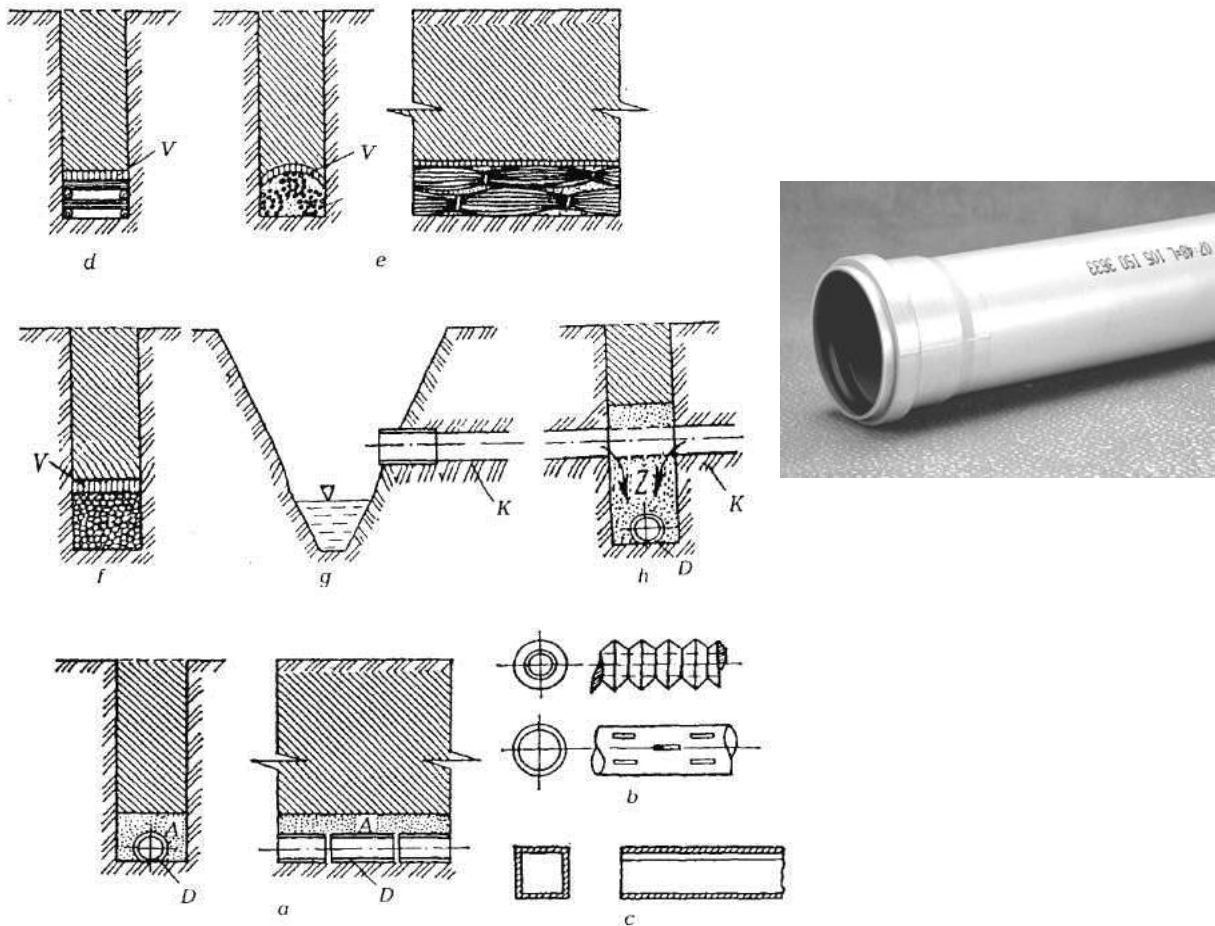
Šis drenažas nesunkiai pritaikomas požeminiam drėkinimui, jam naudojami plastmasiniai vamzdžiai. Be nuolydžio gali būti projektuojamas ir kurminis drenažas.

Savitakio patvenkto drenažo drena yra nuolat vandenyje. Vanduo teka dėl hidraulinio nuolydžio *i* (drenažas be nuolydžio gali veikti ir kaip patvenktas). Patvenkto drenažo veikimo intensyvumas dar mažesnis negu nenuolaidaus drenažo. Jis tinka geležingiems dirvožemiams sausinti, nes geležies junginių oksidacija po vandeniu beveik nevyksta.

Drenažo skirstymas pagal medžiagas. Drenos gali būti įvairių medžiagų: molio, plastmasės, betono, asfaltbetonio, metalo, medžio, akmenų, skaldos ir kt. Svarbu, kad jos būtų patvarios ir pigios.

Degto molio vamzdžių drenažas (26 pav., a) buvo labiausiai paplitęs anksčiau (buvo naudojamas mineraliniams ir durpiniams dirvožemiams sausinti), dabar naudojami PVC vamzdžiai.

Plastmasinių vamzdžių drenažas (26 pav., b). Plastmasiniai vamzdžiai gaminami iš įvairių polimerinių medžiagų, lygūs arba gofruoti, perforuotomis sienelėmis. Dažniausiai naudojamos medžiagos yra polipropilenas (PP) ir polivinilchloridas (PVC). Drenažo sistemos iš gofruotų PVC vamzdžių yra skirtos žemės ūkio melioracijai, parkams, vejoms, poilsio ir sporto zonoms, kelių pylimams ir šalikelėms, negilių pamatų statiniams ir požeminiams statiniams.



26 pav. Drenažo skirstymas pagal medžiagas: a – degto molio vamzdžių drenažo skersinis ir išilginis pjūviai; b – plastmasiniai gofruoti ir lygūs vamzdžiai; c – keturkampės lentų drenos; d – karčių drenažas; e – trijų žabinių drenažas; f – akmenų drenažas; g – kurminis drenažas; h – kombinuotasis (degto molio vamzdžių–kurminis) drenažas; A – armuo; V – velėna; K – kurminė drena; D – drena; Ž – žvyras

PP drenažo sistemas rekomenduojama naudoti įgilintiems statybos objektams, požeminiams statiniams, keliams, automobilių stovėjimo aikštelėms, pylimams. PVC ir PP perforuoti drenažo vamzdžiai skirti melioracijos vamzdynam, nuleidžiantiems gruntinį vandenį ir mažinantiems jo lygį, o neperforuoti – surinkimo sistemoms ir surinkimo šuliniams, iš kurių vanduo nuteka į surinkimo vietą. Vanduo lengviau teka per smėlį ar žvyrą, todėl šios medžiagos dažnai naudojamos kaip filtrai. Daug mažų kiaurymių greičiau praleidžia vandenį ir sulaiko dumblą bei smėlį, galinčius užkimšti vamzdį. Be to, pralaidumą galima pagerinti aprišant vamzdžius sintetinės ar organinės medžiagos filtrais (Pocienė ir kt., 2008).

Perforaciją sudaro apvalios (daugiausia gofruotiems vamzdžiams) ar pailgos angos. Apvalių angų skersmuo yra 1,4–1,6 mm, 1 m vamzdžio būna 250–1000 angų, jų bendras plotas 4–20 cm². Pailgų angų ilgis – 20 mm, plotis – 0,8 mm. Dažniausiai jos išdėstomos šachmatine tvarka lygiagrečiomis eilėmis. Angų žingsnis eilėje 60 mm. Kai vamzdyje yra 6 perforacijų eilės ir 100 angų, jų bendras plotas 1 m vamzdžio sudaro 14 cm². Lietuvoje dažniausiai naudojami 63 ir 75 mm išorinio skersmens vamzdžiai.

Betonas neatsparus dirvožemyje esančioms rūgštims ir agresyviai požeminiam vandeniui, ypač kai pH < 5,5 ir vandenyje yra SO₄⁻², MgO. Dėl šių priesausių betoninių vamzdžių negalima kloti durpynuose, ant jų neleidžiama pilti armens sluoksnio ir pan.

Drenažo statyboje naudojami poringi **keramzitbartonio vamzdžiai**, jų sienelės laidžios vandeniui. Tokio drenažo nuotėkio modulis beveik dvigubai didesnis negu tokio pat skersmens degto molio vamzdžių, o 5 cm skersmens poringų vamzdžių sausavimo intensyvumas maždaug prilygsta 10 cm skersmens degto molio vamzdžių sausinimui.

Asbestcemenčio vamzdžių drenažas plačiau naudojamas pastatams apsaugoti nuo drėgmės. Beslėgiu asbestcemenčio vamzdžių sąlyginis skersmuo 100, 150, 200, 250 ir 300 mm, ilgis 3–4 m, sienelių storis 9–27 mm. Statybiniam drenažui naudojami perforuoti asbestcemenčio vamzdžiai.

Žemės ūkio drenažui naudojami 250–300 mm skersmens neperforuoti asbestcemenčio vamzdžiai, kad rinkluvai, žiotys, drenos nepriaugtų šaknų ir pan.

Smėlio, žvyro, skaldos ir akmenų drenažas (26 pav., f) priskiriamas ertminiam drenažui su užpildu. Vanduo filtruojasi užpildo tuštumomis ar poromis. Šis drenažas efektyvus tuomet, kai tranšėjos užpildo laidumas vandeniui gerokai didesnis negu sausinamojo grunto, ir užpildas neužsikolmatuoja. Dažnai naudojami užpildų mišiniai. Pastatus apsaugant nuo vandens, smėlis, žvyras ar skalda supilami horizontaliais arba vertikaliais sluoksniais. Laidžių gruntų sluoksniai sudaro ekraną iš apačios ar šonų ir neleidžia vandeniui patekti į pastato vidų. Norint greičiau nuleisti susirinkusį vandenį, klojamos horizontalios vamzdinės drenos.

Akmenų drenažas įrengiamas iš nedidelių, apie 10 cm skersmens akmenų. Drenų skerspjūvis 0,06–0,12 m². Iš viršaus akmenys pridengiami velėna veja žemyn, kad į tarpus tarp akmenų nepribyrėtų grunto. Toks drenažas yra atsparus šalčiui, neužauga šaknimis ir tinka sodams, parkams bei šaltiniuotoms vietoms sausinti. Tiesiamas ten, kur yra pakankamai akmenų.

Kurminis ir plyšinis drenažas (26 pav., g). Jį galima pavadinti nematerialiuoju, nes jam įrengti nereikia specialių medžiagų. Nuotaki ertmė vandeniui surinkti bei nuleisti formuojama iš aplinkinio grunto mechaniniu kurmiu arba specialia freza. Plyšinis drenažas naudojamas durpynuose, kurminis – sunkiuose dirvožemiuose ir durpynams sausinti, tik dirvožemiai turi būti neakmenuoti, o durpynai – nekeltuoti ir jų susiskaidymo laipsnis R < 45 proc. Yra bandymų kurmines drenas sutvirtinti specialiomis cheminėmis medžiagomis.

Kurminio drenažo nereikia painioti su kurminimu – agromelioracine priemone, skirta dirvožemiui purenti. Kurminama sekliu (0,4–0,7 m) ir tankiau (kas 1,0–1,5 m). Urveliai gali būti ne nuotakūs, jų skersmuo mažesnis negu kurminių drenų, amžius 2–3 metai.

Kombinuotasis drenažas (26 pav., h) gana dažnai tiesiamas, ypač rengiant dideles drenažo sistemas: drenažo sausintuvai ir mažesni rinktuvai tiesiami iš plastmasinių vamzdžių, didesni rinktuvai – iš asbestcemenčio, betoninių ar gelžbetoninių vamzdžių. Kaip jau minėta, kombinuotuoju vadinamas ir vamzdinis-kurminis drenažas (Pocienė ir kt., 2008).

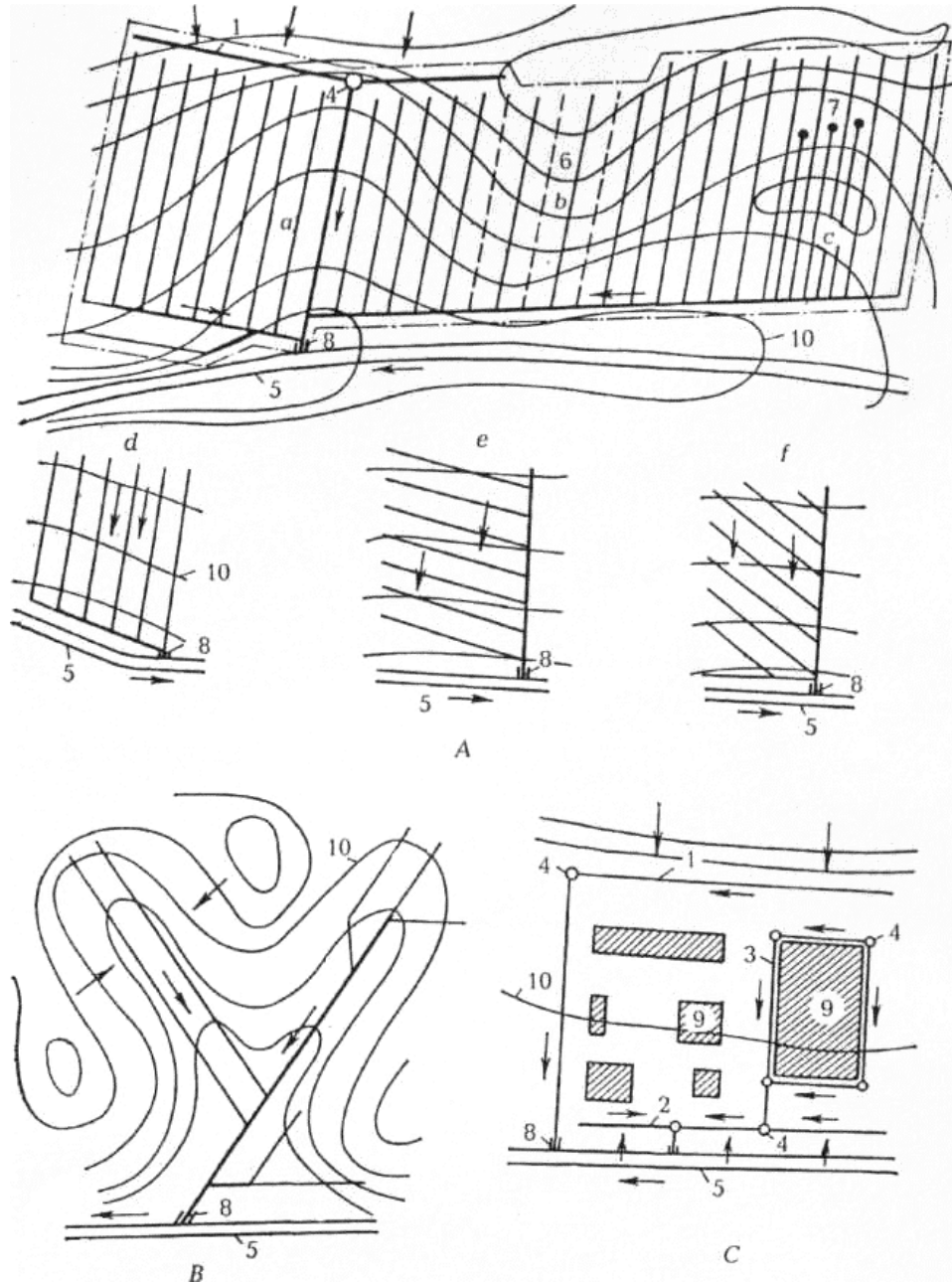
Drenažo tinklo rūšys. Horizontalusis ir vertikalusis drenažas pagal drenų išdėstymą vietoje ir sausavimo tikslus skirstomas į: sisteminį, atrankinį ir apsauginį (Urbonas, 1998).

Sisteminį drenažą, arba sisteminio drenažo tinklą, sudaro visame sausinamame plote suklotų lygiagrečių drenų – sausintuvų tinklas (27 pav., a). Drenažas dar skirstomas į normalų, išretintą ir sutankintą. Kai sausintuvai išdėstomi lygiagrečiai, apskaičiuotais drenavimo atstumais, yra *norma-*

lus sisteminis drenažas (27 pav., a). Kai atskirose vietose drenos, lyginant su aplinkiniu plotu, sutankinamos (lomose ar pašlaitėse), – sutankintas drenažas (27 pav., c), kai drenos praretinamos (viršukalnėse ar kalvų šlaituose), – išretintas drenažas (27 pav., b).

Skersiniame drenaže sausintuvai klojami maždaug statmenai požeminio vandens tėkmės kryptčiai arba beveik lygiagrečiai žemės paviršiaus horizontalėms (27 pav., e). Išilginio drenažo sausintuvai beveik lygiagretūs požeminio vandens tėkmės kryptčiai arba statmeni žemės paviršiaus horizontalėms (27 pav., d). Įstrižinio drenažo sausintuvai įstrižai kerta požeminio vandens tėkmę arba žemės paviršiaus horizontales (27 pav., f).

Atrankinis drenažas, arba atrankinio drenažo tinklas, tiesiamas kalvotose vietovėse: drenuojamasis plotas nėra ištiesi padengiamas drenų tinklu, jos įrengiamos tik reikalingiausiose – žemiausiose reljefo vietose (28 pav., B).



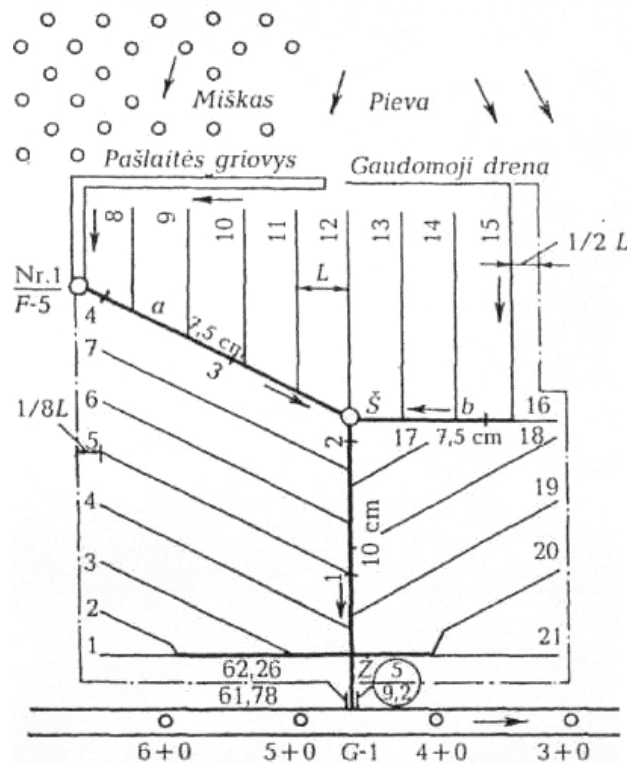
27 pav. Drenažo tinklo rūšys: A – sisteminis; B – atrankinis; C – apsauginis; a – normalus; b – išretintas; c – sutankintas; d – išilginis; e – skersinis; f – įstrižinis; 1 – gaudomasis; 2 – krantinis; 3 – žiedinis; 4 – drenažo šuliniai; 5 – imtuvai; 6 – išretintos drenos; 7 – sutankintos drenos; 8 – drenažo žiotys; 9 – pastatai; 10 – žemės paviršiaus horizontalės (Urbonas, 1998)

Apsauginis drenažas, arba apsauginio drenažo tinklas (27 pav., C), atskirą plotą arba statinį apsaugo nuo vandens, pritekančio iš šalies. Pagal paskirtį jis skirstomas į gaudomąjį ir krantinį, o pagal drenų padėtį plane – į pavienį linijinį ir žiedinį. Gaudomasis drenažas dažniausiai surenka nuo aukštesnių vietų pritekančio vandens perteklių. Jis gali būti klojamas pavienėmis linijomis (27 pav., 1) arba žiedu (27 pav., 3), dažniausiai būna savitakis.

Žiediniu drenažu daugiausia apsaugomi atskiri statiniai ar jų grupės. Pagrindinis vandens pritekėjimas į tokį drenažą būna tik iš išorinės žiedo pusės. Krantinis drenažas saugo nuo požeminio vandens patvankos, pakilus vandens lygiui imtuve, ir nuo filtracinio vandens, pritekančio iš imtuvo (27 pav., 2). Vanduo dažniausiai pakeliamas mašininu būdu. Šis drenažas klojamas pavienėmis linijomis išilgai imtuvo kranto linijos.

Drenažo sistema. Drenos ir kiti požeminiai įrenginiai, surenkantys drėgmės perteklių iš dirvožemio ir pašalinantys jį pro vienas žiotis, sudaro **drenažo sistemą**.

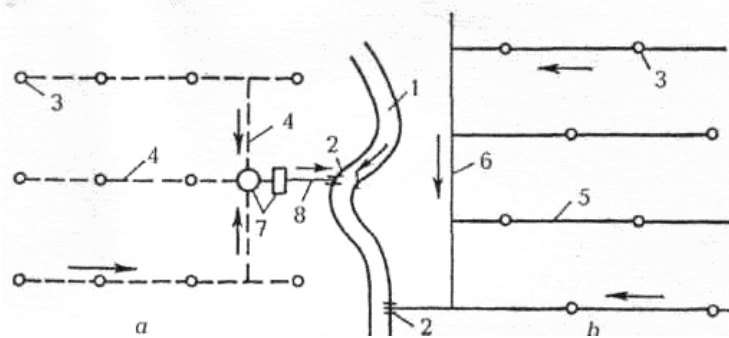
Praktikoje naudojamos horizontaliojo (28 pav.), vertikaliojo (29 pav., a) ir mišriojo (29 pav., b) drenažo sistemos. Lietuvoje plačiausiai naudojamos horizontaliojo drenažo sistemos, nes didžiąją sausinamųjų žemių dalį sudaro kritulių drėkinami plotai. Vertikaliojo ir mišriojo drenažo sistemos daugiau naudojamos intensyvaus požeminio drėkinimo plotuose.



28 pav. Horizontaliojo drenažo sistema: G-1 – imtuvas-griovys; Ž – drenažo žiotys; a, b – rinktuvai; 1,2...21 – sausintuvai; F-5 – paviršinio vandens nuleidžiamasis šulinys; Š – kontrolinis šulinys; L – drenavimo atstumas

Horizontaliojo drenažo sistema (28 pav.) sudaro sausintuvai, rinktuvai (pagrindinis ir šoniniai), žiotys, filtrai, įvairios paskirties šuliniai, slenksčiai, gaudomosios drenos ir kt. Būtinieji elementai yra žiotys, pagrindinis rinktuvas ir sausintuvai, o drenaže be nuolydžio – žiotys ir sausintuvai. *Pagrindiniu rinktuvu* vadinamas ilgiausias ir didžiausią plotą sausinantis rinktuvas, žymimas mažąja raide a. Šoniniai rinktuvai žymimi kitomis mažosiomis raidėmis, jo užrašomos prie rinktuvo viršūnės. Rinktuvo pradžia – taškas, kur susieina du sausintuvai. Sausintuvai žymimi skaitmenimis. Plane visos sistemos numeruojamos. Sistemos numeris ir jos sausinamasis plotas užrašomi ties žiotimis.

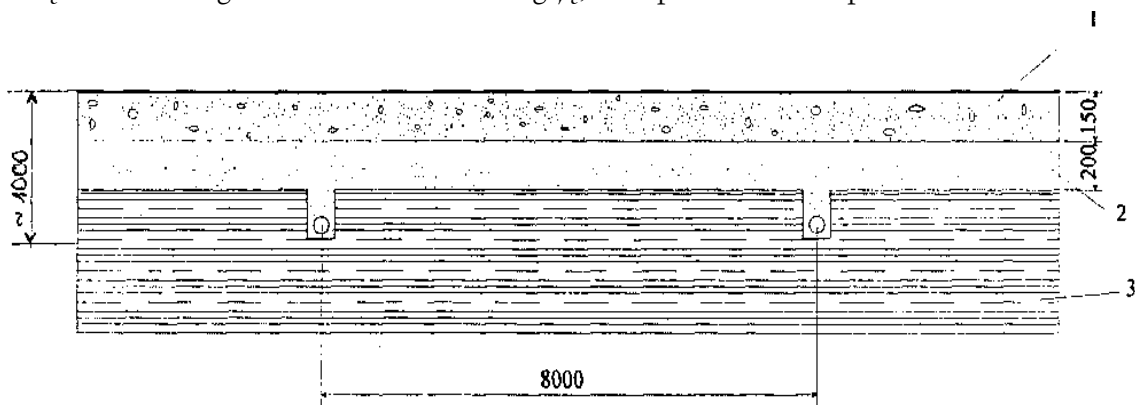
Vertikaliojo drenažo sistemą (29 pav.) sudaro vertikalūs sausintuvai, siurbimo arba sifoninis vamzdynas, vandens surinkimo šulinys, siurblynė, nuleidimo vamzdis (kartais griovys ir žiotys).



29 pav. Vertikaliojo (a) ir mišriojo (b) drenažo sistemos: 1 – imtuvas; 2 – drenažo žiotys; 3 – vertikaliosios drena-sausintuvai; 4 – siurbimo arba sifoninis vamzdynas; 5 – horizontalioji drena-sausintuvai; 6 – horizontalioji drena-rinktuvas; 7 – vandens surinkimo šulinys ir siurblynė; 8 – nuleidimo vamzdis

Žaliųjų plotų sausinimas. Žalieji plotai, parkai, vejos ir kt. dažnai būna svarbios drėgmės pertekliaus infiltravimo vietos. Parkuose formuojama aikštės, takai, keliukai, stovinčio vandens telkiniai ir tekančio vandens statiniai, įkomponuojami natūralios gamtos ryškūs elementai bei su projektuota įvairių statinių infrastruktūra.

Žemiausiose parkų teritorijų vietose, į kurias suteka paviršinis vanduo ir sukelia patvanką, dažniausiai įrengiami tvenkinėliai ar kūdros. Keletą vandens tvenkinėlių geriausia tarpusavyje sujungti dirbtine vingiuota vandentaka, trapecinės formos grioviais. Taip jie tampa viena iš pagrindinių sausinimo priemonių parkų teritorijose. Atviri žalieji plotai parkuose, dažniausiai vejos, sausinamos drenažu, jo išdėstymas ir parametrai artimi žemės ūkio naudmenų drenažo parametrams. Jei tenka taikyti seklesnį drenažą, kad augalų šaknys neįsiskverbtų į vamzdžius jie iš viršaus pridengiami apdangalais (pavyzdžiui, propileno audiniu) arba sausinimui parenkami dalinai perforuoti nuotakyno vamzdžiai. Žaliuosiuose plotuose įrengus drenažo ir drėkinimo tinklus žemės paviršius turi būti išlygintas, t. y. paviršiuje neturėtų būti gilesnių kaip 3 cm įdubimų. Intensyviau žaliųjų plotų sausinimui galima naudoti technologiją, kuri pateikiama 30 pav.



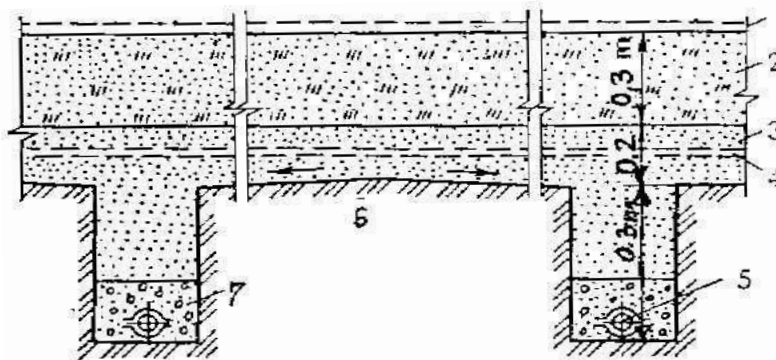
30 pav. Intensyvaus sausinimo schema: 1 – dirvožemio sluoksnis; 2 – laidaus grunto (smėlio) pasluoksnis; 3 – mažai laidus (molinis pagrindas), matmenys mm (Pocienė ir kt., 2008)

Esant mažo vandens pralaidumo molingiems gruntams drenažo veikimo intensyvumas padidinamas papildomomis priemonėmis. Po armeniniu sluoksniu suformuojamas laidaus smėlinio grunto pasluoksnis, kurio pagrindinė funkcija – greitas vandens nuvedimas link sausinamųjų drenų. Drenažo tranšėjos taip pat užpilamos smėliniu gruntu (30 pav.). Intensyvios sausinimo technologijos kaina didesnė lyginant ją su įprastinio drenažo įrengimo technologija. Ją padidina papildomi žemės paviršiaus transformavimo darbai, laidaus pasluoksnio grunto privežimas ir pasluoksnio įrengimas.

Šiltnamių žemės sausinimas naudojamas tose vietose, kur aukštas gruntinio vandens lygis ir įrenginėjami intensyvios gamybos šiltnamių ūkiai. Norint palaikyti reikiamą vandens, oro ir maisto medžiagų režimą šiltnamio maitinamajame dirvos sluoksnyje, drėgmės perteklius, susidaręs laistant ar plaunant dirvą, pašalinamas drenažu. Maksimalus drenažo nuotėkis šiltnamiuose būna dirvą plaunant nuėmus derlių ir sterilizavus dirvą.

Lietuvoje maitinamajame sluoksnyje yra 25–60 proc. organinės medžiagos, jo tūrio masė 0,20–0,60 t/m³, mažiausias lauko drėgmės imlumas 60–80 proc. grunto tūrio, filtracijos koeficientas – 1,0–4,5 m/d., maitinamojo sluoksnio storis – apie 0,30 m.

Šiltnamių žemė dažniausiai sausinama sisteminiu drenažu su tranšėjų užpylimu laidžiomis medžiagomis. Sausintuvams naudojami 63–80 mm, rinktuvams 80–110 mm ir daugiau, dažniausiai plastmasiniai gofruoti arba lygūs perforuoti vamzdžiai. Drenavimo atstumas 6–10 m, priklausomai nuo grunto ir vietovės specifinių sąlygų. Vamzdinių drenų gylis 0,6–0,8 m, minimaliausias jų nuolydis – 0,002 ‰. Po šiltnamio maitinamojo sluoksnio būtinas laidaus grunto pasluoksnis (sluoksninis drenažas), todėl drenos įgilinimos tiek, kad nebūtų pažeistos statybų metu. Mažas drenų nuolydis apribojamas lygaus šiltnamio maitinamojo sluoksnio paviršiaus. Sausintuvų bei rinktuvų ilgai priklauso nuo šiltnamio matmenų ir drenažo tinklo išdėstymo. Vamzdinių drenų apsaugai nuo uždumblėjimo parenkami reikiamų techninių parametrų drenų apvalkalai. Drenažo įrengimo šiltnamiuose pjūvis pateiktas 31 pav.



31 pav. Drenažo įrengimas šiltnamių žemėje: 1 – eksploatacinio tinklo pagrindas; 2 – maitinamasis dirvožemio sluoksnis; 3 – sluoksninis laidaus grunto drenažas; 4 – dirvožemio šildymo sistemos vamzdžiai; 5 – sausintuvai su apvalkalu; 6 – pagrindo gruntas; 7 – frakcionuotas užpildas (Pocienė ir kt., 2008)

Apie 20 cm storio sluoksninis drenažas ypač reikalingas, kai šiltnamiai statomi sunkesniuose gruntuose su mažu vandens pralaidumu. Naudojamas žvyringas, praplautas, frakcionuotas smėlis, kurio dalelių skersmuo 1,0–5,0 mm.

Išorinėje stacionariųjų šiltnamių pusėje įrengiamas lietaus vandens nuotakynas. Šiltnamių lietaus ir drenažo vandens nuvedimo linijos ir kiti statiniai gali būti bendro naudojimo.

Miškų sausinimas. Medžiams augti optimali drėgmė sudaro 65–120 proc. mažiausio lauko dirvožemio drėgnumo (MLDD). Atskiroms medžių rūšims yra skirtinga: juodalksniui 72–120 proc. MLDD, pušiai, karpotajam beržui – 65–102 proc. MLDD; eglei – 70–100 proc. MLDD. Jautrūs drėgmės svyravimams medžių sėjinukai ir sodinukai, optimali drėgmė turi būti palaikoma 80–100 proc. MLDD, pušies – 75–100 proc. MLDD.

Miško medelynų ir miško parkų sausinimui įrengiamos uždaro tipo (drenažu) sausinimo sistemos (Urbonas, 1998). Sudarant miško sausinimo projektą, reikia išanalizuoti būsimo vandens imtuvo būklę (koks jo gylis, vandens lygis jame, krantų ir vagos būklė ir t. t.). Kai per mažas gylis arba per mažas skersinis plotas, kuris nesugeba praleisti reikiamo debito, būtina jį dirbtinai sureguliuoti bei suderinti su aplinkos apsaugos priežiūrą atliekančiomis institucijomis. Sausinimo sistemos imtuvas turi būti kuo tiesesnis, eiti žemiausiomis slėnio bei giliausiomis durpyno vietomis,

imtuvo reguliuojamos dalies pradžia ir galas turi sutapti su senvage, tokių griovių gylis dažniausiai būna 2–3 m.

Nuleidžiamieji, sausinamieji ir apsauginiai grioviai pamiškėse projektuojami sutapdinant jų briauną su miško riba (kad grioviui iškasti nereikėtų kirsti miško). Griovių atstumai nuo inžinerinių statinių, saugomų teritorijų, objektų ir teršiančių vietovių neturi būti mažesni, negu nustatyti specialiose žemės ir miško naudojimo sąlygose (Specialiosios..., 1996).

Griovio trasa prie vandens telkinio (ežero, tvenkinio), kurio lygis yra aukštesnis negu griovio, turi būti parenkama atsižvelgiant į vietovės hidrologines sąlygas taip, kad būtų išvengta vandens telkinio lygio pakitimo.

Sausinamieji grioviai projektuojami taip, kad kirstųsi smailiu kampu, nes tuomet geriau surenkamas paviršinis ir gruntinis vanduo, taip pat sausintuvai turi turėti natūralų žemės paviršiaus išilginį nuolydį. Jeigu žemės paviršiaus nuolydis nedidelis, sausintuvo padėtį plane nulemia leistinas minimalus jo dugno nuolydis. Sausinamųjų griovių ilgis projektuojamas iki 500 m, gyliai 1,0–1,2 m, o durpiniuose šie gyliai turi išlikti po jo suslūgimo. Sausinamųjų griovių minimalus leistinas nuolydis 0,5 ‰, didesnio debito (daugiau kaip 0,5 m³/s) griovių minimalus nuolydis skaičiuojamas remiantis sąlyga, kad vandens greitis, tekant vegetacijos periodo vidutiniam debitui, būtų ne mažesnis kaip 0,3 m/s. Maksimalų nuolydį lemia maksimalūs leistini vandens greičiai griovyje, t. y. reikia, kad vandens greičiai griovyje nebūtų didesni negu maksimalūs leidžiami (neplaunantys grunto). Maksimalių leidžiamų vandens greičių reikšmės priklauso nuo griovio paviršiuje esančių gruntų arba tvirtinimo medžiagų ir vandens gylio griovyje.

Griovio trasos turi eiti aukštesniąja puse (pagal žemės paviršiaus nuolydį) arba iš abiejų kelio pusių. Griovių trasos turi kuo mažiau kirsti kvartalines linijas ir kelius, kad kuo mažiau reikėtų pralaidų ir lieptų. Sausinamieji grioviai įjungiami į nuleidžiamuosius griovius nuo 45 iki 90° kampu, optimalus kampas sudaro 60–80°. Tiesiogiai jungti sausinamųjų griovių į vandens imtuvą neleidžiama, išskyrus apsauginius (pašlaičių ir gaudomuosius) griovius.

Atstumas tarp sausinimo griovių priklauso nuo daugelio veiksnių: sausinimo tikslų, drėgmės pertekliaus priežasčių, klimato, grunto granulimetrinės sudėties, griovio gylio, žemės paviršiaus nuolydžio, želdinių pobūdžio (miško tipo, boniteto, rūšinės sudėties, amžiaus) ir t. t. Jis nustatomas trimis metodais: hidrologiniu, fitologiniu miškininkystės ir ekonominiu.

Sodų ir medelynų drenavimo ypatumai. Pagrindiniai Lietuvos sodų augalai yra obelys, kriaušės, vyšnios, serbentai, agrastai, avietės, braškės. Sodo reikšmė – ne vien įvairūs vaisiai ir uogos, kaip maisto ir vitaminų šaltinis žmogui, jis puošia (paįvairina) sodybos arba atskiros teritorijos kraštovaizdį ir kt. Ypač svarbią reikšmę šiems augalams turi dirvožemio drėgmė. Vaismedžiai gali gerai augti ir derėti, kai dirvožemio drėgnumas kinta iki 75–80 proc. nuo LDI, tačiau kai mažas, jų vystymasis sulėtėja. Kai vaismedžiams drėgmės per daug, jų ūgliai ir lapai nebeauga, dalis jų per anksti nukrinta, vaisiai sutrūkinėja (Venskutonis, 1999). Vaismedžių šaknys pakenčia tik laikiną vandens perteklių ir jis negali trukti ilgiau kaip vieną mėnesį. Geriausiai, kai vaismedžiams su sėkliniais poskiepiais gruntinio vandens lygis 2,5–3 m, o su vegetatyviniais poskiepiais – 1,5–2 m gylyje.

Sausinant sodus būtina tinkamai parinkti sausinimo būdą: drenažu (sisteminis, atrankinis, pavienių linijų) arba paviršinių (atvira sistema) kasant griovius. Atvira sausinimo sistema pigesnė, tačiau turi nemažai trūkumų (grioviai trukdo žemės dirbimui ir priežiūrai, apie 15 proc. naudingo ploto reikia griovių įrengimui, daug laiko ir išlaidų tenka skirti jų priežiūrai ir eksploatacijai, tenka įrengti grioviuose daug pralaidų ir kt.). Lietuvoje sodai dažniausiai sausinami horizontaliuoju plastmasiniu drenažu. Soduose yra didelis pavojus, kad drenos gali užaugti medžių šaknimis, todėl drenažo linijas reikia kloti kuo toliau nuo medžių ir giliau, kad šaknys kuo sunkiau jas pasiektų. Kaip papildoma priemonė – galima drenažo vamzdžius apvynioti įvairiomis medžiagomis (šiaudais, geotekstile ir pan.).

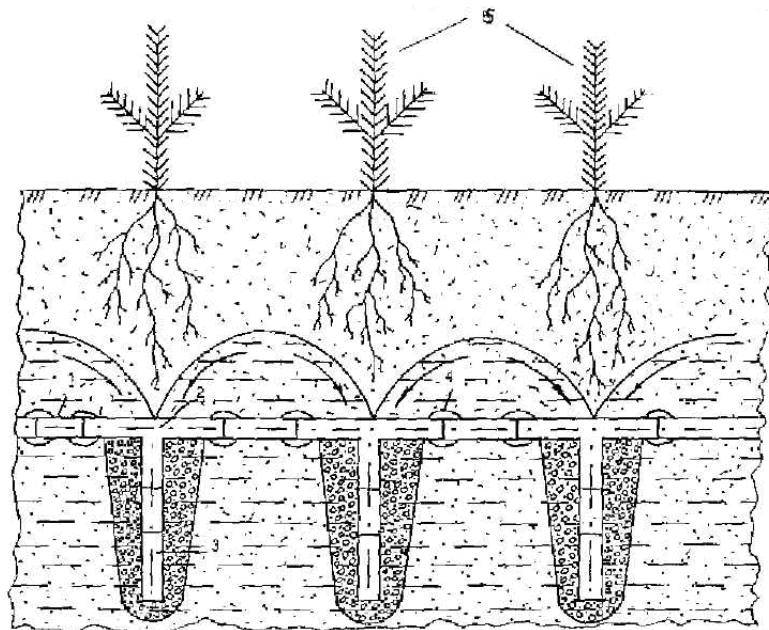
Sausinant vaismedžių sodus sausintuvai projektuojami vaismedžių tarpueilio viduryje. Parenkant atstumus tarp sausintuvų reikia įvertinti dirvožemio tyrimo duomenis bei sodo sodinių išplanavimą. Esant tarpueilių pločiui 6–8 m, sunkaus ir vidutinio priemolio dirvožemiuose atstumas tarp sausintuvų priimamas 12–16 m, lengvo priemolio – 18–24 m. Auginant žemaūgius vaismedžius tarpai tarp eilių sumažėja du kartus, be to, horizontalių šaknų skersmuo 1,5 karto didesnis už vainiko skersmenį, todėl tikėtis, kad šaknys neužkimš sausintuvų, negalima. Vaismedžių horizontaliosios šaknys plinta 30–75 cm gylyje, to vertikalios skverbiasi iki 2–4,5 m gylio, priklausomai nuo dirvožemio, poskiepio, gruntinio vandens gylio.

Vaiskrūmių soduose bei medelynuose, kuriuose sodinukai sodinami iki 2 m atstumais, sausintuvų ir rinktuvų tinklas prie sodinukų eilių netaikomas. Atstumai tarp sausintuvų parenkami pagal dirvožemio mechaninę sudėtį, tačiau drėgmės nemėgstančių augalų medelynuose atstumai mažinami iki 25 proc., o drėgmę mėgstančių augalų medelynuose – pagal reljefą numatant sausintuvus tik lomose, pašlaitėse bei vandentakose.

Sodo bei medelynų drenažo sausintuvams naudojami perforuoti plastmasiniai vamzdžiai. Drenažo vamzdžių apsaugojimas nuo užaugimo apsauginėmis filtracinėmis medžiagomis parenkamas pagal dirvožemio granulimetrinę sudėtį. Sunkesnės mechaninės sudėties dirvožemiuose vandens pralaidumui pagerinti įrengiami požeminiai filtrai iš skaldos, žvirgždo, žabų, durpių ir kt.

Lietuvoje sodus ir medelynus rekomenduojama sausinti giliau, kad būtų mažesnis užaugimo šaknimis pavojus – 1,4 m. Sausintuvų ilgis ne ilgesnis kaip 150 m, projektuojamos nedidelės iki 10 ha drenažo sistemos. Rinktuvai projektuojami iš perforuotų arba neperforuotų plastmasinių vamzdžių. Kai rinktuvai tarpusavyje susijungia toje pačioje vietoje, tikslinga įrengti požeminius arba paviršinius kontrolinius šulinius.

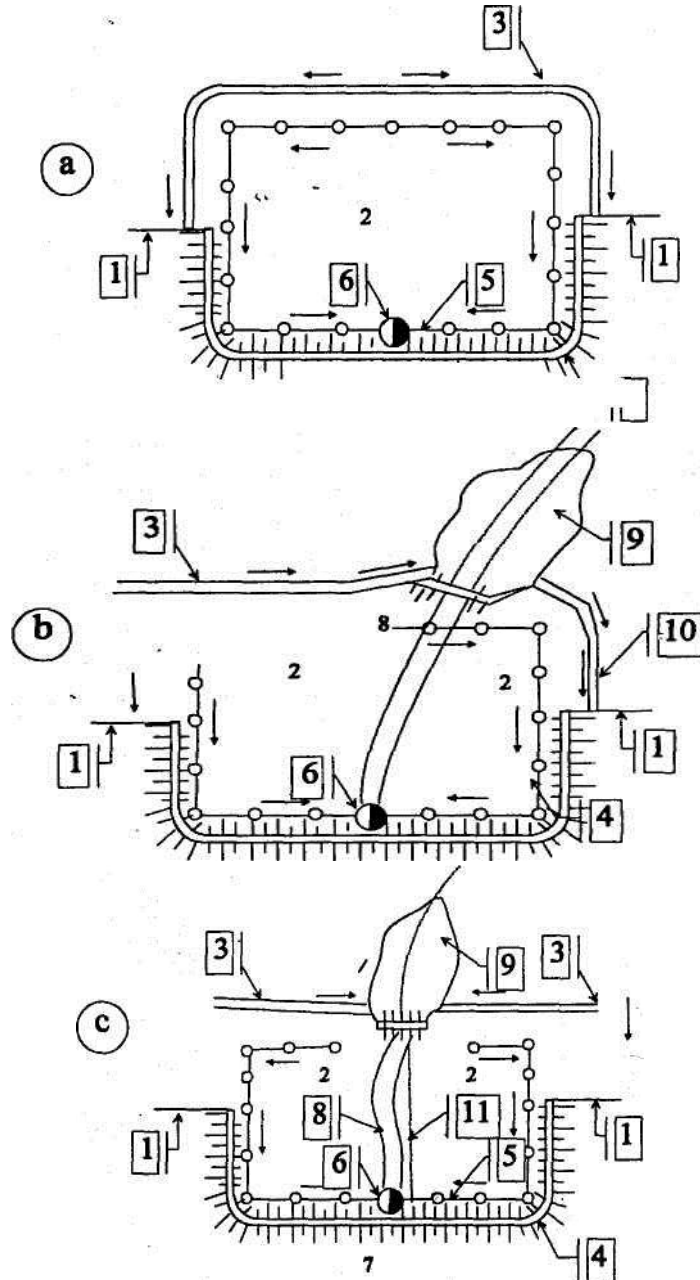
Užaugimo šaknimis pavojų mažinti, esant galimybei, tikslinga įrengti žiedinį drenažą, tai yra vandenį galima nuvesti iš sistemos dviem kryptimis. Soduose ir medelynuose taip pat projektuojamas horizontalusis drenažas su podirviniais filtrais. Vanduo į drenažo linijas patenka filtruose įrengtais vertikaliais drenažo vamzdžiais, o filtras rengiamas iš žvyro arba skaldos (32 pav.) (Pocienė ir kt., 2008).



32 pav. Atsparaus užkimšimui medžių šaknimis drenažo su podirviniais filtrais įrengimo schema.
1 – drenažo linija; 2 – trišakis; 3 – vertikalieji drenažo vamzdžiai; 4 – užsandarinto vamzdžių jungtys;
5 – medžių eilės (Pocienė ir kt., 2008)

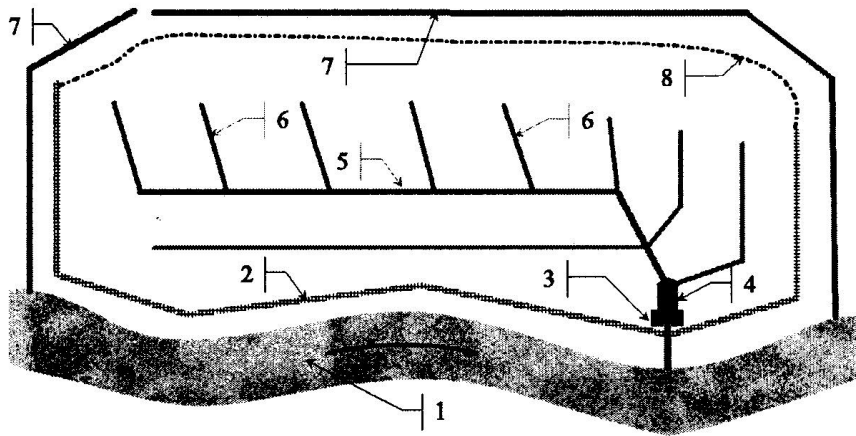
Teritorijos apsauga nuo užtvindimo (33 pav.): pylimu atitveriami teritoriją nuo upės, tvenkinio ar kito vandens telkinio pusės; dirbtinai pakeliant teritorijos žemės paviršių iki neužtvindomų altitudžių; sukaupiant (akumuliuojant), reguliuojant bei nuvedant paviršinius ir drenažo vandenį iš užtvindytų, laikinai užtvindomų, drėkinamų teritorijų bei žemaslėnių žemių.

Inžinerinės apsaugos nuo užtvindimo statiniai yra dambos, pylimai, drenažo ir vandens nutekamieji tinklai, nutekamieji grioviai, greitvietės, slenksčiai, vamzdynai ir siurblinės.



33 pav. Apsaugomos teritorijos nuo užtvindimo paviršinio vandens tvarkymo schemas: a – paviršinis vanduo pašalinamas siurbline; b – paviršinis vanduo kaupiamas akumuliacinio baseino ir pašalinamas savitaka grioviu; c – tas pats atvejis kaip b, tik vanduo pašalinamas slėgio vamzdynu. 1 – vandens lygis; 2 – apsaugoma teritorija; 3 – apsauginis griovys; 4 – atitveriamoji damba; 5 – drenažas; 6 – siurblinė; 7 – vandens telkinys; 8 – vandentėkmė (intakas); 9 – vandens akumuliacinio baseinas (tvenkinys ar saugykla); 10 – nuvedamasis griovys; 11 – slėgio vamzdynas

Polderiai. Polderiu vadinama žema teritorija, nuo nuolatinio ar periodinio užliejimo apsaugota pylimais, nusausinga (dažniausiai mechaniniu būdu) ir sukultūrinta (34 pav.).



34 pav. Polderio principinė schema: 1 – vandens imtuvas (upė, vandens saugykla ir pan.); 2 – apsauginė damba; 3 –siurblinė; 4 – reguliavimo rezervuaras; 5 – magistralinis griovys; 6 – sausavimo grioviai; 7 – apsauginiai grioviai; 8 – užtvinstančios zonos riba

Polderiai pagal jų apsaugojimo nuo užliejimų garantiją skiriami į 2 tipus: žiemos, arba neužliejamus visus metus, ir vasaros – neužliejamus tik vegetacijos laikotarpio potvynių. Aukšti pavasario potvyniai vasaros tipo polderius užlieja kaip ir prieš įrengiant tokius polderius. Polderinės sausavimo sistemos įrengiamos tuose plotuose, kurie dėl aukšto vandens lygio upėje būna nuolatos patvenkti arba net užlieti.

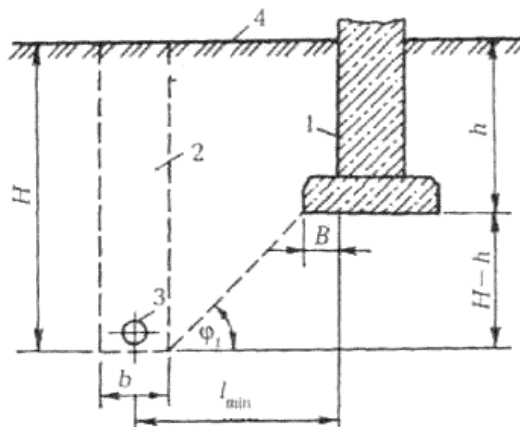
1990 m. Nemuno ir Minijos žemaslėniuose Šilutės rajone buvo įrengti 29 polderiai su 42 siurbliėmis. Žiemos polderiai Šilutės rajone Nemuno žemaslėnyje įrengti daugiausia gyvenvietėms apsaugoti nuo potvynių (Pocienė ir kt., 2008).

Statybinis drenažas ir jo tipą lemiantys veiksniai. Gyvenvietėms, sodybvietėms ir kitiems statybų objektams sausinti dažniausiai įrengiamas horizontalusis, vertikalusis arba mišrusis vamzdinis statybinis drenažas.

Statybose dažnai įrengiamas ertminis drenažas su užpildu, derinamas kartu su vamzdiniu drenažu. Atitekančiam didesniam požeminio vandens kiekiui, svarbesni ir sudėtingesni statiniai drenuojami galeriniu drenažu.

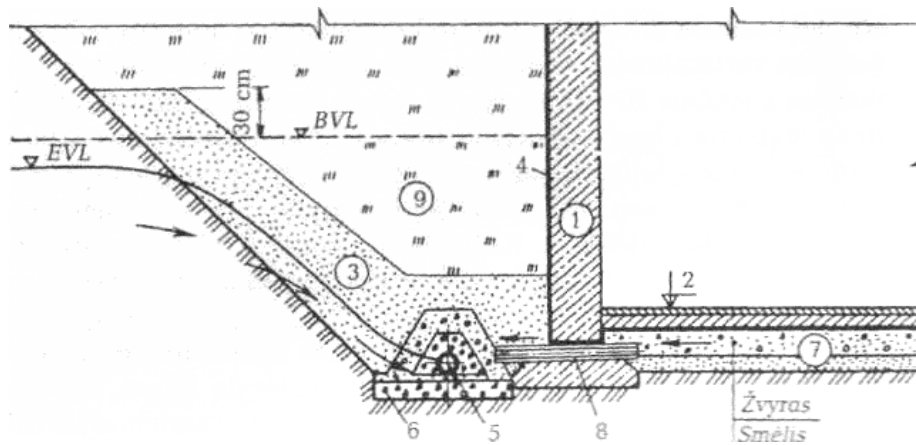
Horizontalusis ir mišrusis statybinis drenažas dažniausiai veikia savitaka, vertikalusis – mašiniu principu. Specialusis drenažas (elektrinis, vakuuminis, terminis ar ventiliacinis) dažniausiai įrengiamas statomiems objektams laikinai sausinti.

Statybų objektams sausinti plačiausiai naudojamas apsauginis drenažas (apsauginio drenažo tinklas). Svarbūs parametrai yra drenažo sistemos gylis ir atstumas nuo statinio pamato (35 pav.).



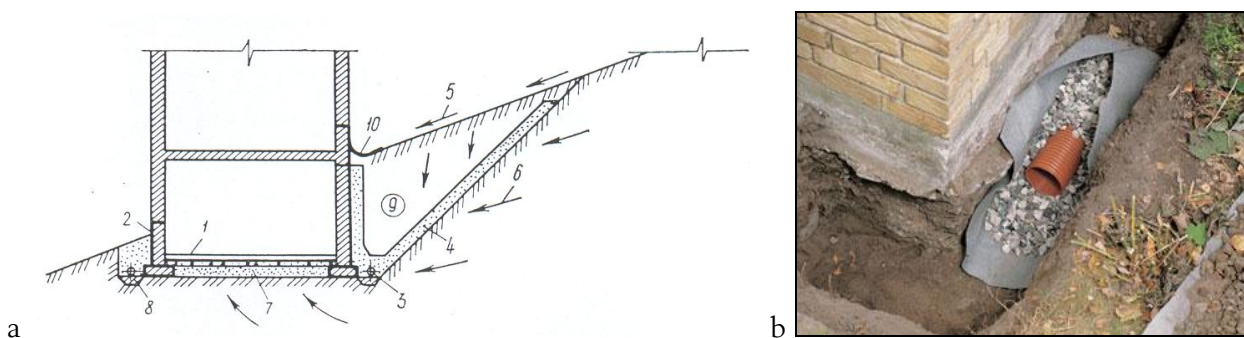
35 pav. Drenos atstumo nuo pamato skaičiavimo schema, kai drena žemiau pamato: 1 – pamatas; 2 – drenažo tranšėja; 3 – drena; 4 – žemės paviršius

Ertminis drenažas su užpildu (prizminis ar sluoksninis) statybose dažnas. Ertmė – statiniui padaryta iškasa, užpildas – skalda, žvyras, smėlis, rečiau naudojamos dirbtinės vandeniui laidžios medžiagos. Pastatų pasieniais dažniausiai įrengiamas prizminis, o po grindimis – sluoksninis drenažas (36 pav.) (Pocienė ir kt., 2008).



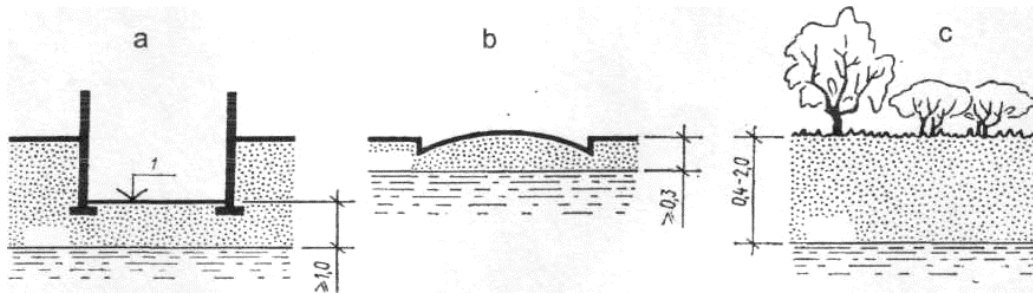
36 pav. Pastato drenažas pamato lygyje: 1 – pamatas; 2 – rūšio grindys; 3 – smėlio prizmė; 4 – hidroizoliacija; 5 – drena su atvirkštiniu filtru; 6 – skalda, įplūkta į gruntą; 7 – sluoksninis drenažas; 8 – asbestcementinis vamzdis; 9 – vietinis gruntas; BVL; EVL – buvęs ir esamas požeminio vandens lygiai

Efektyvus ertminis drenažas su užpildu kartu su vamzdiniu, nes pirmasis surenka požeminį vandenį iš didelio ploto, o antrasis šį vandenį greitai pašalina. Kai sluoksniniame drenaže naudojamas stambesnių frakcijų žvyras ar skalda, kartu panaikinama ir kapiliarinė tėkmė. 37 pav. parodytas šlaite esančio pastato kombinuotasis (vamzdinis-ertminis su užpildu) drenažas. Minimalus ertminio drenažo nuolydis 1 proc., vieno sluoksnio storis turi būti ne mažesnis kaip 15 cm (Pocienė ir kt., 2008).



37 pav. Pastato drenažas (vaizdas – b) atitekančiam vandeniui nuo šlaito pusės (scema – a): 1 – rūšio grindys; 2 – hidroizoliacija; 3 – asbestcementinė drena; 4 – smėlio prizmė; 5 – paviršinis vanduo; 6 – požeminis vanduo; 7 – sluoksninis drenažas; 8 – betono pagrindas drenai; 9 – vietinis gruntas; 10 – paviršinio vandens latakas

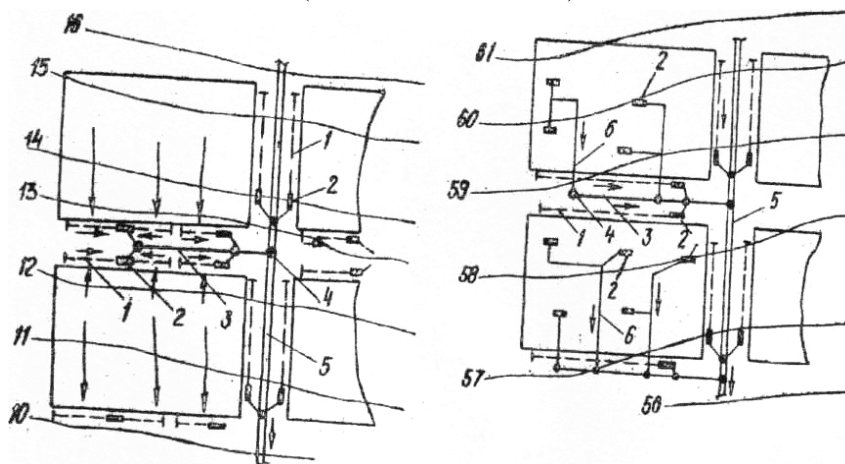
Statinių apsauga nuo patvankos. Teritorijos priskiriamos prie užtvindomų, jeigu gruntinis vandens lygis (GVL) jose gali laikinai ar nuolat, priklausomai nuo gruntinių vandenų režimo, pakilti virš pastatų ir statinių požeminių dalių. Todėl sklypuose su aukštu GVL jį reikia pažeminti, kad nebūtų pažeistos žaliųjų plotų augimo sąlygos, apsaugoti statiniai ir pastatų požeminės dalys, užtikrintas saugus jų naudojimas. Būtinus GVL pažeminimas vadinamas nusausinimo norma. Ji skiriama atsižvelgiant į pastatų ir statinių požeminių dalių ypatybes, projekcinį želdinių ir medžių sklypų paviršiaus aukštį. Pagal sanitarijos ir techninius reikalavimus, GVL pažeminimas nuo žemės paviršiaus nustatomas ne mažesnis kaip 2–3 m, jei tai teritorijos, skirtos statyti gyvenamuosius ir visuomeninius pastatus, ir ne mažesnis kaip 1,5 m – žaliuosiuose plotuose. Būtina įskaityti vandens kapiliarinio pakilimo aukštį, kuris gali daryti poveikį pastatų naudojimui (38 pav.) (Pocienė ir kt., 2008).



38 pav. Nusausinimo normos nustatymo schemas: a – po pastatais; b – po keliais; c – po želdiniais; 1 – rūšio grindys (Burinskienė, 2003)

Pastatų apsauga nuo spūdinio vandens. Statant pastatą aukšto GVL teritorijoje, kai rūšio grindų lygis numatomas žemiau GVL, arba norint pagilinti rūšius renovuojant būstą, susiduriama su patalpų apsaugos nuo spūdinio vandens problema. Apsaugoti įrengiant patikimą hidroizoliaciją ilgam laikotarpiui yra sudėtinga, todėl sumažinama drėgminė apkrova pažeminant GVL ties pastatu žemiau grindų. Tai galima padaryti įrengiant linijinį, žiedinį arba sluoksninį drenažą. Įrengus drenažo sistemą, panaikinamas vandens spūdis į atitvarines konstrukcijas (sienas ir grindis), hidroizoliacija „iš apsauginės nuo spūdinio vandens“ virsta į daug paprastesnę, pigesnę ir patikimesnę „apsauginę nuo drėgmės“.

Paviršinio vandens nuvedimo sistemos (39 pav.) – tai inžinerinės priemonės, skirtos surinkti ir nuleisti lietaus, tirpstančio sniego ir laistymo vandenį už gyvenvietės, gamybinių pastatų teritorijos į specialiai tam skirtas vietas (Pocienė ir kt., 2008).



39 pav. Paviršinio vandens nuotakyno tinklo padėties gyvenvietėje schemas: a – nesant lietaus vandens imtuvų; b – esant lietaus vandens imtuvams rajono viduje; 1 – gatvės latakai; 2 – lietaus vandens imtuvai; 3 – rinktuvo jungiamoji šaka; 4 – rinktuvų šuliniai; 5 – lietaus nuotakyno rinktuvas; 6 – rajono vidaus paviršinio vandens nuotekų tinklas; 7 – 10–16 ir 57–61 linijomis pažymėtos reljefo izolinijos (Burinskienė, 2003)

Paviršinis vanduo, atitekantis iš gretimų plotų, neturi pasiekti sausinamojo ploto – jį reikia nuleisti, aplenkiant šią teritoriją apsauginiais pašlaičių grioviais, latakais ar natūraliomis vandentakomis. Jei atitekantį paviršinį vandenį reikia praleisti pro užstatomą teritoriją, įrengiama autonominė drenažo linija su nešmenų nusodintuvais bei kontroliniais šuliniais.

Pašlaičių grioviai bei latakai projektuojami 10–20 proc. tikimybės pavasario potvynio vandeniui surinkti ir nuleisti. Jų trasa numatoma viršutiniu sausinamojo ploto pakraščiu kuo tiesesnė, minimalus nuolydis – 0,5 ‰. Rengiami trapecijos formos grioviai, 0,3–0,5 m gilesni nei skaičiuojamasis vandens lygis.

Paviršinio vandens nuvedimo sistemos yra: uždaros, atviros ir mišrios. Uždaros sistema atitinka sanitarijos reikalavimus, nes čia paviršinis vanduo nuleidžiamas požemine vandens nuotakyno vamzdynų sistema.

Atvira paviršinio vandens nuotakyno sistema leidžiama poilsio vietose, sodų bendrijose ir mažose gyvenvietėse. Lietaus vanduo nuo stogų ir neužstatytų vietų surenkamas latakais, nuo kelių bei gatvių – kiuvetais ar nedideliais grioviais, ir toliau nuleidžiamas į magistralinį griovį ar imtuvą. Atviros sistemos trūkumai: mažas pralaidumas, padidėja gatvės plotis, o visose gatvių sankirtose būtina įrengti pervaziavimo tiltelius arba pralaidas, todėl sumažėja statyboms tinkamų plotų ir padidėja vandens užteršimo pavojus.

Praktikoje taikoma mišri vandens nuleidimo sistema, kuriai esant gatvėse ir centrinėje gyvenvietės dalyje rengiama uždara vandens nuotakyno sistema, o visoje kitoje teritorijoje – atvira.

Uždara paviršinio vandens nuotakyno sistemą sudaro: gatvių latakai, lietaus surinkimo šuliniai, šoniniai ir pagrindiniai rinktuvai, kontroliniai šuliniai ir kt. Lietaus vanduo nuo gatvių, šaligatvių, kiemų subėga į gatvės latakus, pro lietaus surinkimo šulinius patenka į šoninius bei pagrindinį rinktuvą, galiausiai – į imtuvą.

Paviršinio vandens nuotakyno sistema veikia savitekiu režimu, t. y. ji projektuojama reljefo žemėjimo kryptimi. Nepageidautini priešpriešiai reljefo ir lietaus nuotakyno nuolydžiai, nors jie galimi, kai paviršiniai vandenys nuleidžiami nuo uždarytų pažemintų teritorijų. Surinkimo rinktuvai tiesiami miesto ar gyvenvietės gatvėmis (pirmiausia pagrindinėmis gatvėmis ir vietomis, kur nėra nuotėkio). Suformuotas paviršinio vandens nuotakyno tinklas apima visą gyvenvietės teritoriją, o jo kontūrai priklauso nuo gatvių ir kelių tinklo.

Galimi įvairūs paviršinio vandens nuotakyno rinktuvų išdėstymo variantai skersiniame gatvės profilyje: gatvės viduryje, jos žaliojoje juostoje, vienoje gatvės pusėje, abiejose žaliosiose juostose, kai rinktuvai dubliuojami abiejose gatvės pusėse, šalia latakų. Kai gatvė nedidelio pločio, rengiama viena lietaus nuotakyno linija; kai važiuojamoji dalis platesnė ar yra skiriamoji juosta. Mažiausias paviršinio vandens nuotakyno rinktuvų gylis priklauso nuo grunto išalimo gylio tame rajone. Nuotėkio latakas turi būti 0,3 m žemiau grunto išalimo ribos, kai vamzdžių skersmuo iki 500 mm ir 0,5 m, kai skersmuo > 500 mm, bet užpylimo gylis minimalus, latakų gylis > 1 m. Paviršinio vandens nuotakyno tinklai klojami atsižvelgiant į šoninių tinklų prijungimo galimybę (šakų į vandens imtuvus susikirtimas su požeminėmis komunikacijomis ir kt. sąlygos). Išilginiai lietaus nuleidimo vamzdžių nuolydžiai pagal galimybę rengiami tokie pat kaip išilginiai gatvės, kurioje jie išdėstyti, nuolydžiai, arba lygūs vietovės reljefo nuolydžiui. Tai susiję su tuo, kad normalus vandens tekėjimo greitis vamzdžiuose, kai jie visai pripildyti, yra: minimalus – 0,7 m/s, maksimalus – 7–8 m/s (Pocienė ir kt., 2008).

Ūkininko sodybos ar vienkiamio sausinimas (40 pav.). Kad sklypu būtų patogų naudotis, jame gerai augtų sodas ir dekoratyviniai želdiniai, turi būti sudarytos palankios sąlygos. Viena iš svarbiausių – tinkamas drėgmės balansas augalams.



40 pav. Kompleksinis vandentvarkos gyvenamojoje aplinkoje sprendinys

Kai sodyba yra kalvotoje teritorijoje, o gruntai smėlio arba žvyro, sklype gali trūkti drėgmės, todėl tokiam sklype reikia įrengti ir laistymo sistemą.

Sunkiau sutvarkyti teritoriją, kai paviršius lygus, o gruntai – molis arba sunkus priemolis, arba kai gruntiniai vandenys yra arti žemės paviršiaus. Tokiuose plotuose dirva dažnai užmirksta, pavasarį ilgai neišyla ir būna prastos struktūros, todėl prie augalų šaknų neprieina oras, augalai skursta arba visiškai sunyksta.

Projektuojant sodą ir želdinius reikia žinoti, kad po aukštais vaismedžiais ir medžiais gruntiniai vandenys turi būti ne arčiau kaip 1,5 m, po krūmais – 1,0 m, po vejomis, gėlynais, daržais – 0,5–0,8 m gylyje.

Per daug drėgni sklypai sausinami keliais būdais: uždaru arba atviru drenažu, kasamos kūdros, įrengiamos vandens surinkimo duobės. Paprasčiausias būdas pažeminti gruntinius vandenius – tai žemiausioje sklypo vietoje iškasti kūdrą (tvenkinį). Į ją, taikantis prie reljefo nuolydžių ir iškasus griovilius, galima suleisti paviršinio vandens perteklių.

Kai sklypas didelis, o gruntai sunkūs (moliai ar priemoliai), tokia kūdra viso sklypo nenusausina. Tokiais atvejais projektuojama uždaro drenažo sistema. Šis sausinimo būdas patikimiausias, bet brangiausias.

Drenos iš plastmasės klojamos 0,45–0,60 m gylyje lengvose dirvose, o 0,80–1,50 m – sunkiose.

Kad vamzdeliai neužsikimštų, sujungimo vietose jie uždengiami izoliacine medžiaga – stiklūno ar samanų sluoksniu ir užberiami žvyru ar skalda.

Jeigu sklype nekasama kūdra ar surinkto vandens negalima nuleisti kitur (į upę), įrengiama vandens surinkimo duobė, kurios dydis priklauso nuo drenuojamo ploto ir vandens kiekio. Šios duobės dugnas išklojamas nedideliais (10–15 cm skersmens) akmenimis, iki viršaus pripilama gargždo ir žvyro, o ant viršaus užklojamas samanų, durpių ir žemių sluoksnis. Samanų ir durpių reikia tam, kad žemės neužkimštų tarpų tarp akmenų. Surinkimo duobės dugnas turi pasiekti vandeniu laidų sluoksnį. Jeigu taip nėra, reikia apgalvoti, kur iš jos išleisti vandens perteklių.

Kai sklypas yra gyvenvietėje, vandenį galima išleisti į bendrą nuotakyno sistemą. Be to, galima įrengti baseinėlį ar įkasti statinę ir vandenį panaudoti ūkio poreikiams. Vienkiemiuose vandens surinkimo ir išleidimo problema paprastesnė dėl sklypo dydžio ir atvirų plotų aplinkui.

Drenažą ar surinkimo duobę įrengti brangu, todėl galima panaudoti ir kitus būdus vandens pertekliui sumažinti. Pavyzdžiui, jeigu vandenį dirvoje sulaiko iliuvinis podirvio sluoksnis, jį galima suardyti dirvą labai giliai suarus ir įmaišius rupaus smėlio arba smulkaus žvyro. Be to, galima nukasti ar nustumti viršutinį derlingo dirvožemio sluoksnį, ant nukasto ploto užpilti 20–30 cm žvyro sluoksnį ir po to vėl paskleisti dirvožemį. Taip paruošiama žemė gėlynams, nedideliame daržui arba mažiems vejų ploteliams.

Sodinant aukštesnius medžius, sodą sunkioje dirvoje, iškasamos gerokai didesnės duobės negu reikia medžiui, papildomos smėlio, durpių, komposto mišinio. Pagerinti augimo sąlygas medžiams galima padarius kiekvienam atskirai 0,30–0,50 m paaukštėjimus. Šis būdas tinka tik visai mažiems sklypams.

Kai sodyba statoma nuokalnėje, iš kalno pusės kasamas apsauginis griovys dažniausiai pašlaičių paviršiniui vandeniu surinkti ir nuleisti žemiau sodybos žemės.

Drenavimo sistemos efektyvumas ir ilgaamžiškumas priklauso nuo dirvos drėgmės darbų metu ir atliktų darbų kokybės. Dirvos struktūra sumaišoma ir dirva sutankėja, todėl sunkioje dirvoje atlikti darbus reikia giedru oru, kai viršutinis dirvos sluoksnis turi mažai drėgmės.

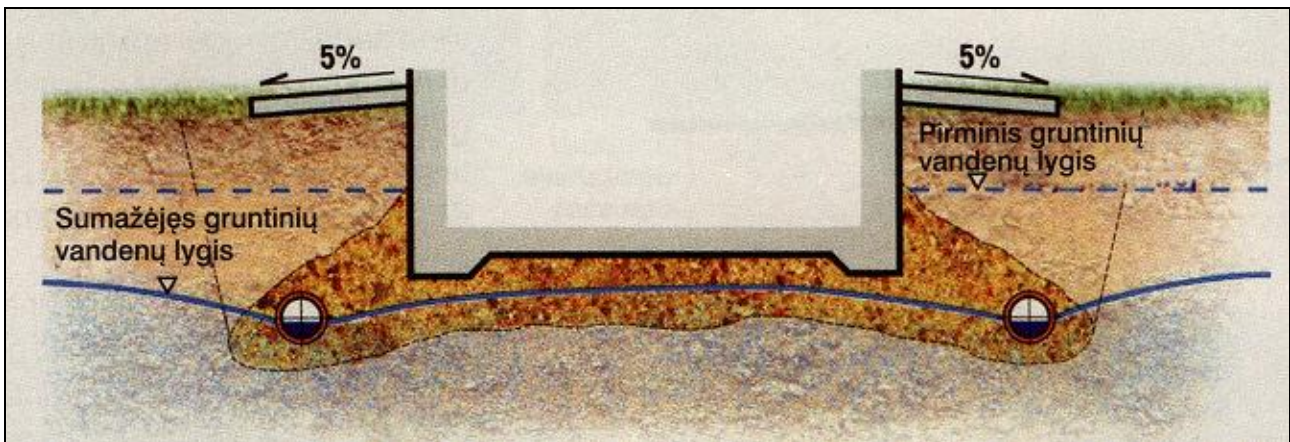
Surinkimo ir drenažo sistemai naudojami tik sveiki, neapgadinti vamzdžiai, fasoniniai elementai ir jungtys (be įdubų, plyšių ir nesubraižytu paviršiumi). Apgadintą vamzdžio dalį reikia

nupjauti ir toje vietoje įdėti jungiamąjį elementą. Senas linijas reikia prijungti prie naujų surinkimo linijų per šulinį su sėsdintuvu, naudojant žvyro užpildą.

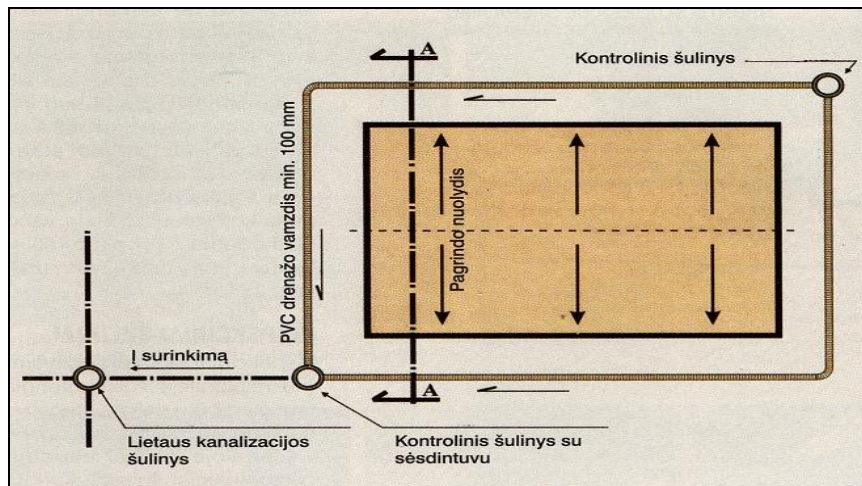
Drenažo vamzdžius reikia kloti giliau nei išalo zona gylyje, kuri lemia reikiamas gruntinių vandenų lygis. Jis turi būti žemiau pastato požeminių dalių grindų lygio, o drenažo nuolydis 1–3 proc. (Pocienė ir kt., 2008).

Reikia atkreipti dėmesį į grunto savybes ir gruntinio vandens lygį (GVL). Projektiniai nuolydžiai horizontaliosiose drenose lemia jų hidraulinį darbą, galią, vandeningojo sluoksnio aukščių perkryčius. Kad drenų neužpiltų, vandens tekėjimo greitis atviruose latakuose – $0,2 \text{ m s}^{-1}$, vamzdiuose – $0,15\text{--}0,3 \text{ m/s}$, maksimalus greitis – $2,0 \text{ m/s}$, optimalus – $0,5\text{--}0,7 \text{ m/s}$, kai nuolydis lygus 1, stačiose vietose rengiami perkryčio šuliniai ar pan. (Burinskienė ir kt., 2003).

Jei pastatas ar jų grupė statomi nelaidžiamame grunte, gruntinio vandens lygis yra žemiau grindų lygio, vandens spūdis dėl kritulių susidaro periodiškai (pavasario polydis, vasaros liūtys). Esant tokiai padėčiai racionaliausia įrengti drenuojantį nuogrindą (41 pav.) su žiediniu drenažu (42 pav.).



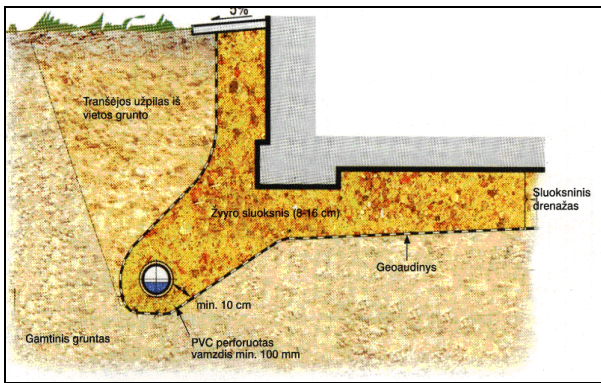
41 pav. Pastato ant mažai laidaus grunto drenažo skerspjūvis ir nuogrindų išdėstymas



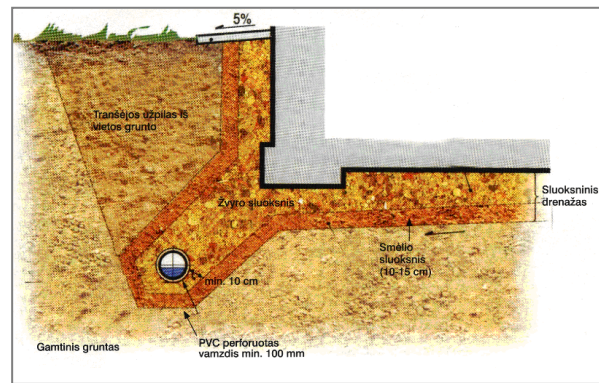
42 pav. Žiedinis drenažas

Jei planuojama pastatą statyti ant mažai laidaus grunto, gruntinio vandens lygis yra aukščiau rūšio grindų lygio. Čia geriausia įrengti sluoksninį drenažą (43 ir 44 pav.) su priverstiniais vandens pašalinimo drenažo siurbliais.

Neužstatytuose plotuose (parkuose, žaliuosiuose plotuose) gruntinių vandenų lygis neturėtų siekti daugiau kaip 1–1,5 m nuo žemės paviršiaus.



43 pav. Pastato ant mažai laidaus sluoksnio drenavimo sistema su žvyru ir geoaudiniu



44 pav. Pastato ant mažai laidaus grunto smėlio ir žvyro sluoksninė drenavimo sistema

Kai dalis kiemo ar visas padengiamas betonu ar asfaltu, drenžas įrengiamas tik padengtos aikštelės pakraščiais su laidžiu tranšėjos užpildu.

Stengiamasi projektuoti taip, kad vamzdiniai būtų kuo tiesesni ir trumpesni. Surinktuvai išdėstomi ties gatvėmis, keliais, sklypų ribomis. Po sunkiasvorio transporto keliais vamzdžiai turi būti klojami ne mažesniame kaip 1 m gylyje. Paprastai nuolydis daromas 3 proc., jeigu galima – didesnis. Drenazo vamzdžiai turi būti klojami ant maždaug 50 mm išlyginamojo sluoksnio be akmenų.

Po drena gali būti klojamas audinys, paklotą vamzdį reikia užpilti ne didesniais kaip 32 mm skersmens akmenimis ar žvyru (45 pav.). Akmenys pilami kaip filtras ir vamzdžio apsauga nuo irimo. Kontroliniai (inspekciniai) šuliniai išdėstomi vamzdyno atkarpų pradžioje ir nuotėkyje į nuleidimo vietą. Paskutinis šulinys, įrengtas prieš rinktuvą, iš kurio vanduo nuleidžiamas, privalo turėti sėsdintuvą, kurio tūris – ne mažesnis kaip 35 l.



45 pav. Drenazo vamzdžio paklojimo pavyzdys

Sodybos ar namų grupių drenazo sistemą paprastai sudaro: filtras; drenuojamasis sluoksnis; drenazo vamzdžiai; drenazo šuliniai; drenazo siurbliai.

Filtrai. Filto pagrindinis uždavinys – sulaikyti į drenazo sistemą gruntinio vandens nešamas smulkias daleles ir padėti išvengti smulkių grunto dalelių išplovimo. Jei filtro nėra, gali pablogėti grunto fizinės-mechaninės savybės, deformuotis pamatai, užsiteršti drenuojamasis sluoksnis.

Į drenas nutekantis vanduo su savimi nusineša smulkias grunto daleles, todėl drenuojant pastatus būtina apsaugoti aplinkui vamzdyną esantį gruntą nuo išplovimo, kad nesusidarytų tuštumos ir pernelyg nenusėstų gruntas. Tai ypač būdinga dulkiniam gruntui, kurio sudėtyje yra daug smulkaus smėlio ir mažai dumblo dalelių.

Kad taip neatsitiktų, aplink drenavimo sistemos vamzdžius pilamas užpilas iš filtruojamųjų medžiagų, kurios dar sumažina ir vandens pasipriešinimą vamzdyno zonoje bei padidina drenažo efektyvumą vidutiniškai ir silpnai laidžiuose gruntuose.

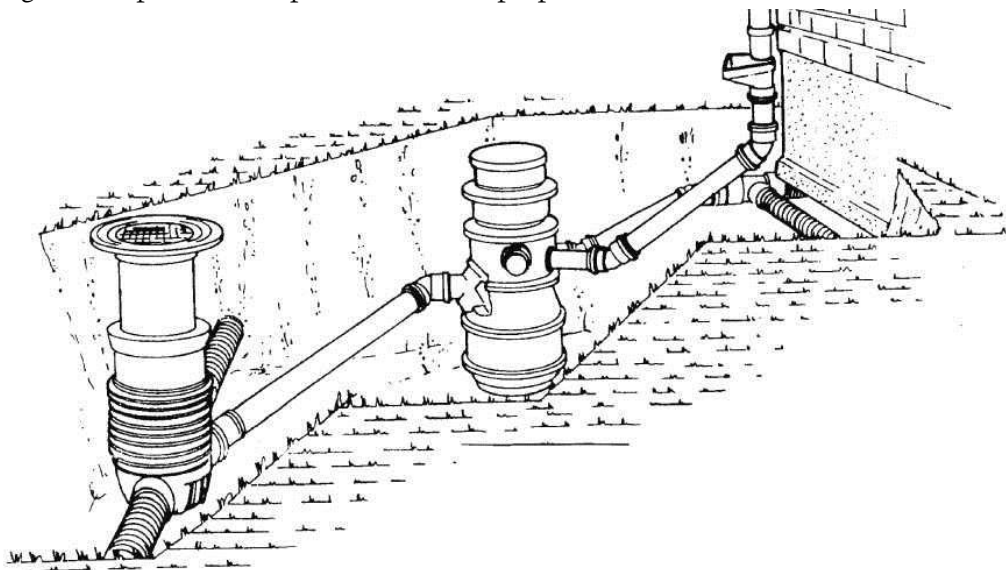
Filtruojamosios medžiagos užpildo pralaidumas turi būti mažiausiai 10 kartų mažesnis už drenuojamo grunto pralaidumą. Taip pat jis užtikrina ir tam tikrą vamzdyno padėtį, kad šis nesideformuotų dėl užpildo grunto. Todėl elastingi plastikiniai vamzdynai klojami su smėlio ir žvyro užpilu.

Filtruojamasis užpilas klojamas per visą drenažo vamzdžio perimetrą. Užpilo skerspjūvio forma turėtų būti kuo paprastesnė. Statybos objektų drenavimo sistemose tam naudojamas smėlis, žvyras, skalda (atsijojus smulkiąją frakciją) ir filtruojamieji audiniai (geopluoštas). Geoaudiniai dažniausiai naudojami ten, kur reikia dviejų ar daugiau filtruojamųjų sluoksnių.

Apsauga nuo augalų šaknų. Jeigu drenažo sistema klojama mažesniame nei 2,5 m gylyje, kyla pavojus dėl medžių ir krūmų šaknų, labiausiai – dėl vandenį mėgstančių karklių, tuopų, alksnių, taip pat vaismedžių. Pavojingos ir piktžolės (dirvinis asiūklis, rūgštytės) bei giliai išsisknijančios augalai (liucernos, dobilai, apyniai, cukrinių runkeliai, rapsai). Didžiausias pavojus kyla rinktuvams, kuriais visą laiką teka vanduo, todėl jų vamzdynai negali būti perforuoti arba jiems apsaugoti nuo šaknų naudojamas skaldos ar šlako užpilas. Užpilo sluoksnio storis turi būti mažiausiai 5 cm po ir 10 cm virš drenavimo vamzdžio.

Gyvenamųjų namų aplinkos drenavimui rekomenduojama apie 10 cm skersmens vamzdžiai, pakloti iki 0,5 proc. nuolydžiu, kartu įrengiant PVC ar gelžbetoninius šulinius. Kontroliniai drenažo šuliniai tiesiuose drenažo linijų ruožuose įrengiami ne rečiau kaip kas 50 m, taip pat posūkiuose bei nuolydžio pasikeitimo vietose. Leidžiama naudoti kontrolinius šulinius, surinktus iš gelžbetoninių vamzdžių su sėdintuvu (ne mažesniame kaip 0,5 m gylyje) ir betonuotais dugnais. Šuliniai skirti sistemai apžiūrėti ir praplauti. Drenažo sistema vanduo nuteka į paviršinio vandens nuotakyną, atvirus vandens telkinius ar rezervuarus.

Rezervuarus rekomenduojama įrengti ten, kur nėra įrengtos paviršinių vandenų surinkimo sistemos, ar ji yra aukščiau rūšio grindų lygio. Rezervuarai turi būti gerai izoliuoti, juose panardinamas drenažinis siurblys, kuris drenažinį vandenį perpumpuoja į lietaus nuotekų sistemą, toks vanduo gali būti naudojamas ūkio reikmėms (daržų, vejų laistymui) ar perpumpuojamas į artimiausią griovį ir nuleidžiamas į atvirus vandens telkinius arba drenažo vanduo surinktas į šiuos rezervuarus gali būti panaudotas pačios sistemos praplovimui.



46 pav. Stogo vandens išleidimas į lietaus nuotakyną

NAUDOTA LITERATŪRA

1. Kusta A., Radzevičius A., Žibienė G. Žemės ūkio ir gyvenamųjų vietovių vandentieka. Vadovėlis aukštųjų mokyklų aplinkos inžinerijos specialybės studentams. Vilnius. Margi raštai, 2006. -323 p.
2. Poška A., Punys P. Inžinerinė hidrologija. Vadovėlis aukštųjų mokyklų vandens ūkio inžinerijos specialybių studentams. Kaunas. 1996, 450 p.
3. Tumas R. Vandens ekologija. Vadovėlis aukštųjų mokyklų studentams. Kaunas. 2003, -350 p.
4. Levitas E., Radzevičius A., Žibienė G. Nuotėkų surinkimas ir valymas. Vadovėlis. Kaunas, Ardiva. 2008, -350 p.
5. Povilaitis A., Taminskas J., Gulbinas Z., Linkevičienė R., Pileckas M. Lietuvos šlapynės ir jų vandensauginė reikšmė. Monografija. Vilnius, Apyaušris. 2011. -327 p.
6. Misius R. Maži vandens stebuklai sodyboje. Ūkininko patarėjas. Kaunas. 2003. - 86 p.
7. Čižauskas R., Morkūnas V. Drenažo neefektyvaus veikimo priežastys. Kėdainiai – Vilainiai. 1996. -50 p.
8. Rimidis A. Drenažo filtrų įrengimo technologijos. Vilainiai, 1997. Vilnius, LŽŪMM, UAB „Informacijos ir leidybos centras“. -28 p.
9. Daunys R., Radzevičius A.. Vandenvala. Metodiniai patarimai. Kaunas, Ardiva, 2008. -81 p.
10. Pocienė A., Kinčius L., Taparauskienė L., Grybauskienė V., Bendaravičius B., Kudakas V. Sausinimas specialiosioms reikmėms. Vadovėlis. Kaunas, Ardiva, 2008. -286 p.
11. Urbonas R. Sausinimas – drenažas. Vadovėlis aukštųjų mokyklų aplinkos inžinerijos specialybės studentams. Vilnius, Petro ofsetas. 1998. -435 p.
12. Ruseckas J. Miško ir drėgmės sąveika. Kaunas, 2002. -199 p.
13. Gailiušis B., Jablinskis J., Kovalainkovienė N. Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis. Kaunas. LEI. 2001. -794 p.
14. Burinskienė M., Jakolevas – Mateckis K., Adomavičius V., Juškevičius P., Klibavičius A., Paliulis G., Rimkus A., Narbutas B., Šliogeris J. Miestotvarka. Vilnius. 2003. -324 p.
15. <http://vanduo.gamta.lt>
16. Kapustinskaitė T. Pelkinių dirvožemių naudojimas miškui auginti. Vilnius, 1970. -257 p.
17. Sausinamosios melioracijos projektavimo taisyklės. Vilnius, 2000.
18. Venckutonis V. Sodininkystė. Vilnius. 1999. -220 p.
19. Galminas Z. Miško žemių hidrotechninė melioracija. Vilnius., 1994. -184 p.
20. Specialiosios žemės ir miško naudojimo sąlygos. Valstybės žinios, Nr.2, 1996.
21. Mika A. Šiuolaikinis žemaūgis sodas. Kaunas, 1998.
22. Damulevičius V., Vyčius J. Hidrotechniai statiniai. Mokomoji nyga. Kaunas, Ardiva, 2008. - 81 p.