



Tööjuhend

Klaasterraariumi kokkupanek komplektist ja seireseadme paigaldamine

Autorid: Olle Arak, Agnes Heinla

Tööjuhend on koostatud Saaremaa Gümnaasiumi projekti „Targad rohelised lahendused“ raames.

Saaremaa Gümnaasium 2026

Sisukord

Sissejuhatus	3
1 Terraariumiks vajalik komplekt ja töövahendid	4
2 Ettevalmistus.....	5
3 Taimede substraat terraariumis.....	5
4 Seireseadme andurid anumask	6
5 Taimed ja muud elusorganismid terraariumis.....	8
6 Kaas, valgusti ja terraariumi sulgemine	10
7 Esimesed nädalad	11
8 Hooldus	12

Seireseadme ühendused, programmid ja pilvetabel on eraldi tööjuhendis „Terraariumi seirelahendus“; käesolevas juhendis viidatakse sellele kui seirelahenduse juhendile.

Sissejuhatus

Ökosüsteem on samas paigas elavad ja omavahel toitumissuhetes olevad elusolendid koos eluta keskkonnaga. Ökosüsteem on isereguleeruv tervik, milles organismid ja neid ümbritsev eluta keskkond mõjutavad teineteist läbi aineringete. Ökosüsteemis mõjutavad organisme nii neid ümbritsevad teised elusolendid kui ka eluta keskkond. Ökosüsteemide puhul kipub inimene tegema palju vigu üldistades ühe koha iseloomulikke omadusi ka kõikidele teistele sarnastele elupaikadele. Aga liikidel on ju erinevad nõudmised keskkonna suhtes! Metsaökosüsteem õpikunäitena on puudega varjuline koht, kus võib seenel või marjul käia, kuid metsi on siiski erinevaid – mõnes on krõbekuiv samblikuväli männimetsa all ja teisel on ilma kummikuta raske pokumättail hüppeldes ja läbi võsa ragistades kuiva jalaga teise metsaserva jõuda. Mõlemas kirjeldatud metsas on nii elurite hulk ja mitmekesisus kui ka eluta looduse tingimused dünaamilises tasakaalus.

Kuidas on üks ökosüsteem isereguleeruv tervik, jääb sageli segaseks, sest sageli ökosüsteemis vaadeldakse kindlat tegurit vaid ühel ajahetkel. Ka looduslikus metsas muutub näiteks valgus päeva jooksul tugevalt: oluline ei ole üksik mõõtetulemus, vaid ööpäevane muster ja pikaajaline trend. Sama on niiskusega – nii aurumine, transpiratsioon kui ka kondensatsioon ja sademete teke võivad olla samaaegsed protsessid. Kuidas saada teavet pikaajaliste trendide kohta?

Proovime järgnevas õppematerjalis sensoritega taimeterraariumite kaudu mudeldada metsaökosüsteemi või ka soovi korral sooökosüsteemi koos elus ja eluta osaga nii, et õpilane saaks visuaalselt ja sensorite kaudu järjepidevat infot, mis ühes suletud aineringlusega terraariumis tegelikult toimub. Kui õpilased saavad omameisterdatud terraariumi sensorite kaudu oma telefonis kuvada infot, et terraariumi erinevad füüsilised parameetrid ongi dünaamilises tasakaalus, siis on õppevahend ja loodetavasti ka teie kaunis terraarium oma eesmärgi täitnud. Terraariumi kui mudeli andmestik ei võimalda teha üldistusi oluliselt keerukamate looduslike ökosüsteemide kohta, kuid annab tõuke asjakohaste küsimuste tekkeks seni ähmaste protsesside kohta ja ka süvitsi looduse seirega tegemiseks. Käesolev õppematerjal annab ka eelteadmisteta õpilasele MATIK-õppe kogemuse ning loob baasi, et õpilased julgeks nn. „kastist välja mõelda“. Terraariumite meisterdamine on ka lihtsalt tore ühine nokitsemine ja tulemus visuaalselt ilus! Head katsetamist!

1 Terraariumiks vajalik komplekt ja töövahendid

Tabelites on terraariumi kokkupanekuks vajalikud vahendid. Tee märged, kui vahend on olemas.

Komplektis	Kogus	Kasutus	✓
Klaasanum Ø 23 cm, kõrgus 43 cm, kaelaga	1	terraarium	☐
Korgist kaas (ilma valgustita)	1	sulgeb anumad; korgi alla kinnitatakse valgusti ja korgist viiakse läbi juhtmed	☐
Hüdrograanulid	~1,5 l	põhjakiht, drenaaž	☐
Aktiivsüsi	~0,3 l	kiht drenaaži peal	☐
Muld	~3 l	kasvukiht	☐
Lisaks vaja	Kasutus		✓
Seireseade (Arduino, andurid, IRF520, juhtmed, toide, karp)	seirelahenduse juhend; siin peatükid 4 ja 6		☐
LED-valgusti 3 V ja eeltakisti	kinnitatakse korgi alumisele küljele (peatükk 6); takisti valik: seirelahenduse juhend, peatükk 2		☐
Polüestrist võrk, Ø 23 cm ring	eraldab mulla drenaažikihist		☐
Kauss	mulla niisutamine enne anumasse panekut		☐
Joonlaud	kihtide paksuse mõõtmine		☐
Pikk lusikas või lehter (paberist kokku keeratud), pikad pintsetid või söögipulgad	kihtide ja taimede asetamine kitsa kaela kaudu		☐
Pihustuspudel puhta veega (vihma- või destilleeritud vesi)	niisutamine mulda liigutamata		☐
Pehme pintsel, mikrokiudlapp, pika varrega lapp	klaasi puhastamine seestpoolt		☐
Puur 8 mm puidupuuriga, terav nuga	juhtmeava korki		☐
Valgusti kinnitusvahend (tegija valik)	valgusti kinnitamine korgi alla		☐
Tihendusmaterjal juhtmeavale (tegija valik)	korgi juhtmeava tihendamine		☐
Kahepoolne teip	valgusmooduli kinnitamine korgile		☐
Jootevahendid ja kuumakahanev toru	valgusti ja eeltakisti ühendamine		☐
Silt ja veekindel marker	seadme ID anumal		☐

2 Ettevalmistus

Terraariumi anum pestakse hoolikalt kuuma vee ja nõudepesuvahendiga, loputatakse põhjalikult ja kuivatatakse täielikult – iga seebijääk ja kraaniveetilk jääb hiljem klaasile plekina. Töölaud kaetakse paberiga.

Muld niisutatakse enne anumasse panekut kausis: peotäis mulda jääb pigistades kokku, kuid vett välja ei tule. Liiga märg muld suletud anum as ei kuiva.

Seireseadme andureid katsetatakse laual enne anumasse panekut (seirelahenduse juhend, peatükk 5), sest anumast on neid tülikas välja võtta. Samal ajal kalibreeritakse mullaandur: toornäit loetakse kuivalt õhus ja klaasis vees täpselt trükitud jooneni ning kantakse pilvetabeli lehele Konfig (seirelahenduse juhend, peatükk 6). Pärast mulda paigaldamist seda enam teha ei saa.

3 Taimede substraat terraariumis

Drenaaž ja mullakihid pannakse anuma põhja enne andurite paigaldamist ja taimede istutamist. Kihid pannakse leetri või lusikaga, mitte kallates – nii jäävad klaasi seinad puhtaks. Iga kihi paksus mõõdetakse joonlauaga anuma põhjast. Mullapind jääb anuma põhjast umbes 12 cm kõrgusele, klaasi laiema osa alumisse kolmandikku, ja taimedele jääb kõrgust umbes 25 cm.

Kiht (alt üles)	Paksus	Kogus Ø 23 cm anum as	Selgitus
kergekruus või hüdrograanulid	3–4 cm	~1,5 l	üleliigne vesi koguneb siia, taimede juured ei jää liigniiskusesse
polüestrist võrk	—	Ø 23 cm	eraldab mullakihi drenaažikihist
aktiivsüsi	~1 cm	~0,3 l	õhuke kiht, seob lõhnu ja pidurdab hallituse teket
muld	7–8 cm	~2,5–3 l	tagumine osa kõrgem, esiosa madalam; kergelt tihendada, mitte pressida

4 Seireseadme andurid anumask

Asjade internet (ingl Internet of Things, IoT) tähendab füüsilisi seadmeid, mis koguvad andmeid, töötlevad neid ja edastavad need võrgu kaudu teistesse süsteemidesse. Ehitatava terraariumi seireseadme andurid mõõdavad järgmisi suurusid:

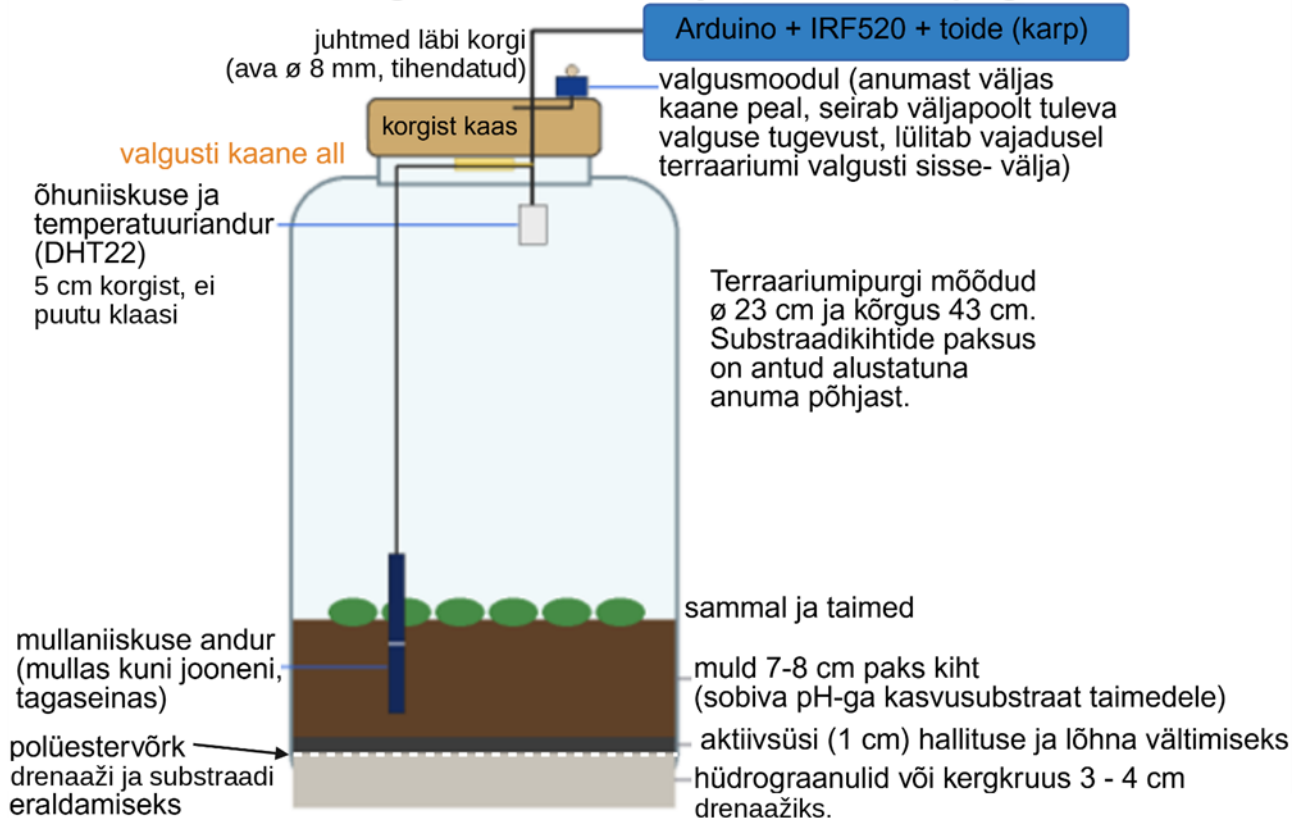
- mullaniiskusandur – mulla veesisaldus;
- õhuniiskusandur – suhteline õhuniiskus terraariumis;
- temperatuuriandur – õhu temperatuur terraariumis;
- valgusandur – ruumi valgustatus, mille järgi seade terraariumi valgustit lülitab.

Seireseade saadab mõõtetulemused pilvetabelisse, kus neid talletatakse ja võrreldakse ning neist saab koostada graafikuid. Käesolev lahendus on eelkõige seire- ja mõõtesüsteem: automaatselt juhitakse ainult valgustit. Kastmine ja õhutamine jäävad inimese teha – ta vaatab pilvetabeli lehte Seadmed ja reageerib staatusele HOIATUS.

Andurid pannakse paika enne taimi, kui mulda saab veel vabalt liigutada. Ühendused ja kontaktid on seirelahenduse juhendis (peatükk 3); siin on ainult anduri koht anumask ja juhtme tee.

Andur	Koht	Nõuded
Mullaniiskusandur	tagaseina ääres, otse mulda täpselt trükitud jooneni – mitte sügavamale ega madalamale	elektroonikaosa jääb mulla kohale; juhtmeots suunatud üles; ei asu kastmiskoha all
DHT22 (õhuniiskuse ja temperatuuri andur)	anuma ülaosas kaela all, ripub juhtme otsas 5 cm korgist allpool	ei puutu klaasi ega korki; ei jää otse valgusti alla
Valgusmoodul	anumast väljas, korgi peal, fotoresistor (LDR) suunaga lakke	mõõdab ruumi valgust; valgusti valgus ei tohi LDR-ile langeda; kinnitatakse korgile kahepoolse teibiga
Valgusti	korgi alumisele küljele kinnitatud LED-valgusti	toide seireseadmelt eeltakisti kaudu (peatükk 6)

Terraariumi läbilõige: substraadikihid ja seireandurite paigutus



Joonis 1. Terraariumi läbilõige: kihid ja seireseadme andurite paigutus

Fotoresistor (ingl light-dependent resistor, LDR) on valgustundlik takisti, mille takistus sõltub sellele langevast valgusest. Anumast tuleb kaelast üles kaks juhtmekimpu – mullaandurilt (3 soont) ja DHT22-lt (3 soont) –, mis viiakse korgi 8 mm avast läbi koos korgi all oleva valgusti juhtmega (2 soont). Valgusmooduli juhe jääb anumast välja. Juhtmete pikkus anuma sees mõõdetakse nii, et mullaandur ulatub mulda täpselt jooneni (~35 cm korgist) ja DHT22 jääb 5 cm korgist allapoole. Väljaspool anumast lõpevad juhtmed Arduino kontaktides ja IRF520 klemmides karbis anuma kõrval.

Enne taimede istutamist kontrollitakse süsteemi toimimist: seade ühendatakse toitega ja jadapordis peavad olema kõik neli näitu – mulla toornäit niiske mulla vahemikus, temperatuur ja õhuniiskuse arvudena ning valgus vastavalt ruumi valgusele. Kui mõni näit puudub, on juhe kaelas kahjustatud ja selles etapis on seda veel lihtne vahetada.

5 Taimed ja muud elusorganismid terraariumis

Terraariumisse valitakse madalad ja pigem aeglase kasvuga taimed; kiirema kasvuga liike tuleb regulaarselt kärpida. Et terraarium oleks igal aastaajal roheline ja vaadeldav, eelistatakse igihaljaid taimi. Kuiva kasvukoha taimi ja samblikke suletud terraariumisse ei soovitata, sest suure õhuniiskuse korral need hävivad. Hariduslikult on väärtuslikum terraarium, kuhu on istutatud kodumaiseid taimi, mille õpilased on loodusest kogunud või ise ette kasvatanud. Loodusest korjamisel arvestatakse, et kaitsealuseid liike ei korjata ning kaitsealal ja teise omaniku maal on korjamiseks vaja luba.

Taimevalikul arvestatakse ka seda, kas terraarium saab korgi all olevalt valgustilt igapäevast lisavalgust või peavad taimed leppima loomuliku valgusega. Eesti kodumaistest niiskust taluvatest taimedest on igihaljad mitmesugused samblad ning metsa- ja rabataimedest järgmised liigid:

- metspipar (*Asarum europaeum*) – niiske ja varjuline kasvukoht;
- harilik harakkuljus (*Linnaea borealis*) – niiske ja varjuline kasvukoht;
- roomav metsvits (*Lysimachia nummularia*) – niiskuse ja valguse suhtes leplik, kiire kasvuga, vajab kärpimist;
- harilik mailane (*Veronica officinalis*) – parasniiske, poolvarjuline kuni päikeseline kasvukoht;
- pohl (*Vaccinium vitis-idaea*) – parasniiske ja poolvarjuline kasvukoht, liiga tugev valgus kõrvetab lehti; vajab happelist mulda;
- kukemari (*Empetrum nigrum*) ja harilik jõhvikas (*Oxycoccus palustris*) – rabataimed, niiske ja valgusrikas kasvukoht; vajavad happelist mulda.

Terraariumisse võib panna ka harilikku luuderohu (*Hedera helix*), kuid arvestama peab, et see on Eestis kaitsealune liik ja seda loodusest ei tohi korjata. Terraariumis kasutatakse ainult aianduskauplusest ostetud luuderohu taime. Väike igihali (*Vinca minor*) on ka dekoratiivne, kuid ei ole kodumaine liik, vaid aiataim, mis sobib terraariumisse samuti kaupluses ostetuna. Mõlemad kasvavad kiiresti ja vajavad regulaarset kärpimist.

Pohl, kukemari ja jõhvikas vajavad happelist mulda (pH 5 või madalam), ülejäänud liikidele sobib tavaline aiamuld (pH 5,5–6,5; pH on happelisust iseloomustav näitaja). Ühte anumasse valitakse ühesuguse mulla- ja valgusnõudega liigid. Kombineerides taimi tuleb teada nende vajadusi ning leida kompromiss.

Näide erinevatele terraariumis kasutatavatele liikidele sobivatest valgus ja niiskustingimustest on järgnevas tabelis.

Seirata tingimus	Erinevad metsasamblad (nt. harilik palusammal, lainjas kaksikhammas, harilik karusammal)	Harilik metspipar, harilik harakkuljus, harilik luuderohi ja väike igihali	Soovitatud ühine sihtvahemik selles terraariumis
Valgustatus taimede kõrgusel	1 000–4 000 lx	800–3 000 lx	1 500–3 500 lx
Mullaniiskus*	60–80%	50–70%	55–70%
Temperatuur päeval	14–22 °C	14–22 °C	16–21 °C
Temperatuur öösel	8–16 °C	8–16 °C	10–16 °C

* Mullaniiskuse protsent sõltub väga palju andurist ja mullast. Need väärtused sobivad juhul, kui andur on kalibreeritud nii, et kuiv muld on 0% ja läbimärg muld 100%. Tegemist ei ole otseselt universaalse mahulise veesisaldusega.

Istutamise ajaks on drenaaž ja mullakiht valmis ning muld niisutatud (peatükk 2). Taimede juurtelt eemaldatakse muud elusorganismid ja vajadusel juured kärbitakse. Sõltumata liikidest arvestatakse kokkupanekul kolme reeglga: taimed pannakse anumasse pärast andureid ja enne kaant; mullaanduri ümber jäetakse 3 cm taimevaba ala, et juured ei kasvaks anduri elektroonikaosale; DHT22 alla ei istutata kõrgeid taimi, sest andurit puudutavad lehed moonutavad õhuniiskuse näitu.

Soovimatute vetikate kasvu vähendamiseks klaasil võib terraariumisse panna ka väga väikesi (umbes 1 mm pikkusi) hooghännalisi (*Collembola*). Nad toituvad kõdust, vetikatest, seente eostest ja taimede surnud kudedest ning on terraariumis puhastajad. Hooghännalised tunnevad end terraariumis hästi, kui neil on otsese valguse eest varjumisvõimalusi, nt sambla peale asetatud pähklikoor. Suuremaid selgrootuid ja selgroogseid suletud terraariumisse ei panda, sest nende hapnikutarve on suurem ning osa selgrootuid sööb elustaimi.

6 Kaas, valgusti ja terraariumi sulgemine

Enamasti on terraariumiks mõeldud komplekti kork ilma valgustita. LED-valgusti kinnitatakse korgi alumisele küljele ja seda juhib seireseade IRF520 mooduli kaudu. Valgusti toitejuhtmed (+ ja –) ühendatakse mooduli klemmidele V+ ja V–, kusjuures V+ ja valgusti plussjuhtme vahele joodetakse eeltakisti: valgusti nimipinge on 3 V, moodul lülitab aga 5 V toidet (takisti valik on seirelahenduse juhendi peatükis 2). Kui valgustil on patareipesa, jääb see tühjaks. Kui valgustil on USB-pistik, on see 5 V valgusti: pistik lõigatakse ära, juhe joodetakse pikendusega klemmideni ja eeltakistit ei lisata.

Samm	Toiming	Kontroll
1	Puuri korgi keskele 8 mm ava; löika noaga avast korgi servani kitsas lõhe, et juhtmed saaks sisse tõmmata pistikuid lahti võtmata.	juhtmed liiguvad avas, kork jääb terveks
2	Kinnita valgusti korgi alumisele küljele; tegija valib kinnitusviisi. Valgusti juhe viiakse läbi sama ava.	valgusti ei puutu klaasi; DHT22 ei jää otse selle alla
3	Tõmba anumast tulevad juhtmed läbi ava; jätta anuma sisse peatükis 4 mõõdetud pikkused.	kork läheb kaelale juhtmeid pingutamata
4	Joodi eeltakisti valgusti plussjuhtmesse ja kata kuumakahaneva toruga; ühenda valgusti IRF520 klemmidele V+ ja V–.	led_reziim = sees → valgusti põleb; kustus → ei põle
5	Pihusta klaasi seinad ja muld kergelt üle (kuni 50 ml vett), sulge kork.	järgmisel hommikul on klaasi ülaosas kerge udu, mis päeval kaob
6	Tihenda korgi juhtmeava ja lõhe niiskuskindlalt. Tihendusviisi ja -materjali valib tegija; nõue on, et avast ei pääse läbi õhku ega niiskust, juhtmed ei liigu avas ja korki saab hoolduseks eemaldada juhtmeid kahjustamata.	avas ja lõhes ei ole nähtavat pilu
7	Määra lehel Konfig led_reziim = auto: valgusti süttib ja kustub ruumi valguse järgi.	LDR-i katmisel lülitub valgusti 20–30 s jooksul
8	Kleebi anumale silt seadme ID-ga; pilvetabeli lehel Seadmed kirjuta sama ID reale veergu Asukoht ruum või klass.	ID anumal ja tabelis on sama

7 Esimesed nädalad

Suletud terraariumis kujuneb esimestel nädalatel veeringe tasakaal ja sel ajal terraariumi vaadeldakse ning vajadusel avatakse kaas mõneks minutiks. Õige seisund on kerge udu hommikul, mis lõunaks kaob. Kui klaas on kogu päeva udune ja sellelt tilgub vett, on vett liiga palju ja kaas jäetakse pooleks päevaks lahti.

Kastmise vajadust hinnatakse kahe tunnuse järgi: hommikul udu ei teki ja lehel Seadmed on staatus „HOIATUS: muld kuiv“ (mulla protsent on alla muld_min). Siis pihustatakse juurde kuni 50 ml vett.

Valge villataoline hallitus näitab liiga niisket ja seisvat õhku. Selle vastu aitab kaane lahti jätmine paariks päevaks; tugeva kahjustuse korral eemaldatakse hallitusega kaetud muld ja taimeosad. Pilvetabel näitab mulla protsenti ja õhuniiskust ööpäeva lõikes, nii et nädala pärast on näha, kas terraarium on tasakaalus või muutub üht pidi.

Päev	Udu hommikul	Udu õhtul	Muld % (tabelist)	Õhuniiskus % (tabelist)	Tegevus
1					
2					
3					
5					
7					
10					
14					

8 Hooldus

Õigesti ühendatud ja programmeeritud andurid näitavad pilvetabelis, kas terraariumi temperatuur, õhu- ja mullaniiskus ning valgustatus on lubatud piirides. Kõrvalekalde korral on lehel Seadmed staatus HOIATUS koos põhjusega. Ka siis kui teavitust kõrvalekaldest ei saadeta, soovitame vaadata pilve tulevat raportit siiski regulaarselt.

Terraariumi niisutatakse pihustuspudelist ainult siis, kui mulla protsent on püsivalt alla `muld_min` väärtuse (staatus „HOIATUS: muld kuiv“). Kord kuus avatakse kork, klaas pühitakse seestpoolt pika varrega lapiga, klaasi vastu kasvavad võrsed lõigatakse ära ja kollased lehed eemaldatakse.

Anum seisab valgusküllasel kohal, kuid mitte otsese päikese käes: suletud klaasis tõuseb temperatuur päikese käes kiiresti üle 35 °C, mida näitab staatus „HOIATUS: temperatuur“ (`temp_max`). Kui päevavalgusest ei piisa, lülitatakse valgusti kindlaks ajaks režiimile sees või lisatakse programmi valgusti ajaaken (seirelahenduse juhend, peatükk 9).

Andurite juhtmeid ja korgi juhtmeava tihendust kontrollitakse igal hooldusel: niiskus liigub piki juhet ülespoole ja kahjustatud tihenduse kaudu pääseb terraariumist niiskus välja. Kahjustatud tihendus taastatakse enne korgi sulgemist.