



# SPISS

Naturfaglige artikler av  
elever i videregående  
opplæring

## Hemmer døgnkontinuerlig lys planters utvikling?

*Forfattere: Ivar Johannes Sørstrand Bu og Emily Evanna Tabrizi, Rjukan videregående skole*

*Hensikten med dette forsøket var å undersøke hvordan ulike lysforhold påvirker plantevekst. Plantene ble dyrket i et akvaponianlegg med lik næringstilgang og delt i to grupper: én med 13 timer lys per døgn og én med kontinuerlig belysning. Etter omtrent to måneders vekst ble plantenes høyde og bredde målt og brukt til å beregne volum for sammenligning. Resultatene viste ingen signifikant forskjell mellom gruppene samlet sett. Det pågikk et forsøk parallelt med dette, hvor to ulike dyrkningsteknikker ble testet. Når gruppene ble testet innenfor hvert av disse systemene ble det allikevel observert forskjell.*

### Innledning

Våren 2025 ble det bygget et hjemmelaget akvaponianlegg i kjelleren på Rjukan Videregående skole i faget Teknologi- og Forskningslære 1, for å utforske mulighetene for et mer sirkulært oppdrettsanlegg. Med det menes at "naturressurser og produkter utnyttes effektivt og så lenge som mulig, i et kretsløp der minst mulig ressurser går tapt" (Miljødirektoratet, 2023). Bakgrunnen for prosjektet er at det nylig er etablert et landbasert oppdrettsanlegg i Tinn kommune, som heter Hima Seafood, og skolen har samarbeidet litt med dem.

Et akvaponianlegg er et bærekraftig system som setter sammen plantevekst og fiskeoppdrett for å utnytte fiskenes avfallsstoffer som næring til planter. For å kunne utnytte næringsstoffene må hele systemet ha en konstant sirkulering av vann fra fisker til planter. Vannet i systemet går kontinuerlig i bane, hvor fiskene avgir avfallsstoffer, som blir omdannet til næringsstoffer av nitrogenfikserende bakterier, hvor det da blir brukt av plantene. Siden avfallsstoffene blir filtrert og brukt fører til bedre vannkvalitet for fiskene.

Det hjemmelagde akvaponianlegget hadde noen utfordringer. Anlegget brukte dyrketeknikken «Media Bed Technique», som baserer seg på at plantene vokser i et medium. Mediet som ble brukt var Leca-kuler, og disse påvirket pH-nivået i vannet. Høsten 2025 ble akvaponianlegget bygget om for å utforske to andre akvaponiteknikker, Nutrient Film Technique (NFT) og Deep Water Culture (DWC), hvor man ikke bruker vekstmedier til plantene. Næringsstoffene til plantene stammer fra fiskenes avfallsstoffer, som går igjennom en prosess i anlegget som gjør dem tilgjengelig for plantene. Siden næringen er oppløst i vannet, og dette renner kontinuerlig, vil næringstilgangen til plantene bli tilnærmet lik i hele anlegget. (Somerville, Cohen, Pantanella, Stankus, & Lovatelli, 2014).

Anlegget står inne på skolen, og ble brukt på vinteren. Derfor var det nødvendig med kunstig lys. Likevel kan plantene bli skadet ved overeksponering av lys. Denne feilen oppstod under det første forsøket som

ble gjort før sommeren i 2025. Da ble lysene stående på 24 timer i døgnet i oppstarten av anlegget. Denne skadeprosessen heter fotoinhibering. Fotoinhibering er et fenomen som kan oppstå blant planter og andre organismer som utfører fotosyntese. Fotoinhibering fører til skader i fotosystemene som utfører fotosyntesereaksjonene. Fotoinhibering påvirker hovedsakelig fotosystem to (PSII), men rammer fotosystem en (PSI) også.

Planter har mange stressfaktorer, og ett av dem er for sterkt lys (Døving, 2024). Når en plante får altfor mye lys, kan den bli overbelastet og klarer ikke å utnytte all lysenergien i fotosyntesen. Når klorofyll absorberer for mye energi, blir elektronene i molekylet eksitert (Aarnes, fotoinhibering, 2023). Denne overskuddsenergien kan omsettes på ulike måter, som varme, fluorescens eller danning av singlett oksygen (Universitetet i Oslo, 2022). Hvis de eksiterte elektronene fra eksitert klorofyll har riktig spinn, kan spinnet og energien overføres til oksygen og danne singlett oksygen ( $\text{O}_2$ ). Singlett oksygen er en energirik form for oksygen der elektronspinnet er endret (Aarnes, singlett oksygen, 2023). Elektronspinnet får singlett oksygenet til å reagere veldig annerledes enn vanlig oksygen. De reagerer med cellekomponenter og kan påføre strukturelle skader. Skadene rammer hovedsakelig proteiner og lipider i fotosystem II, særlig D1-proteinet (Aarnes, fotoinhibering, 2023). Når singlett oksygenet har skadet fotosystemene, vil evnen til fotosyntese bli kraftig redusert og planten kan dermed ikke produsere like mye næring.

Hvis planten er utsatt for andre ting som mangel på vann, høye saltnivåer eller lave temperaturer, vil ikke planten kunne utføre fotosyntese i like stor grad og fotoinhibering kan skje fortere og mer alvorlig (Aarnes, fotoinhibering, 2023). Fotoinhibering skjer hovedsakelig når en plantes habitat forandres. Dette kan for eksempel være en plante som var vokst innendørs, blir flyttet utendørs. Mengden energi planten var vant til å utføre fotosyntese med, har nå blitt forandret, planten greier ikke å omdanne all energien og det blir produsert singlett oksygen som vil føre til skader på planten.

Dette var det ønskelig å lære mer om. Derfor ble det satt opp et forsøk der det var mulig å utsette noen av plantene for lys 24 timer i døgnet og noen med lys 13 timer i døgnet, for å se på effekten av lyseksponering. Hypotesen var at det ikke er noen forskjell i plantevekst mellom planter som utsettes for begrenset lys og planter som utsettes for ubegrenset lys.

## Metode

Først ble akvaponianlegget bygget basert på tegninger fra FNs organisasjon for ernæring og landbruk (FAO) (Somerville, Cohen, Pantanella, Stankus, & Lovatelli, 2014). Siden forsøket baserte seg på salatdyrking som krever over to måneder veksttid, ble det valgt å kombinere to forskjellige akvaponisystemer for å kunne gjennomføre to parallelle forsøk på samme tid. I et DWC-system vil man ha plantene i et kar med en isoporflåte, slik at planterøttene står ned i vannet. I et NFT-system vil man ha plantene i et rør, hvor vannet renner gjennom, slik at det blir mer oksygen til røttene til plantene.

Forsøket ble gjennomført med salatplanter to grupper, der den ene gruppa ble utsatt for lys 24 timer i døgnet, og den andre gruppa hadde tidsstyring på lyset slik at salatplantene fikk mørke i 11 timer på natten. Det ble brukt vanlige vekstlys på de plantene som ble utsatt for lys 24 timer i døgnet, men på grunn av behovet for tidsstyring måtte det brukes en fleksibel LED-stripe på gruppa som ble utsatt for lys 13 timer i døgnet. Denne hadde litt svakere lys, derfor ble LED-stripen plassert slik at den dekket plantene flere ganger. Dette kan ha ført til noe variasjon i vekstvilkår. Figur 4 viser dette godt.

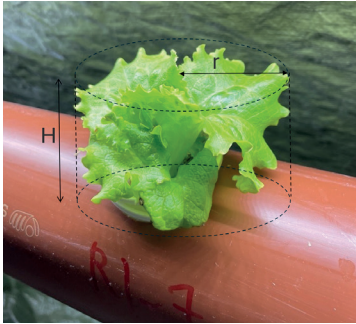
I DWC-systemet ble det laget to flåter. Dette var for å kunne enklere skille mellom de to salatgruppene. Det ble brukt presenning for å holde dem separert, slik at det ble lite lysforurensning mellom dem.

I NFT-systemet ble de brukt to rør som gikk parallelt. Det var boret hull i rørene for å få plass til plantene, samt et ekstra hull på hvert av rørene for å kunne ha oversikt over vannet. Her også ble det brukt presenning for å skjerme systemene fra hverandre.

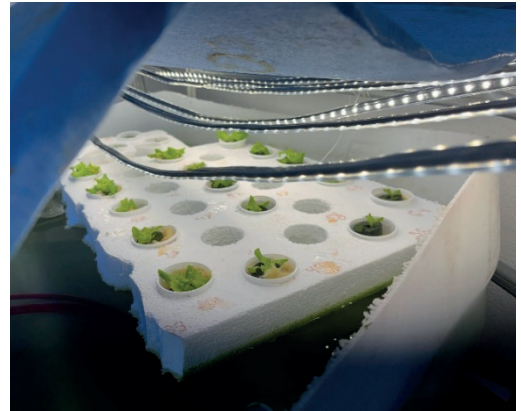
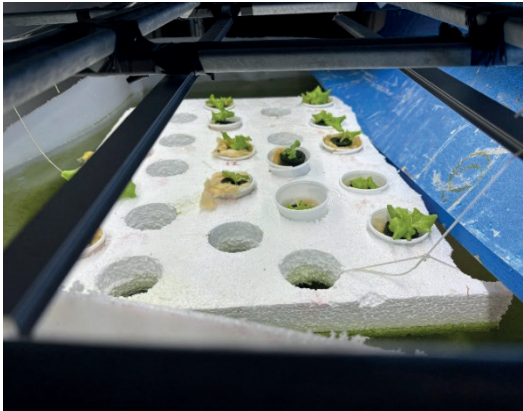
Salattypen som ble brukt til dette forsøket var bataviasalat, fordi den skulle passe til forholdene hvor anleggende sto. Det ble dyrket stiklinger slik at det kunne settes ut ferdige planter i anlegget. De ble forkultivert i såbriketter, som ble satt i plastkopper med glassull. Eksperimentet startet når røttene var lange nok til å stikke ut av plastkoppene. Først da kunne de settes ned i NFT-rørene (Solhatt økologiske frø, u.d.).

Plantene ble målt ved bruk av en linjal, hvor bredde ble sett ovenfra, mens høyde fra siden av platen. Høyden ble målt fra dyrkekoppen til øverste punkt av planten. Disse målingene ble deretter brukt for å finne volumet, for å estimere plantenes tredimensjonale vekst i forhold til den totale høyden og bredden. Volumet ble valgt til å ha formen til en sylinder for det var den enkleste tredimensjonale figuren som planten kunne fylle ut, med minst ledig plass. Både høyde og bredde ble brukt til utregning. Formelen var  $V = \pi r^2 h$ , og de tilhørende målene er vist i Figur 1.

Man kan diskutere at vekt hadde vært et bedre mål for plantevekst. For å få et godt mål på veksten måtte både rotsystem og salatblader for en plante bli veid. Det ble valgt å ikke bruke vekt som vekstmål, med begrunnelse at røttene til planter som vokste ved siden av hverandre var sterkt sammenfiltret. Det var også vanskelig å fjerne plantene fra plantekoppene på en god måte. Det ville blitt for mange individuelle feilkilder, mens feilene med volum ville bli mer systematiske.



Figur 1: Bilde av salat med en figur som viser hvordan man kan regne ut volumet.



Figur 2: Bilde over panteflåtene. 24 timers lys er til venstre (F1) og 13 timers lys er til høyre (F2).



Figur 3: Planteskader på hhv. NFT- og DWC-system, begge med 24 timer lyseksponering



Figur 4: Bilde over rørplantene. 24 timers lys er til venstre (R1) og 13 timers lys er til høyre (R2).

**Resultat**

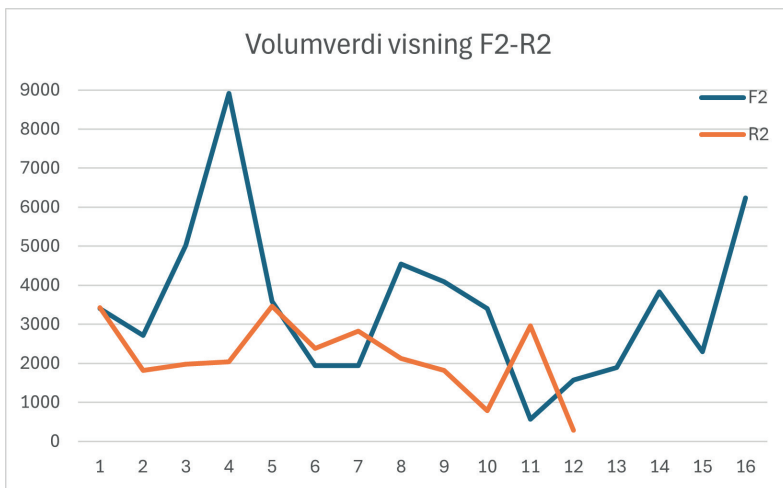
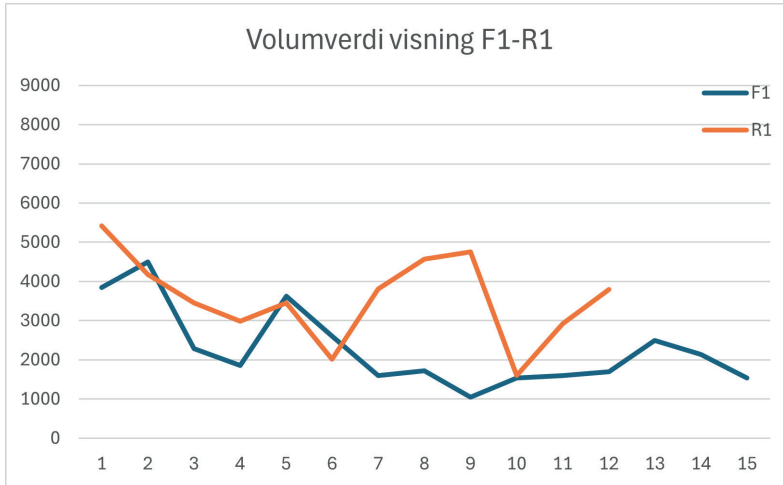
Resultatene presenterer data innsamlet etter forsøksperioden. Hver plante ble gitt navn avhengig av posisjon og belysning. Navnet R2-4 tilsier at planten var i et rør (R), at den hadde LED-lys som var døgnstyrt til 13 timer lys i døgnet (2) og at det var plante nummer fire i rekken (4).

Tabell 1: P-verdier over T-tester

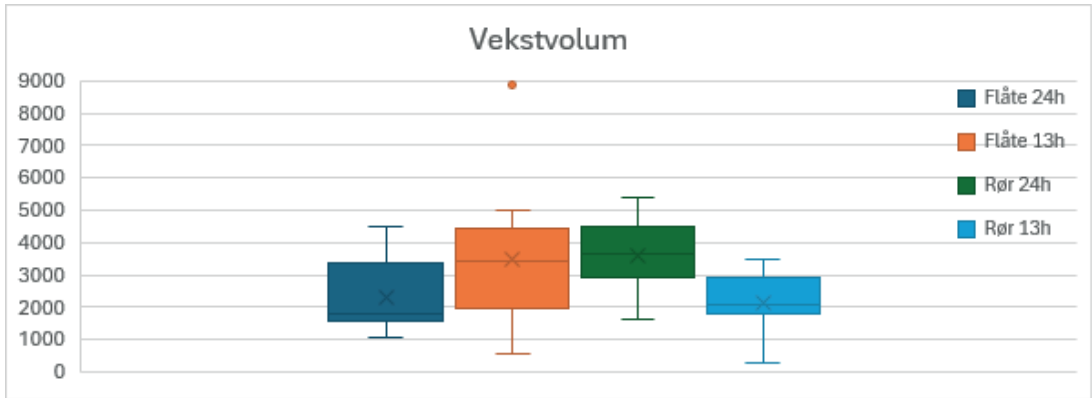
Grupper som ble sammenlignet	P-verdi
Flåte med 24 timers lys og flåte med 13 timers lys	0,045
Rør med 24 timers lys og rør med 13 timers lys	0,003
Alle planter med 24 timers lys og 13 timers lys	0,869

Det ble observert en tydelig forskjell på plantene, ettersom det var mye skader på plantene som ble utsatt for lys 24 timer i døgnet, uavhengig om de var i DWC-systemet eller NFT-systemet. Skadene er vist i Figur 2, og det var mest skader på plante i DWC-systemet.

Som en del av prosjektet ble det gjennomført smaksprøver på salatene. Smaken på plantene var ganske identiske, men det var allikevel litt variasjoner mellom dem. Plantene som hadde vært under konstant lys hadde mye stivere bladstruktur i tillegg til en litt bitrere smak.



Figur 5: Linjediagram over gjennomsnittsvolumene til flåte og rør. Til venstre er med 24 timers lys og til høyre er med tidsstyrt lys. Alle mål er i  $\text{cm}^3$ .



Figur 6: Boksdigram over vekstvolum. Alle mål er i cm<sup>2</sup>.

I Figur 6 har fått flagget ett oransje punkt som ekstremverdi, og kan ses som en verdi på . Det betyr at det er en plante som er mye større enn de andre, og at Excel ser på den som et avvik. Verdien er allikevel brukt i t-testen.

## Diskusjon

Fra Tabell 1 kan det leses at det er statistisk forskjell mellom 24-timersgruppene og 13-timersgruppene, når man ser på systemene separat. Som vist i Figur 5 har rør systemet best vekst for 24-timers belysning, mens flåte systemet har gitt best vekst for 13-timers belysning. Derimot er det ingen forskjell når alle planteresultatene samles. Når dataene fra de to systemene kombineres, forsvinner den statistiske forskjellen mellom 24-timers belysning og 13-timers belysning. I praksis er det vanskelig å forklare hvorfor det er forskjell på systemene.

En mulig matematisk forklaring på hvorfor det ble slik er at siden 13-timers lys mot 24-timers lys for flåte så er 24 timer best, og omvendt for rør, blir resultatene gjennomsnittlig likere når resultatene blir slått sammen.

Det var allikevel en tydelig forskjell mellom 13-timers gruppene og 24-timers gruppene. Plantene med konstant lys hadde blitt mye stivere i strukturen og hadde mørkere farge. Den mørkere fargen kommer sannsynligvis av høye mengder med klorofyll for å bruke alt lyset plantene hadde tilgang til. Den økte mengden med klorofyll har dermed ledet til økt produksjon av glukose, som har blitt omdannet til stivelse.

Skadene på plantene er sannsynligvis påført av mineralmangel og ikke celleskade påført av fotoinhibitering. Skadene som skjer ved fotoinhibitering gjør bladene lysere og befinner seg midt på bladet istedenfor bare bladkanten. Skadene vist på salatbladene minner mer om bladrandskade. Bladrandskade kan skje av flere faktorer, men den vanligste er kalsiummangel. Salatplantene på flåten med konstant lys (F1) hadde betydelig mye mer bladrandskade enn de andre plantene.

Gjennom hele prosjektet ble plantene målt tre ganger. Hver av gangen ble de målt ved bruk av en linjal. På grunn av mangel på presisjon med linjal og avstanden til flere av plantene ble lengdene avrundet til nærmeste halve centimeter. På grunn av sammenlignende vekstmønstre ble kun den siste målingen tatt i bruk. Dette er en feilkilde.

Konklusjonen er at hypotesen stemmer, fordi det ikke ble påvist statistisk forskjell mellom de to gruppene med lys. Det ble allikevel påvist en forskjell når man så på DWC-systemet og NFT-systemet hver for seg. Dette finnes det ikke en god forklaring på.

For å gjøre dette forsøket bedre, kunne det bli funnet et bedre mål for plantevekst, og forsøket kunne vært repetert med samme type vekstlys for alle plantegrupper. I tillegg var det vanskelig å skille mellom plantene i DWC-systemet, siden begge flåtene var i samme kar.

Det ble tilsynelatende funnet et smaksforskjell mellom gruppene. Det ville vært interessant å gjennomføre et forsøk hvor en fokuserer på forskjellene i smak mellom gruppene.

## Bibliografi

- Berner Jr., E. (2024, November 25). *lysvirkning på planter*. Hentet fra Store Norske Leksikon: [https://snl.no/lysvirkning\\_på\\_planter](https://snl.no/lysvirkning_på_planter)
- Blystad, D.-R. (2024, November 26). *bladrandssyke*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/bladrandssyke>
- Døving, A. (2024, April 17). *Stressa planter; Norsk Landbruksrådgiving*. Hentet 11 25, 2025 fra Norsk Landbruksrådgiving: <https://www.nlr.no/kunnskap/fagartikler/frukt-og-baer/midt/stressa-planter>
- Miljødirektoratet. (2023, Oktober 11). *Sirkulær økonomi*. Hentet April 10, 2026 fra miljødirektoratet.no: <https://www.miljødirektoratet.no/ansvarsområder/avfall/sirkular-okonomi/>
- Murdoch, C., Dimsey, R., Sippo, J., Pierce, P., & Rennick, T. (2026, Februar 12). *Tipburn in lettuce*. Hentet fra Agriculture Victoria: <https://agriculture.vic.gov.au/biosecurity/plant-diseases/vegetable-diseases/tipburn-in-lettuce>
- Rjukan, S. (2025, 12 09). *Sirkulærøkonomi*. Hentet fra Sirkulære Rjukan: [https://sirkularerjukan.no/solhatt\\_økonomiske\\_frø\\_\(u.d.\).\\_Bataviasalat\\_Maravilla\\_de\\_Verano](https://sirkularerjukan.no/solhatt_økonomiske_frø_(u.d.)._Bataviasalat_Maravilla_de_Verano)
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). *Small-scale aquaponic food production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Universitetet i Oslo. (2019, Mai 9). *Fotoinhibering*. Hentet fra Institutt for biovitenskap: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/f/fotoinhibering.html>
- Universitetet i Oslo. (2019, April 1). *Fotomorfogen*. Hentet fra Institutt for biovitenskap: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/f/fotomorfogen.html>
- Universitetet i Oslo. (2022, Januar 29). *Klorofyll-lysabsorpsjon*. Hentet fra Institutt for biovitenskap : <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/k/klorofyll.html>
- Aarnes, H. (2023, Juli 20). *fotoinhibering* . Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/fotoinhibering>
- Aarnes, H. (2023, Februar 16). *singlett oksygen*. Hentet fra Store Norske Leksikon: [https://snl.no/singlett\\_oksygen](https://snl.no/singlett_oksygen)

## Vedlegg 1

Tabell 2: Rådata fra DWC-system

Plante-ID	Bredde	Høyde	Plante-ID	Bredde	Høyde
F1-1	16,5 cm	18,0 cm	F2-1	17,0 cm	15,0 cm
F1-2	21,0 cm	12,0 cm	F2-2	16,0 cm	13,5 cm
F1-3	18,0 cm	9,0 cm	F2-3	20,0 cm	16,0 cm
F1-4	15,0 cm	10,5 cm	F2-4	27,5 cm	15,0 cm

F1-5	18,5 cm	13,5 cm	F2-5	19,5 cm	12,0 cm
F1-6	17,0 cm	11,5 cm	F2-6	15,0 cm	11,0 cm
F1-7	13,0 cm	12,0 cm	F2-7	15,0 cm	11,0 cm
F1-8	13,0 cm	13,0 cm	F2-8	19,0 cm	16,0 cm
F1-9	11,0 cm	11,0 cm	F2-9	20,0 cm	13,0 cm
F1-10	14,0 cm	10,0 cm	F2-10	17,0 cm	15,0 cm
F1-11	13,0 cm	12,0 cm	F2-11	11,0 cm	6,0 cm
F1-12	14,0 cm	11,0 cm	F2-12	14,5 cm	9,5 cm
F1-13	17,0 cm	11,0 cm	F2-13	15,5 cm	10,0 cm
F1-14	16,5 cm	10,0 cm	F2-14	19,0 cm	13,5 cm
F1-15	12,5 cm	12,5 cm	F2-15	18,0 cm	9,0 cm
			F2-16	23,0 cm	15,0 cm

Tabell 3: Rådata fra NFT-system

Plante-ID	Bredde	Høyde	Plante-ID	Bredde	Høyde
R1-1	23,5 cm	12,5 cm	R2-1	22,0 cm	9,0 cm
R1-2	22,0 cm	11,0 cm	R2-2	17,0 cm	8,0 cm
R1-3	20,0 cm	11,0 cm	R2-3	15,5 cm	10,5 cm
R1-4	19,5 cm	10,0 cm	R2-4	17,0 cm	9,0 cm
R1-5	20,0 cm	11,0 cm	R2-5	21,0 cm	10,0 cm
R1-6	16,0 cm	10,0 cm	R2-6	17,0 cm	10,5 cm
R1-7	21,5 cm	10,5 cm	R2-7	20,0 cm	9,0 cm
R1-8	23,0 cm	11,0 cm	R2-8	19,0 cm	7,5 cm
R1-9	22,0 cm	12,5 cm	R2-9	17,0 cm	8,0 cm
R1-10	15,5 cm	8,5 cm	R2-10	12,0 cm	7,0 cm
R1-11	18,0 cm	11,5 cm	R2-11	18,5 cm	11,0 cm
R1-12	22,0 cm	10,0 cm	R2-12	9,5 cm	4,0 cm