

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Diplomová práce

2015

Bc. Tomáš Kovanda

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyziky

Vývoj a stavba automatické líhně

Diplomová práce

Autor:	Bc. Tomáš Kovanda
Studijní program:	N1701 Fyzika
Studijní obor:	Fyzikální měření a modelování
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Josef Hubeňák, CSc.

Hradec Králové

2015

Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta

Zadání diplomové práce

Autor: **Bc. Tomáš Kovanda**

Studijní program: N1701 Fyzika

Studijní obor: Fyzikální měření a modelování

Název závěrečné práce: **Vývoj a stavba automatické líhně**

Název závěrečné práce AJ: Development and construction of automated incubators

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Stavba automatické líhně řízené mikroprocesorem. Regulace teploty a vlhkosti.
Předávání dat síti GSM

Garantující pracoviště: Katedra fyziky, Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: doc. RNDr. Josef Hubeňák, CSc.

Oponent: Ing. Karol Radocha, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 26. 6. 2012

Datum odevzdání závěrečné práce: 12. 1. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne 12. 1. 2015

.....

Bc. Tomáš Kovanda

Anotace

Bc. KOVANDA Tomáš. *Vývoj a stavba automatické líhně*. Hradec Králové: Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové, 2015.86s. Diplomová práce.

Hlavní náplní této práce bylo navrhnout a sestrojít líheň, která dokáže zajistit potřebné podmínky pro všechna vývojová stadia kuřete, a to s co nejmenší nutností obsluhy, tedy s co největší mírou automatizace. Při vývoji byl kladen důraz na spolehlivou funkci líhně. Zejména na to, aby regulované veličiny splňovaly potřebné hodnoty pro zdravý vývoj kuřete. Rovněž byl kladen velký zřetel na kvalitu zpracování konstrukce, která musí být odolná vůči patřičnému mechanickému namáhání, teplotě a vlhkosti a zároveň musí splňovat hygienické nároky. Pro zajištění správné činnosti bylo do systému líhně instalováno množství senzorů, které sledují proces inkubace a v případě odchýlení požadovaných hodnot od sledovaných parametrů dokáží o vzniklém stavu informovat obsluhu líhně prostřednictvím sítě GSM.

Klíčová slova: líheň, měření, regulace, přenos dat, síť GSM

Annotation

Bc. KOVANDA Tomáš. *Development and construction of automated incubators*. Hradec Králové: Faculty of Science, University of Hradec Králové, 2015.86s. Master thesis.

The main concern of this study was to design and construct an incubator eggs, which can provide the necessary conditions throughout the development of chicken, and with the least unattended mode, therefore with the greatest possible level of automation. During development of incubator emphasis was placed on the reliable operation of the hatchery. That the controlled variable fulfill the required values for the healthy development of the chicken. Processing quality, which must be resistant to the associated mechanical stress, temperature and humidity resistant and must also comply hygiene standards. For ensuring correct operation, there was installed hatchery amount of mechanisms that are able to detect a deviation in the incubation process and about the resulting state hatchery inform the operator via GSM.

Key words: incubator, measuring, regulation, data transfer, GSM net

Obsah

1	Úvod	9
2	Základy inkubace	10
2.1	Pojmy prekociál a altriciál	10
3	Vejce	12
3.1	Vývoj embrya	12
3.2	Výživa vajec	12
3.3	Uskladnění a manipulace s vejci	12
4	Konstrukce a funkce líhně	17
4.1	Úvod	17
4.2	Stálovzdušné líhně	17
4.3	Líhně s nuceným prouděním	18
4.4	Kontaktní líhně	19
4.5	Konstrukční požadavky pro úspěšné vylíhnutí	21
5	Kontrolování vajec a líhně	25
5.1	Prosvětlení	25
5.2	Měření vlhkosti a ztráty váhy	26
6	Ukázka běžně dostupných líhní	29
6.1	Poloautomatické líhně s nuceným prouděním	29
6.2	Plně automatické líhně s nuceným prouděním	31
6.3	Plně automatické kontaktní líhně	32
7	Návrh a stavba líhně	33
7.1	Popis konstrukce	33
7.2	Blokové schéma	34
8	Popis hlavních částí vyhotovené líhně	36
8.1	Termostat	36
8.2	Hydrostat	37
8.3	Zdroj tepla	38
8.4	Držák a obraceč vajec	39
8.5	Pohon obraceče vajec	40
8.6	Cirkulace vzduchu	42
8.7	Ventilace vzduchu	43

8.8	Modul hlavního mikroprocesoru	44
8.8.1	Popis konstrukce modulu hlavního mikroprocesoru	44
8.8.2	Schéma zapojení modulu hlavního mikroprocesoru	44
8.8.3	Vývojový diagram modulu hlavního mikroprocesoru	45
8.9	Modul GSM	49
8.9.1	Popis konstrukce modulu GSM	49
8.9.2	Schéma zapojení modulu GSM	50
8.9.3	Vývojový diagram modulu GSM	50
9	Popis funkce vyhotovené líhně	52
10	Měření na vyhotovené líhni	55
10.1	Měření teploty a vlhkosti	55
10.2	Měření příkonu	62
10.3	Měření termokamerou	64
11	Závěr	68
12	Seznam použité literatury a zdrojů informací	69
13	Přílohy	70
A	Seznam zkratk a použitých symbolů	
B	Měření úrovně výstupů zařízení GSM	
C	Fotografie a obrázky desek plošných spojů	
D	Ukázka zdrojového kódu hlavního mikroprocesoru	
E	Fotografie vyhotovené líhně	

1 Úvod

Inkubátory se stávají v poslední době stále více používanými zařízeními v drůbežářství, kde se pracovníci snaží dosáhnout stále vyšší produktivity, a přirozený odchov není v tomto případě efektivní. Jiným případem je ztráta přirozené schopnosti sezení na vejcích, jako důsledek přešlechtění nových druhů drůbeže. Další sféra používání inkubátorů bývá vyvolána záchranou vzácných a ohrožených druhů ptactva. Zde bývá použití techniky - tedy inkubátoru - nevyšší prioritou.

Tato práce je rozdělena do několika kapitol. Kapitoly 2 a 3 popisují proces inkubace a manipulace s vejci. Tyto kapitoly rovněž definují základní pojmy ve vztahu k procesu inkubace. Kapitoly 4 - 6 se věnují základním typům líhni dostupných na trhu a představují jejich funkce, princip a konstrukce. Kapitoly 2 - 4, včetně obrázků, byly převzaty a přeloženy z anglického originálu [1]. Kapitoly 7 - 9 se zabývají konstrukčním návrhem líhně, kterou jsem zhotovil dle vlastního návrhu, včetně popisu technického řešení. Kapitola 10 obsahuje výsledky měření parametrů prostředí, které jsem provedl na vyhotovené líhni, abych tak ověřil její funkčnost a způsobilost k použití.

Práce je rovněž obohacena o přílohy, které dokumentují prostřednictvím fotografií vyhotovenou líheň.

2 Základy inkubace

Tato kapitola se věnuje základním pojmům a principům procesu inkubace. Tato kapitola včetně obrázků byla přeložena z anglického originálu [1].

Správný vývoj ptačího embrya je podmíněn splněním pěti základních podmínek:

- vejce musí být pravidelně otáčeno a opatrně položeno tak, aby embryo mohlo přijímat čerstvé živiny ze skořápky vejce, když si formuje správnou pozici pro vylíhnutí;
- vejce musí být udržováno ve správné teplotě, která umožňuje metabolický proces vývoje embrya ve správném čase;
- vejce ztrácí vodu póry ve skořápce. Vlhkost okolního vzduchu musí být kontrolována a objem ztracené vody musí být během inkubační doby monitorován;
- pro vaječné „dýchání“ musí být dodáván čerstvý vzduch/kyslík a odstraňován oxid uhličitý;
- vejce jsou náchylná k infekcím, takže prostředí inkubátoru musí být fyziologicky vzato bez infekční.

2.1 Pojmy prekociál a altriciál

Prekociál (nepotřebuje péči rodičů) a altriciál (předčasně vylíhnutí, potřebuje péči rodičů).

Slova prekociál a altriciál popisují stupeň vyspělosti u malých ptáčků při klubání. Prekociál znamená jedince, který je schopen se pohybovat ihned po vylíhnutí a altriciál znamená, že je ptáček neschopen se pohybovat. Přestože základy inkubace jsou aplikovatelné na obě skupiny, jsou zde rozdíly, které musí být zaznamenány, aby byla specifická inkubace vytvořena pro individuální druhy.

charakteristika prekociálu:

- vylíhne se s otevřenými očima;
- pokrytý peřím;
- opouští hnízdo do dvou dnů;
- shání se po potravě za pár hodin;
- vejce se obvykle otáčí méně často.

charakteristika altriciálu:

- vylíhne se se zavřenými očima;
- málo nebo vůbec opeřený;
- neschopný odejít z hnízda;
- krmen rodiči;
- vejce jsou otáčena častěji.

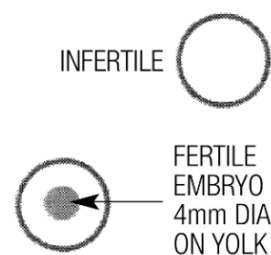
3 Vejce

Následující odstavce popisují vývoj embrya. Tento proces je ukázán na slepičím vejci. Tato kapitola včetně obrázků byla přeložena z anglického originálu [1].

3.1 Vývoj embrya

OPLODNĚNÍ A PRVNÍCH 24 HODIN

Žloutek spadne z vaječníku do začátku vejcovodu, kde je oplodněno samčím spermatem. Embryo se začíná vyvíjet, když žloutek cestuje dál vejcovodem. Zde rovněž dostává bílkový obal. Začíná se vytvářet skořepina následně membrány, vejce tak dostává svou vlastní skořápku. Tento proces zabere přibližně 20 hodin, přičemž embryo doroste v průměru okolo 4 mm. Vejce je sneseno.

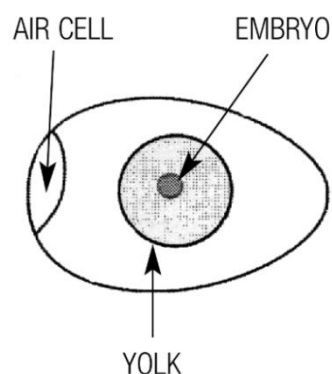


Obrázek 1 Vývoj embrya prvních 24 hodin [1]

1. – 2. DEN

Potom, co je vejce sneseno, dojde vlivem jeho ochlazení ke zpomalení růstu nebo jeho zastavení až do doby začátku inkubace. Během tohoto procesu by teplota měla být nejlépe mezi 0 až 20 °C. Některé druhy ptactva tolerují mnohem extrémnější teploty. Každopádně přetrvávání extrémních teplot s sebou nese riziko úmrtí embrya. V prvních dnech inkubace se objevuje vrstva zvaná prvobytný proužek. Ta umožňuje formaci třetí vrstvy buněk.

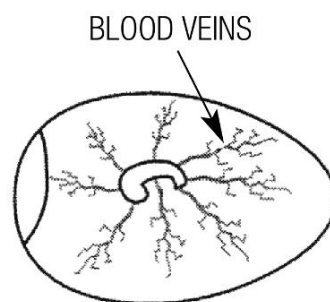
Z těchto nových buněk se zformují orgány těla. Tyto buňky jsou vytvořeny ve třech vrstvách nazývaných ektoderm, mezoderm a endoderm. Ektoderm formuje kůži, peří, nervový systém, drápy, oči a ústa. Mezoderm formuje kostru, svalstvo, krev a reprodukční orgány. Endoderm formuje dýchací orgány, vyměšovací systém a trávicí systém. Ke konci prvního dne inkubace se začíná formovat hlava, oči, nervový systém a krevní „ostrůvky“. Srdce je formováno druhý den a funkční je během 44 hodin.



Obrázek 2 Vývoj embrya 2. den [1]

2. – 4. DEN

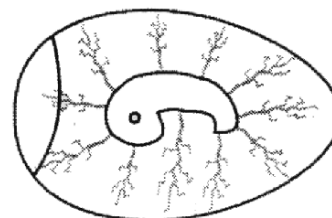
Čtvrtý den se srdce vyvíjí v orgán s autonomní frekvencí. Během této doby se současně vytvářejí speciální membrány, které produkují váček s plodovou vodou. Embryo bude nyní plavat v plodové vodě po zbytek inkubace. Plodová voda a otáčení vejce zajistí, že bude embryo po vyklubání správně orientováno. Čtvrtý den se začínají formovat nohy a zárodky křídel ale srdce je stále položeno mimo tělo.



Obrázek 3
Vývoj embrya 4. den [1]

4. -10. DEN

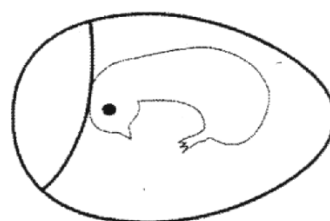
Šestý den inkubace jsou nohy a křídla téměř kompletní, a k osmému dni se objevuje peří. Devátý den začíná embryo vypadat jako kuře. Srdce včetně krevní cirkulace je nyní uvnitř těla. Desátým dnem se začínají formovat kosti.



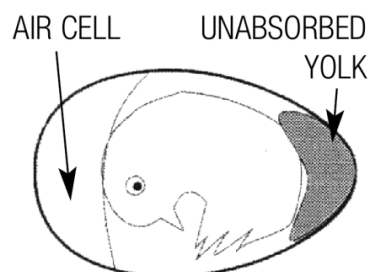
Obrázek 4
Vývoj embrya 10. den [1]

10. - 21. DEN

Třináctým dnem inkubace už je vytvořené prachové peří. Šestnáctým dnem je téměř kompletní zobák, kostra nohou a drápy. Bílek je spotřebováván zbývajícím žloutkem. Plodová voda klesne a žloutek slouží jako zdroj výživy. Devatenáctý den je žloutek včleněn do těla embrya, čímž je omezena schopnost embrya získávat kyslík difuzí přes skořápku do krevního systému. Úroveň oxidu uhličitého v krvi proto dramaticky klesá, což způsobuje tiky v krčním svalstvu. Zobákem si poté embryo protlačuje cestu ke vzduchu, k širšímu konci vejce. Zobák se nyní poprvé otevírá a plíce se nafouknou. To způsobuje, že krevní systém cirkuluje i přes plíce. Toto období je pro kuře velkou zátěží, kdy může docházet k závažným

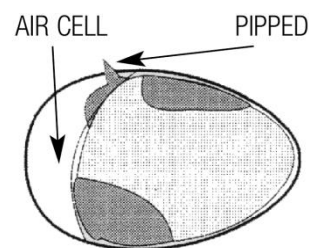


Obrázek 6
Vývoj embrya 14. den [1]



Obrázek 5
Vývoj embrya 17. den [1]

poruchám embryonálního vývoje. Zátěž v této fázi může kuře i zabít pokud není dostatečně silné, především pokud nemá dostatek vitamínů skupiny B. Kuře stále zkouší dýchat, což způsobuje škrábání a snad i prolomení skořápky. Tento proces vytlačí zobák ven a odštipuje malé kousky ze skořápky. Nohy posouvají kuře trochu na stranu, takže při následných záškubech odpadávají kusy skořepiny. To pokračuje okolo celé skořápky, až dokud celá skořápka neodpadne. Kuře má takzvaný vaječný zub, který mu pomáhá vylíhnout se. Po vylíhnutí tento zub odpadne. Poté samo mládě vypadne. Staré vlasečnice a membrány zůstanou ve skořápce.



Obrázek 8
Vývoj embrya 20. den [1]



Obrázek 7
Vývoj embrya 21. den [1]

3.2 Výživa vajec

Vejsce je tvořeno mnoha živinami, které jim poskytnou rodiče, aby zajistili zdravé vylíhnutí. Takže potřebují dostatek živin nejpozději dva týdny před pokladením vajec. Nejdůležitější vitamíny a minerály výživy vejce jsou:

Vitamín A – Zdroje tohoto vitamínu jsou v zeleném krmivu, žluté zelenině, kukuřici a syntetických sloučeninách. Vitamín může být snadno zničen světlem nebo horkem. Nedostatek vitamínu je častým případem neschopnosti vylíhnout se, slabých ptáčat a slabého imunitního systému.

Vitamín D – Surový zdroj tohoto vitamínu je ve slunečních paprscích. Kuřata chovaná uvnitř budou potřebovat přísávek vitamínu D. Nedostatek tohoto vitamínu způsobuje slabé kosti, které se budou ohýbat a deformovat. Také vaječná skořápka může být zdeformovaná, což má za následek neschopnost kuřete využít vápník ve skořápce. Nedostatek vitamínu D ovlivňuje vlhkost skořápky.

Vitamín E – Zdroj je v krmných zárodcích, například v obilí. Nedostatek tohoto vitamínu má za následek špatné vylíhnutí, takže kuřata jsou slabá a špatně prospívají. Většina odúmrtí nastává v důsledku selhání krevního oběhu, kdy praskají stěny cév.

Vitamín K – Nachází se v zeleném krmení. Velký nedostatek způsobuje krvácení v těle kuřat. K exitu ve vejci může dojít i v důsledku rychlého otočení nebo tvrdým otřesem.

Minerály

Důležité jsou: vápník, fosfor, mangan, hořčík, zinek

3.3 Uskladnění a manipulace s vejci

Kvalita kuřat závisí na kvalitě vajec. Je třeba zdůraznit, že kvalita vejce se nezlepší po jeho naklazení, nesprávným zacházením se může pouze zhoršovat. Proto je nezbytné, aby o vejce bylo řádně pečováno od doby sběru až do jejich vylíhnutí. Následující faktory pomůžou zajistit vejci nejlepší možné podmínky:

TEPLOTA

Ideální teplota je mezi 12 až 15 °C. Příliš vysoká teplota může způsobit špatnou inkubaci. To snižuje šanci normálního vývoje embrya. Když je teplota pod bodem mrazu, buněčná struktura vejce se může prolomit a tím zabránit vývoji embrya.

Je důležité mít na paměti, že se vejce v přirozených podmínkách často zahřívají postupně a pomalu. Inkubátory často zahřívají rychle, a jsou-li do inkubátoru umístěna velmi včasné, může vejce utrpět teplotní šok. Je-li to technicky možné, vejce by mělo být zahříváno velmi pomalu.

VLHKOST

Fyziologická hladina relativní vlhkosti (RH) je 75 až 85 %, čímž se zabrání vysychání vejce před inkubací.

SBÍRÁNÍ VAJEC

Nejlepší doba pro sběr je okolo deváté hodiny ráno a další kontrola by měla proběhnout před polednem. Vejce ponechaná v hnízdě po dobu delší než 24 hodin vedou ke špatnému vylíhnutí.

SKLADOVÁNÍ VAJEC

Záleží na druhu, ale je lepší, aby vejce nebyla skladována déle než sedm dní před inkubací. Mezi sedmým a čtrnáctým dnem začíná poklesávat schopnost líhnutí. Hladina vitamínu klesá a membrány selhávají, takže embryo může brzy zemřít.

Obecně platí, že vejce by měla být skladována špičatým koncem dolů.

ČISTOTA

Prasklá, deformovaná a silně znečištěná vejce by měla být vyřazena. Znečištěná vejce mohou být čištěna za použití určených prostředků na čištění vajec. Je nezbytné umýt vejce v roztoku, který je podstatně teplejší než vejce - vlivem teploty se roztok dostane do pórů vejce dříve než špinavá voda.

OTÁČENÍ V PRŮBĚHU USKLADNĚNÍ

Vejce by měla být otáčena jednou denně o 45 stupňů na každou stranu, tam a zpátky o 90 stupňů během celé doby skladování. Nedostatečné otáčení může způsobit, že bude žloutek plavat a může se dotýkat membrán blízko skořápky. Když se dotkne embrya, může se přilepit a zabránit vyvinutí žloutku uvnitř embrya.

OPATRŇÁ MANIPULACE S VEJCI

S vejci by mělo být manipulováno s opatrností, protože tvrdý náraz by mohl způsobit prasknutí žloutkových membrán, i když skořápka zůstane neporušená. Správná péče musí být také poskytnuta během inkubace.

VAJEČNÝ TVAR, STRUKTURA SKOŘÁPKY A KVALITA

Některá přirozeně deformovaná vejce mají menší pravděpodobnost vylíhnutí. Podměrečná vejce mají často velký žloutek v poměru s bílkem. Velká vejce mohou mít často dvojité žloutky, ty se však nevyklubou. Deformovaná vejce mají často vady ve skořápce.

4 Konstrukce a funkce líhně

Tato kapitola včetně obrázků byla přeložena z anglického originálu [1].

4.1 Úvod

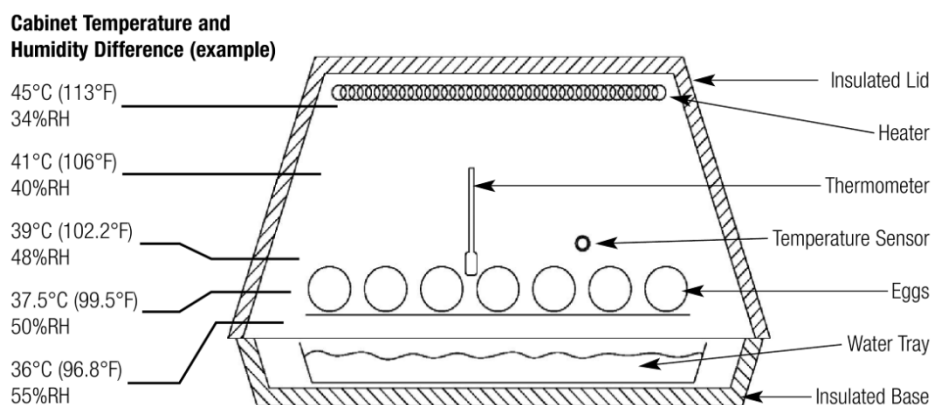
Inkubátory jsou zařízení, které uměle poskytují vejci správné a kontrolované podmínky pro vývoj kuřete. Současné inkubátory automatizují regulaci teploty, vlhkosti, polohy, zajišťují přísun čerstvého vzduchu a běžnou hygienu. Podle způsobu cirkulace vzduchu se inkubátory dělí na: stálovzdušné, s nuceným prouděním a kontaktní. Posledně jmenovaný reprezentuje novou generaci inkubátorů, která věrohodně simuluje podmínky fyziologického embryonálního vývoje.

4.2 Stálovzdušné líhně

Jsou nejčastější formou inkubátoru. Stálovzdušné (pozn.: z anglického výrazu Still Air Incubator) inkubátory jsou v podstatě izolované krabice složené z:

- topného tělíska;
- termostatu nebo regulátoru teploty;
- podnosu na vejce;
- teploměru na měření teploty vzduchu;
- podnosu na vodu;
- některé stroje mohou mít eventuálně hydrostat na měření vlhkosti vzduchu;
- některé stroje mohou mít otáčecí mechanismus pro změnu polohy vejce.

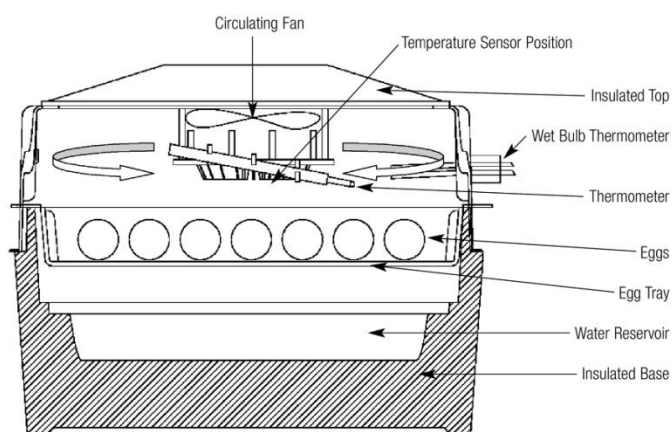
Cirkulace vzduchu u stálovzdušných líhní je pasivní, vyvolaná roztažností a stoupáním temperovaného vzduchu. Intenzita cirkulace je pak dána poměrem teploty vzduchu uvnitř k poměru teploty venku. Čím nižší teplota venku, tím vyšší teplota v inkubátoru. K dosažení nejlepší cirkulace vzduchu musí být přívod vzduchu umístěn zpravidla na vrcholu inkubátoru. Uvnitř stálovzdušného inkubátoru se teplý vzduch pohybuje směrem k vrcholu, takže bude na různých místech naměřena jiná teplota. Další limitující podmínkou je nutnost relativně stejných vajec.



Obrázek 9 Stálovzdušná liheň [1]

4.3 Líhň s nuceným prouděním

Tento typ inkubátoru byl vyvinutý tak, aby byl odstraněn problém ohledně nerovnoměrného rozložení teploty v inkubátoru. Je zde využíván cirkulovaný vzduch, který zabezpečuje jednotnou teplotu v inkubátoru. Teplota vzduchu obklopující vejce je proto konstantní a proto tolik nezáleží na umístění senzoru teploty uvnitř líhně. Vejce mohou být také různých velikostí a mohou být umístěna na podložkách v různých úrovních. Využívání tohoto inkubátoru také dovoluje využití vlhkého teploměru, který může být použit pro přesné měření vlhkosti. V tomto inkubátoru je velmi důležité kontrolovat vlhkost, aby nedocházelo k vysoušení vajec.



Obrázek 10 Líheň s nuceným prouděním [1]

4.4 Kontaktní líhně

Kontaktní inkubátory simulují přirozený inkubační proces, který probíhá v hnízdě.

Nejvíce nápadný rozdíl mezi přirozenou a umělou inkubací je fakt, že biologičtí rodiče poskytují vejci teplo kontaktem spíše než obklopením vejce teplým vzduchem. To nemusí být na první pohled znatelné, ale důležité výzkumné studie prováděné J. Scottem Turnerem z univerzity v New Yorku a univerzity v Kapském městě odhalily rozsáhlé a nečekané rozdíly v teplotním chování vajec zahříváných kontaktem a vajec zahříváných prouděním vzduchu. Stěžejní je, že vejce v inkubátorech s prouděním vzduchu mají téměř stejnou teplotu po celém inkubátoru. Může zde nastat zvýšení embryonální teploty ke konci inkubace jako výsledek zvýšeného metabolismu. Na rozdíl od přírodně chovaných vajec mají vejce chovaná v inkubátoru jinou teplotu. Teplo vstupuje do vejce přes relativně malé krevní „záplaty“, které jsou proto teplejší než jakákoliv jiná oblast ve vejci a ztrácí se z většiny zbývající skořepiny, která je chladnější.

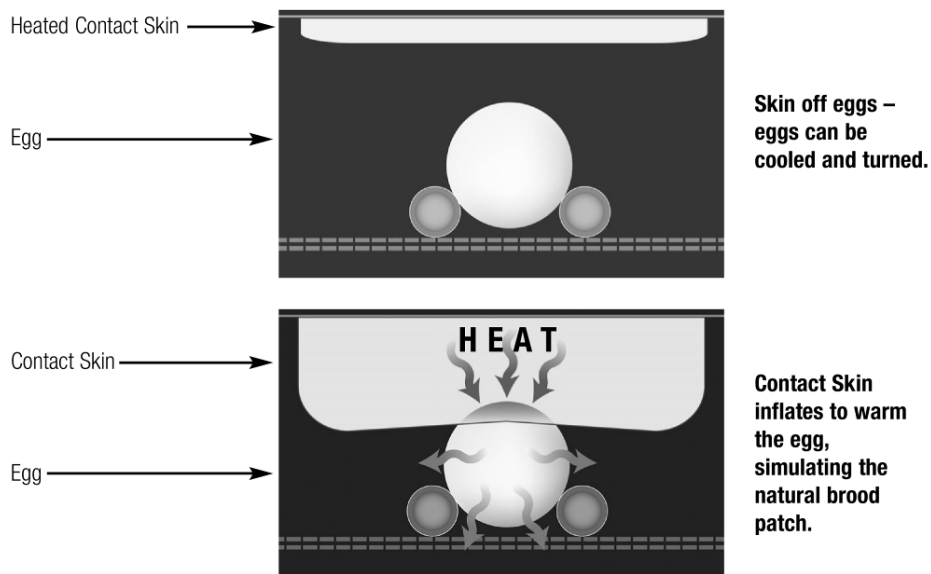
V souvislosti s prokázaným pohybem žloutkového váčku při postupujícím rození byly shledány jisté teplotní změny. Ty překvapivě mohou vysvětlovat drobné rozdíly mezi přirozenou a umělou inkubací.

Navíc vejce v přírodě jsou určitě vystavená cyklu zahřívání a chladnutí spojené s ventilací jak rodiče kuřátka opouštějí hnízdo, aby se nakrmili a bránili teritorium.

Kontaktní inkubátor by měl být vnímán jako nahrazení přírodního ptačího hnízda. Víko s připojenou kůží napodobuje funkce rodičovské inkubace; poskytující teplo kontaktem na vrcholu vejce, ale také zařízení, které pravidelně otáčí vejce a přitom způsobí pravidelný příliv čerstvého vzduchu po způsobu zvedání ptáka opouštějícího hnízdo. Kůže je jemně ale pevně přitisknuta proti vejším nízkým podtlakem, což napomáhá dobrému vedení tepla.

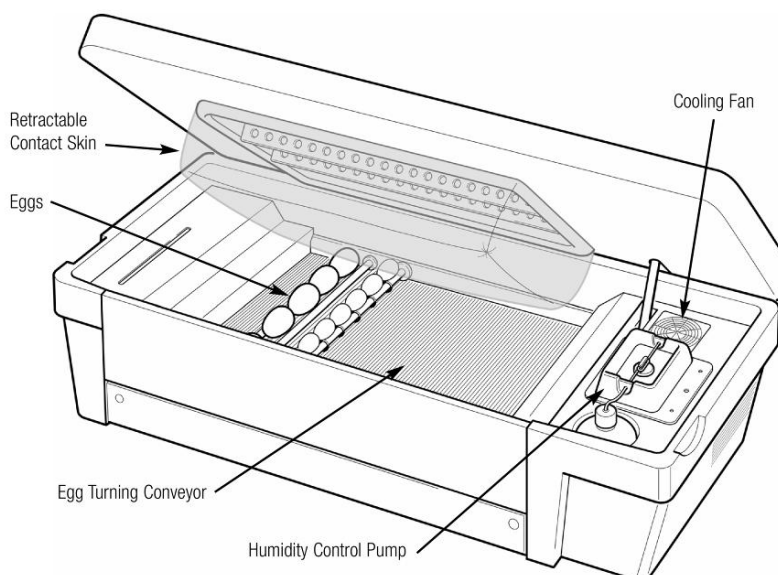
Vaječná komora je náhradou za hnízdo v poskytování bezpečnosti, chráněného prostředí pro vejce se zajištěním vzduchu, který je přiveden přes vaječný materiál, což umožňuje provozovateli vykonávat kontrolu nad mírou větrání vajec. Hnízda rozdílných druhů mají velmi rozdílné charakteristiky, zejména s ohledem na propustnost plynu. To zase ovlivňuje ztrátu vody z vajec, takže je nezbytné upravit množství materiálu

v hnízdě. Kde je to vyžadováno, dodatečná vlhkost vody je uvedena do vaječné komory automaticky. Ideální kombinace materiálu v hnízdě a nastavení vlhkosti je nejlépe určeno zvážením vajec a sledování ztráty váhy. Vaječná komora není přímo vyhřívána.



Obrázek 11 Kontaktní líheň - vaječná komora [1]

Vaječná komora také poskytuje kvalitní zajištění automatického otáčení vajec různých velikostí. Otáčení vajec se shoduje s přemístěním kůže a umožňuje programování pravidelného nebo náhodného otáčení.



Obrázek 12 Kontaktní líheň - celkový pohled [1]

4.5 Konstrukční požadavky pro úspěšné vylíhnutí

TEPLOTA

Přesná inkubační teplota je nejdůležitější požadavek pro úspěšné vylíhnutí kuřat. Dokonce i nepatrné teplotní rozdíly mohou ovlivnit rychlost vyklubání. Tyto rozdíly se zdají být méně významné na vejce v kontaktním inkubátoru. Proces růstu a vývoje embrya je velmi citlivý na teplotu a i malá odchylka může způsobit, že bude proces vývoje postupovat mimo pořadí a může způsobit deformace. Základní návrh inkubátoru počítá s maximální možnou odchylkou od požadované teploty $\pm 0,25$ °C v průběhu líhnutí a $\pm 0,25$ °C v průběhu skladování.

Nejcitlivější na teplotu z celého embrya je vaječné centrum, proto je velice důležité, aby byl inkubátor správně nastaven a to zejména u stálovzdušných inkubátorů. Tyto inkubátory mají teplotní rozdíly od vrchu po dno, proto musí být čidlo teploty umístěno co nejbližší vršku vejce. Tam musí být teplota o trochu vyšší, než je průměrná teplota použitá v inkubátorech s nuceným prouděním.

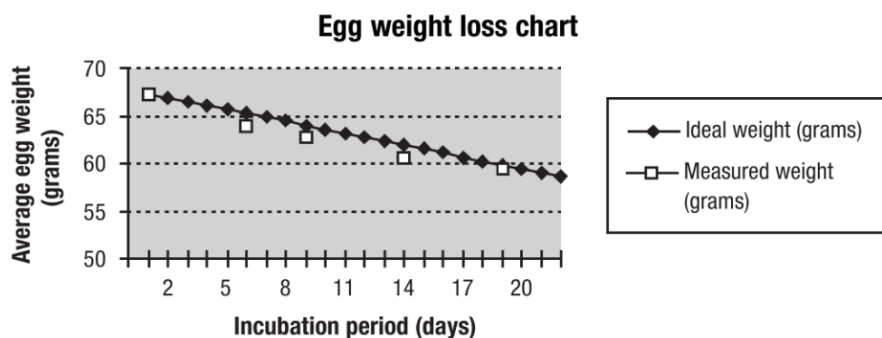
VLHKOST

Udržení konstantní vlhkosti je pro embrya méně kritické než teplota. Ideální ztráta hmotnosti vejce v průběhu líhnutí je 13 až 15 %. Nedodržení poměrně široké tolerance vlhkosti může vést k poruchám vývoje a vlastního procesu líhnutí.

Úbytek váhy vajec závisí na typu vajec, ventilaci a otáčení vajec. Jsou dvě vodítka, která pomohou určit správnou vlhkost.

Prvním vodítkem je vzdušná buňka. Při správné vlhkosti vzdušná buňka klesá, jak inkubace pokračuje. Pro sledování vzdušné buňky je nutno vejce prosvítit.

Dalším ukazatelem je ztráta váhy. Když vejce zvážíme před uložením a zvážíme ho také v průběhu inkubace, zjistíme, jaká průměrná váha byla ztracena. Naměřené hodnoty zaneseme do grafu a jeho vyhodnocením kontrolujeme váhový pokles během líhnutí. Vlhkost může být přizpůsobena během inkubační periody podle grafu avšak v příslušný čas. Obecně platí, že pokud je skutečná hmotnost nižší než ideální, je potřeba vlhkost zvýšit.



Obrázek 13 Graf závislosti hmotnosti vejce na inkubační době [1]

Kvalitní inkubátory mají přístroje pro nastavení vlhkosti. Existují dva kontrolovatelné faktory, které mají vliv na úroveň vlhkosti. Jedná se o objem odpařované vody a množství nasávaného vzduchu, při čemž platí, že úroveň sání je úměrná vnitřní vlhkosti. Objem vody lze navýšit pomocí vhodné odpařovací vložky, nebo savého papíru.

Pro přesné řízení vlhkosti je velmi důležitý vliv prostředí, ve kterém je inkubátor umístěn. Pokud je okolní vlhkost vzduchu nízká, je potřeba, aby byla vlhkost v inkubátoru navýšena a opačně. Dále platí, že studený vzduch neudrží tolik vodní páry, takže pokud se zahřeje studený vzduch, úroveň vlhkosti bude velmi nízká.

Péče o bezchybný provoz inkubátorů zahrnuje tedy i péči o vnější prostředí včetně sezónních výkyvů vlhkosti. Existují i takové triky, kdy se částečně odstraňují dílky skořápky, nebo se skořápka potahuje izolační páskou, ke snížení ztrát vody.

Další doporučení se týkají konečné fáze líhnutí, kdy vzhledem k možnému rychlému vysoušení membrán, je třeba zvýšit vlhkost. Zkušenost říká, že vlhkost by měla ve finále být min. 60 % RH.

OTÁČENÍ

Jak se embryo ve žloutku vyvíjí, část žloutku se stává lehčí a vznáší se nahoru. Je-li poté, co se vejce pohne, embryo směrem dolů, způsobí to, že se bude žloutek otáčet doprostřed tenkého bílku, dokud nebude opět nahoře.

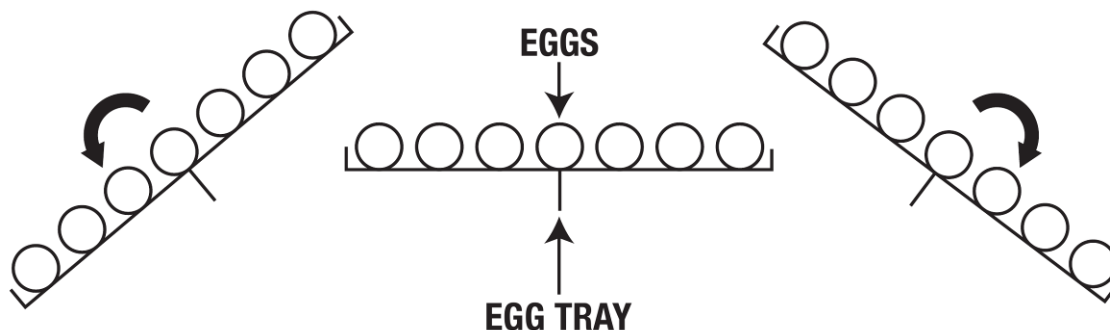
Žloutek je držen v poloze strukturou zvanou chaláza a také membránami. Má stále tendenci plout nahoru, deformovat vnitřní membrány, a pokud by nedocházelo k otáčení vejce, žloutek by se nakonec dotkl a přilepil k membránám skořepiny a došlo by k uhynutí embrya.

Při otáčení vejce je embryo zahrnováno čerstvými živinami, které umožňuje embryo vyvíjet se. Nejkritičtější je první týden, kdy ještě nemá embryo vyvinutý krevní oběh. Po prvním týdnu vejce stále potřebuje být otáčeno ale už ne tak často. Režim otáčení je rozdílný podle ptačích druhů a altriciální (závislá na mateřské péči) potřebují být otáčena častěji než prekociální (nezávislá na mateřské péči).

V inkubátoru jsou čtyři typy otáčecího mechanismu:

a) naklápěcí mechanismus

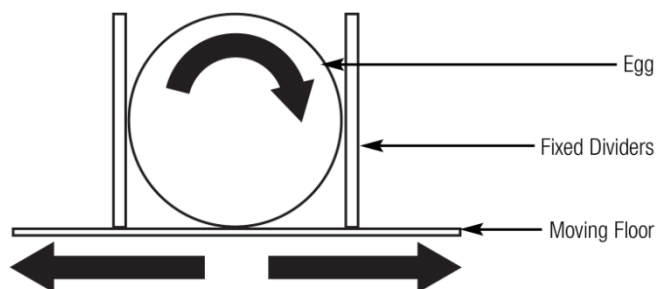
Většina komerčních inkubátorů je opatřena plastovými zásobníky na vejce, které udržují vejce vertikálně, užším koncem dolů. Zásobník je pak nakloněn o 40 °, buď na jednu, nebo druhou stranu, horizontálně (celkový úhel 80 °) v předem stanovených intervalech, například každou hodinu. Tato metoda funguje výborně u drůbeže, a je velmi výkonná a funkční u komerčních inkubátorů. Každopádně je to i tak velmi rozdílné od přírodního procesu. Proto je tato metoda vhodná pro drůbež, ale ne tak dobrá pro divoké nebo altriciální ptáky.



Obrázek 14 Mechanismus otáčení vajec – naklápěcí [1]

b) pohybující se podlaha

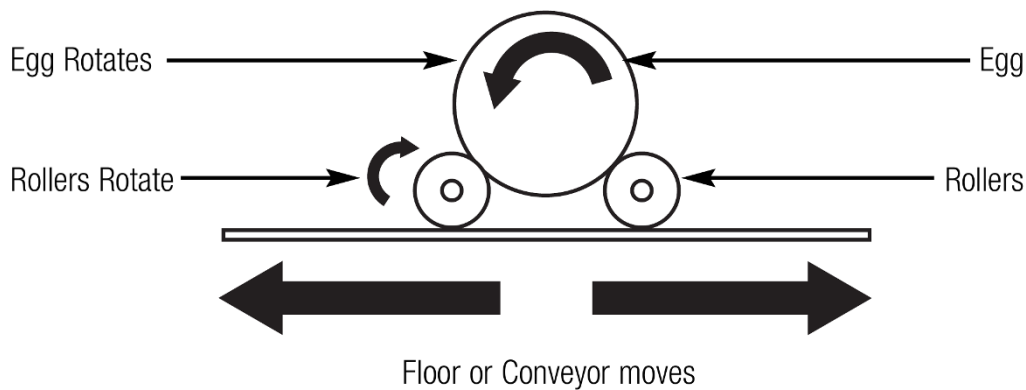
Využívají se v některých menších inkubátorech, kde není potřeba mít tolik vrstev. Vejce leží na vodorovné podlaze nebo na pásovém dopravníku, který se pohybuje ze strany na stranu. Vejce jsou omezena v příčném pohybu pevnými přepážkami tak, aby se vejce nekoulela. Tento druh systému je vhodný pro vejce, která jsou poměrně symetrická, například kachní vejce, ale špičatější vejce mají tendenci se shlukovat.



Obrázek 15 Mechanismus otáčení vajec - pohybující se podlaha [1]

c) Válečky

Válečky pracují tak, že jsou otáčeny pohybující se podlahou. Vejce jsou položena na válečcích, které jsou umístěny na pohybující se podlaze.



Obrázek 16 Mechanismus otáčení vajec – válečky [1]

d) Koryta nebo kanálky

Půlkruhové naklápěcí kanálky jsou používány pro obrácení velmi malých vajec, jako jsou například křepelčí.

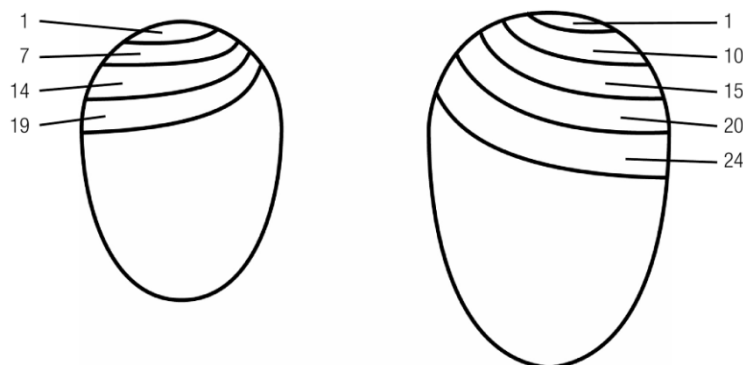
5 Kontrolování vajec a líhně

Tato kapitola včetně obrázků byla přeložena z anglického originálu [1].

Vajíčka musí být v průběhu celé inkubace sledována, aby byl zjištěn a kontrolován správný vývoj embrya. Jde o dvě základní metody kontroly a to: prosvěcování a měření vlhkosti včetně váhového deficitu.

5.1 Prosvětlení

Prosvěcovací lampy jsou světla s koncentrovanými paprsky, které mohou projít skrz skořápku vejce a osvětlí vaječný obsah. To umožňuje určit velikost vzduchové komory, tedy prostoru, který vede ke snížení váhy. V případě, že je vzduchová komora větší než se očekávalo, je ztraceno mnoho vody a musí být zvýšena vlhkost v inkubátoru, aby se ztráta vody snížila. Pokud je vzduchová komora menší, než se očekávalo, následuje opačný postup.

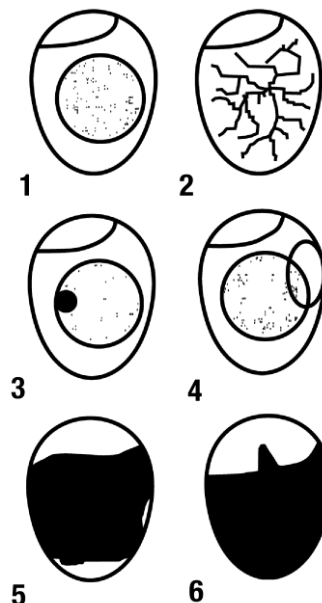


Obrázek 17 Rozsah a rozvoj vzduchové komory v průběhu inkubace u slepičího a krůtího vejce [1]

Prosvícení zároveň umožňuje sledovat vývoj vajec, takže vajíčka, která jsou neoplozená nebo uhynula, mohou být bezpečně odebrána z inkubátoru.

1. prosvícené v 1/3 inkubační doby - jasné, čisté = pravděpodobně neplodné nebo mrtvé;
2. prosvícené po 1/3 inkubační doby - s červenými cévami = vyvíjející se;

3. prosvícené po 1/3 inkubační doby - červené nebo černé zbarvení = předčasná smrt;
4. prosvícené po 1/3 inkubační doby - embryo s červeným krevním kroužkem = brzká smrt;
5. prosvícené v 1/2 nebo ve 2/3 inkubační doby - tmavý obrys se špatně definovanými detaily = pozdní smrt;
6. prosvícené ve 3/3 inkubační doby - živé embryo se zobáčkem ve vzdušném váčku = vyklube se během 24 až 48 hodin.



Obrázek 18 Prosvěcování během inkubace [1]

5.2 Měření vlhkosti a ztráty váhy

Vlhkost v inkubátoru může být měřena dvěma způsoby: vlhkým teploměrem nebo vlhkoměrem. V obou případech je vyžadován průtok vzduchu, takže tato zařízení neposkytují přesné výsledky ve stálolvzdušných zařízeních.

Vlhký teploměr využívá systému dvou teploměrů, z nichž jeden má vlhký bavlněný knot obklopující hlavičku teploměru a druhý konec knotu je umístěn ve vodním zásobníku. Voda se odpařuje z knotu a tím pomalu ochlazuje hlavičku teploměru. Čím nižší vlhkost ve vzduchu okolo hlavičky, tím vyšší míra odpařování a tím vyšší ochlazující efekt.

Relativní vlhkost (vždy vyjádřena procenty) se vztahuje na rozdíl mezi měřením suchým a vlhkým teploměrem. Následující tabulka ukazuje teploty vlhkého teploměru, které se vztahují k procentuální relativní vlhkosti (údaje předpokládají suché teploty okolo 37,5 °C).

RH level (%)	WB Temp °F	WB Temp °C
20	69.1	20.6
25	71.6	22
30	74.1	23.4
35	76.5	24.7
40	78.8	26
45	80.8	27.1
50	82.9	28.3
55	84.9	29.4
60	86.7	30.4
65	88.5	31.4
70	90.1	32.3
75	91.9	33.3
80	93.6	34.2
85	95	35
90	96.6	35.9
95	98.1	36.7
100	99.5	37.5

Obrázek 19 Tabulka teploty vlhkého teploměru vůči procentům relativní vlhkosti [1]

Vlhkoměry jsou elektronické nebo mechanické přístroje, které měří vlhkost na principu fyzikálních změn látek. Vlasové vlhkoměry mají ručičku připojenou na jemné vlákno z materiálu, který mění délku v závislosti na vlhkosti a pohybuje ručičkou po stupnici. Elektronické vlhkoměry měří změny v elektrickém odporu pomocí malého čipu, který je citlivý na vlhkost materiálu. Jsou přesnější než mechanické vlhkoměry.

Ideální úroveň vlhkosti pro vajíčka, která může mít dopad na změnu tloušťky skořápky a pórovitosti, je nejlepší sledovat podle kontrolování váhových ztrát.

Vypočítávání váhové ztráty

Jestliže nebyla hmotnost vejce změřena při pokládání, je možno ji odhadnout pomocí tohoto vzorce:

$$\check{CP} = d \times \check{s}^2 \times k_1$$

Vzorec 1

S použitím hmotnosti čerstvě položeného vejce a procentuální ztráty hmotnosti doporučené pro určitý druh může být vypočítaná denní ztráta hmotnosti:

$$Z_d = \frac{\check{C}P \times Z_p}{DV}$$

Vzorec 2

Někteří chovatelé preferují použití změny hustoty jako měření míry ztrát vody z vajec.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Vzorec 3

$$V = d \times \check{s}^2 \times k_2$$

Vzorec 4

Odhadovaná změna ve vaječné hustotě

$$\rho_z = \frac{\rho(t_1) - \rho(t_2)}{t_2 - t_1}$$

Vzorec 5

Použité značky:

ČP	hmotnost čerstvě položeného vejce	[g]
DV	počet dnů do vylíhnutí	[]
ρ_z	změna ve vaječné hustotě	[]
Z_d	denní ztráta hmotnosti vejce	[g]
Z_p	požadovaná procenta ztráty na vyloučení	[%]
d	délka vejce	[cm]
š	šířka vejce	[cm]
k_1	koeficient 1	0,548
k_2	koeficient 2	0,51
V	objem vejce	[cm ³]
ρ	hustota vejce	[g/cm ³]
m	hmotnost vejce	[g]
t	čas	[min,h,den]

6 Ukázka běžně dostupných líhní

6.1 Poloautomatické líhně s nuceným prouděním

6.1.1 Líheň Real 24

Digitální poloautomatická líheň vhodná pro líhnutí drůbeže. Má poloautomatické otáčení vajec (vejce se otáčejí všechna současně manuálním přetočením páčky), nemá automatickou kontrolu vlhkosti.

Digitální kontrola teploty má jednoduché ovládání s přesností 0,1 °C. Používá proporcionální termostat a teplota je tedy velmi stálá. Rozvrstvení teploty od středu ke krajům je 0,5 °C. Unikátní jsou u Realu 24 patentované lísky, na nichž lze současně umístit vejce různých velikostí a lísky není nutné nijak měnit nebo nastavovat.

Kapacita této líhně je 24 slepičích, husích nebo kachních vajec a 96 vajec křepelčích.

Cirkulace vzduchu je realizována ventilátorem, vlhkost je udržována doplňováním vody do nádržek v základně. Dolévá se z venku.

Spotřeba energie je průměrně 45 W (max. 90 W).

Cena tohoto typu líhně je cca 4 800 Kč.



Obrázek 20 Celkový pohled na líheň Real 24 [4]



Obrázek 21 Vnitřní stavba líhně Real 24[4]

6.1.2 Líheň Brinsea Octagon 20

Tento model Brinsea je v líhňářství dost oblíbený, přičemž kapacita je 24 slepičích, 9-12 husích, 20 kachních a 60 křepelčích vajec.

Digitální displej teploty má mechanicky nastavitelné limity a je doplněn příslušnými alarmy.

Vlhkost opět monitoruje displej a je udržována doplňováním vody do dvou nádržek. Vzduch uvnitř cirkuluje pomocí ventilátoru a součástí konstrukce je i uzavíratelný ventilační otvor. Výrobce umožňuje doplnění tohoto modelu externím čerpadlem a líheň je poté kontrolována plně automaticky.

Tělo líhně je vyrobeno z kvalitního ABS plastu, snadno se čistí.

Spotřeba energie tohoto typu líhně je průměrně 25 W (max. 45 W).

Cena tohoto typu líhně je cca 5 500 Kč.



Obrázek 23 Celkový pohled na líheň Octagon 20 [3]



Obrázek 22 Vnitřní stavba líhně Octagon 20 [3]

6.2 Plně automatické líhně s nuceným prouděním

6.2.1 Brinsea OvaEasy 190 Advance

Skříňová líheň s osvědčeným systémem kontroly teploty a s možností dalšího rozšíření o modul pro automatickou kontrolu vlhkosti a automatickým chlazením vajec. Součástí líhně je i integrovaná dolíheň.

Kapacita líhně je cca 192 slepičích vajec, včetně 48 vajec v dolíhni.

Teplota je kontrolována na digitálním displeji s možností nastavení požadované teploty. Čtyři ventilátory zajišťují rovnoměrnou teplotu v celém prostoru líhně. Tělo líhně je výborně izolováno a dveře jsou dvojitě glazovány.

Digitální displej také zobrazuje aktuální vlhkost v líhni. Vlhkost se udržuje doplňováním vody do nádržky v základně.

Systém otáčení vajec v této líhni je plně automatický, s možností vlastního naprogramování.

Spotřeba energie je průměrně 100 W (max. 200 W).

Cena této líhně je cca 21 000 až 24 000 Kč v závislosti na vybavení.



Obrázek 24 Líheň OvaEasy 190 Advance [3]

6.3 Plně automatické kontaktní líhně

6.3.1 Brinsea Contaq Z6

Revoluční inkubátor pro těžko líhnutelná vejce, která svou konstrukcí a způsobem fungování napodobuje přirozený proces líhnutí. Ohřívá vejce vzduchovým polštářem naplněným teplým vzduchem, který nasedá na vejce.

Kapacita je cca 60 slepičích vajec.

Teplota i vlhkost je zobrazena na digitálním displeji s možností nastavení, obě veličiny jsou kontrolovány zcela automaticky.

Otáčení vajec v této líhni je automatické, programovatelné včetně nastavení úhlu otočení vejce. Vejce otáčí na principu posuvného pásu.

Líheň umožňuje naprogramovat také ochlazování vajec - v nastaveném intervalu se vzduchový polštář vyfoukne a simuluje tak samici, která opouští hnízdo.

Tento produkt lze připojit zároveň do zásuvky i na baterii, jako zálohu v případě přerušení dodávky elektřiny.

Dvojitý vzduchový filtr umožňuje její použití i jako dolíheň po vylíhnutí kuřat.

Spotřeba energie je průměrně 60 W (max. 110 W).

Cena tohoto typu líhně se pohybuje okolo 65 000 Kč.



Obrázek 26 Líheň Contaq Z6 [3]



Obrázek 25 Líheň Contaq Z6 - vnitřní stavba [3]

7 Návrh a stavba líhně

7.1 Popis konstrukce

Vnější konstrukce líhně se skládá ze dvou základních částí: líhniště a ovládací skříně (viz. příloha E - Fotografie vyhotovené líhně).

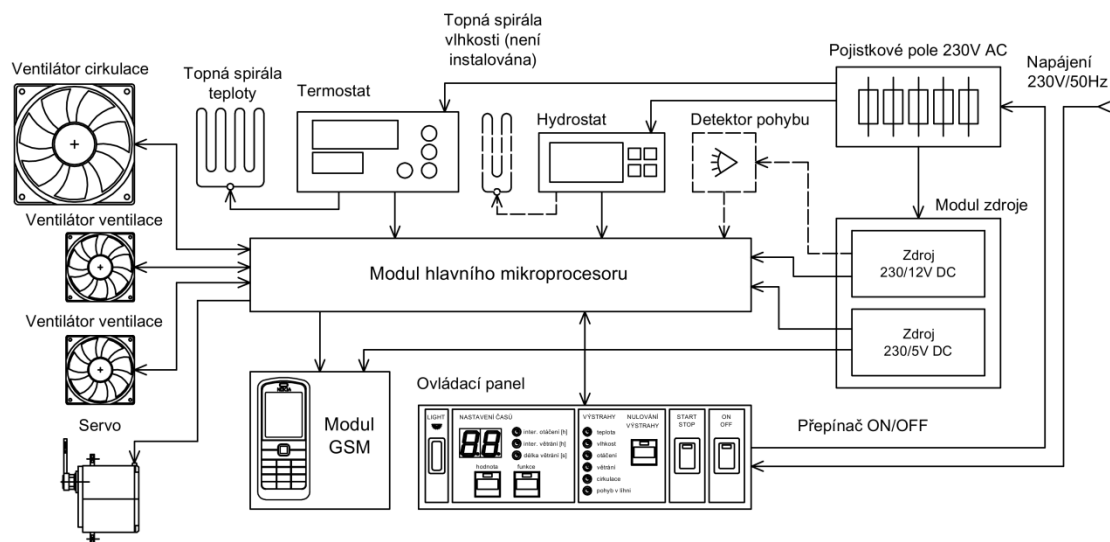
Líhniště je vyrobeno z průsvitného plastového boxu o rozměrech 32 x 38 x 58 cm s pevným víkem. Ve spodní části (líhništi) je umístěna konstrukce držáku a obraceče vajec. Ten je tvořen pěti plastovými výlisky, ve kterých jsou otvory určené k usazení vajec do jedné řady. Tyto výlisky jsou zasazené vedle sebe do plastového držáku, jehož část je pomocí táhla připojená k servomotoru, který zajišťuje polohování vajec během procesu líhnutí. Obraceč je obklopen plastovými přepážkami, jimiž je zajištěna správná cirkulace vzduchu v líhništi. Cirkulaci obstarává ventilátor, který je umístěn v horní přepážce nad obracečem vajec. Tento ventilátor odsává vzduch z prostoru vajec, k topné spirále, kde se vzduch ohřeje a poté je podél stěn vehnán do prostoru pod vejci, přes které se vrací opět k ventilátoru. Nad ventilátorem je umístěna topná spirála, která zajišťuje potřebný výkon k ohřátí prostoru líhně. Ve stejné výšce jako je obraceč jsou ve stěnách boxu umístěné dva ventilátory, které slouží k odvětrávání oxidu uhličitého a zároveň k přívodu čerstvého vzduchu do líhně. Kontrola teploty a vlhkosti uvnitř líhniště je prováděna dvěma nezávislými měřidly: mechanickým a digitálním. Mechanickou kontrolu provádí mechanický teploměr a vlhkoměr, které jsou umístěny v těsné blízkosti vajec. Digitální měřicí přístroje jsou umístěny v ovládací skříně a do prostoru vajec jsou přivedena pouze jejich čidla. Pro dosažení optimální vlhkosti v líhništi je dno boxu pokryto vrstvou vody. Její množství se mění v průběhu procesu líhnutí, kdy v každém stádiu je potřeba dosáhnout jiné hodnoty vlhkosti.

Jako vnější obal ovládací skříně je použita plastová rozvodná skřín s průhledným víkem pro domovní elektroinstalace. V této skříně je umístěna veškerá elektronika pro řízení chodu líhně. Pod odklopným víkem se nachází ovládací panel, ve kterém je umístěný termostat, hydrostat a ostatní ovládací prvky přístupné uživateli. Pod tímto

panelem se nachází modul GSM, modul řídicího mikroprocesoru a modul napájecích zdrojů.

7.2 Blokové schéma

Blokové schéma znázorňuje propojení všech elektronických součástí lůžně.



Obrázek 27 Blokové schéma vyhotovené lůžně

STRUČNÝ POPIS ZAPOJENÍ A FUNKCE JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ

Modul hlavního mikroprocesoru - je hlavní část řídicího mechanismu lůžně, který je spojen se všemi okolními zařízeními. Je napájen ze zdroje 5 a 12 V DC.

Pojistkové pole - je umístěno na vstupu přívodu elektrické energie, hned za vypínačem, přes samostatné výstupy je z něho napájen termostat, hydrostat a dva impulsní zdroje.

Termostat - jedná se o samostatnou řídicí a měřící jednotku, ke které je připojena topná spirála pro vyhřívání lůžně. Jeho výstup (alarm) je přiveden do hlavního řídicího modulu. Napájen je z pojistkového pole 230 V AC.

Hydrostat - jde o samostatnou řídicí a měřící jednotku, ovšem pro účely lůžně je využita pouze měřící část a alarm, který je přiveden do hlavního řídicího modulu. Napájen je z pojistkového pole 230 V AC.

Modul GSM - je připojen na výstup modulu mikroprocesoru a jeho napájení je zajištěno ze zdroje 5 V DC.

Ventilátory - jsou připojeny a řízeny z modulu hlavního mikroprocesoru, odkud jsou i napájeny 12 V DC.

Servo - je připojeno k modulu hlavního mikroprocesoru, odkud je řízena jeho činnost a přivedeno napájecí napětí 5 V DC.

Klávesnice - jde o lidské rozhraní, které obsahuje prvky potřebné pro ovládání líhně. Její součástí jsou tlačítka, kontrolky, vypínače a dvousegmentový zobrazovací displej. Je připojena do modulu hlavního mikroprocesoru, odkud je i napájena 5V DC.

Zdroj 230/5 V DC - jedná se o impulsní zdroje o jmenovitém výstupním proudu 2A, který napájí modul hlavního mikroprocesoru, modul GSM a klávesnici.

Zdroj 230/12 V DC - jedná se o impulsní zdroje o jmenovitém výstupním proudu 1,5A, který napájí ventilátory a detektor pohybu.

Topná spirála teploty - je připojena k jednotce termostatu, kterou je i řízena. Její pracovní napětí je stejné jako termostatu, tedy 230 V AC.

SOUČÁSTI LÍHNĚ, KTERÉ JSOU V NÁVRHU, AVŠAK ZATÍM NEBYLY INSTALOVÁNY

Topná spirála vlhkosti - je připojena k jednotce hydrostatu, kterou je i řízena. Její pracovní napětí je stejné jako napětí hydrostatu, tedy 230 V AC. Spirála nebyla do líhně zakomponována z důvodu řešení regulace vlhkosti jiným způsobem.

Detektor pohybu - jedná se o samostatnou jednotku, jejíž výstup je připojen do modulu hlavního mikroprocesoru a jeho napájení zajišťuje zdroj 12 V DC. Tento modul sloužící k monitorování pohybu uvnitř líhně, nebyl z důvodu již tak velké obsáhlosti této práce do líhně instalován a jeho funkce nebude v této práci dále řešena. Příprava pro jeho instalaci je v práci zahrnuta.

8 Popis hlavních částí vyhotovené líhně

8.1 Termostat

Pro regulaci teploty uvnitř líhně je použit digitální termostat Comfort TS-700TS, který je primárně určen pro zařízení, kde je velmi důležitá vysoká přesnost. Na rozdíl od standardního termostatu, který pouze spíná a vypíná v závislosti na teplotě, termostat Comfort počítá také například s teplotní



Obrázek 28 Termostat Comfort TS-7000TS [4]

setrvačností topného tělesa pomocí tzv. proporcionálního řízení (PID). Tento termostat tedy například nevypne ohřívání až při dosažení 100 % nastavené teploty, ale vypne ohřev těsně před tím a tím nedojde k přetopení líhně, jak se často stává při použití klasického termostatu. Termostat Comfort je od výrobce přednastaven na standardní podmínky. Všechna nastavení však mohou být upravena a dle potřeby uživatele změněna. Nejdůležitějšími hodnotami pro správnou funkci jsou P, I a D. Tyto hodnoty lze měnit manuálně, nebo pomocí funkce automatického ladění, kdy je termostat určí sám, podle konkrétního zapojení a podmínek.

Technické údaje:

- Typ snímacího senzoru: PT100
- Odchylka měření: $\pm 0.5 \% \text{ F.S} \pm \text{byte}$
- Interval měření 0.5 s
- Vstupní napětí: AC85V~242V, 50/60Hz
- Spínací prvek: triak BTA08-600B
- Topení s max. příkonem 400 W
- Pracovní teplota 0 - 50 °C, vlhkost $\leq 85 \% \text{ RH}$

Nabízené funkce:

- Nastavené teploty s přesností 0,1 °C.
- Zobrazení teploty ve °C, nebo °F
- Kalibrace teploty
- Manuální nastavení hodnot PID.
- Funkce automatického ladění.
- Alarm vysoké teploty.

8.2 Hydrostat

V líhni je použit panelový hydrostat Willhi WH8040. Jedná se o standardní hydrostat, který oproti použitému termostatu neřídí výstup regulace spojitě, ale pouze spíná a vypíná v závislosti na vlhkosti.

Vzhledem k našim klimatickým podmínkám a pro účely líhně, není nutno vlhkost regulovat hydrostatem, a proto výstup regulace nebyl použit. Hydrostat funguje pouze jako ukazatel vlhkosti s nastavenou funkcí alarmu. Regulace vlhkost uvnitř líhně je řešena odpařováním destilované vody ze dna líhně.

Technické údaje:

- Rozsah měření vlhkosti: 1 % - 99 %
- Rozsah ovládání vlhkosti: 1 % - 99 %
- Odchylka měřené vlhkosti: ± 3 %
- Senzor: NTC (10K /3435) a HM40
- Ovládací přesnost: 1 %
- Pracovní napětí: AC 220 V
- Spotřeba: < 2 W
- Kontakt relé: 5A AC / 220 V / 1100 W
- Pracovní teplota: 0 ~ 50 ° C
- Skladovací teplota: - 10 ~ 60 ° C
- Délka kabelu: cca. 1 metr
- Rozměry: 8.5 x 7.5 x 3.5 cm



Obrázek 29 Hydrostat Willhi WH8040

Nabízené funkce:

- Zvlhčovač / odvlhčovač
- Nastavení hystereze 1 % - 15 %
- Nastavení korekce
- Alarm

8.3 Zdroj tepla

Jako zdroj tepla byla v líhni použita topná spirála z odporového tantalového drátu, vyrobená na zakázku ve firmě, která se zabývá prodejem náhradních dílů do domácích spotřebičů. V řadě běžně prodávaných líhni se jako zdroj tepla používá topné těleso, které ale vzhledem k jeho tepelné setrvačnosti není pro tento účel příliš vhodné.

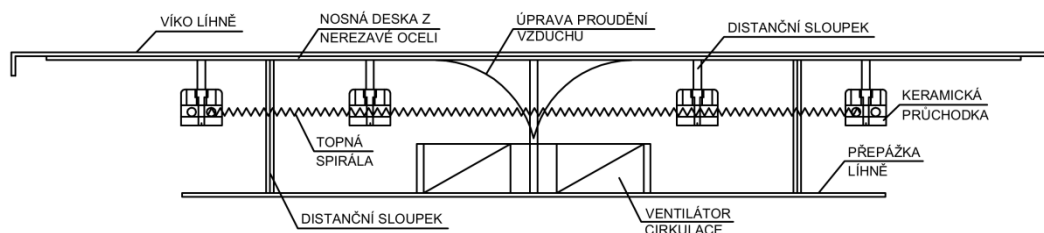
Pro uchycení spirály bylo použito osm distančních sloupků, na jejichž konci byla připevněna kostra keramická svorkovnice, otvorem v ní byla spirála vedena.

Zahřívání sloupků od topné spirály bylo měřeno a výsledky jsou umístěny v kapitole 10.3 Měření termokamerou.

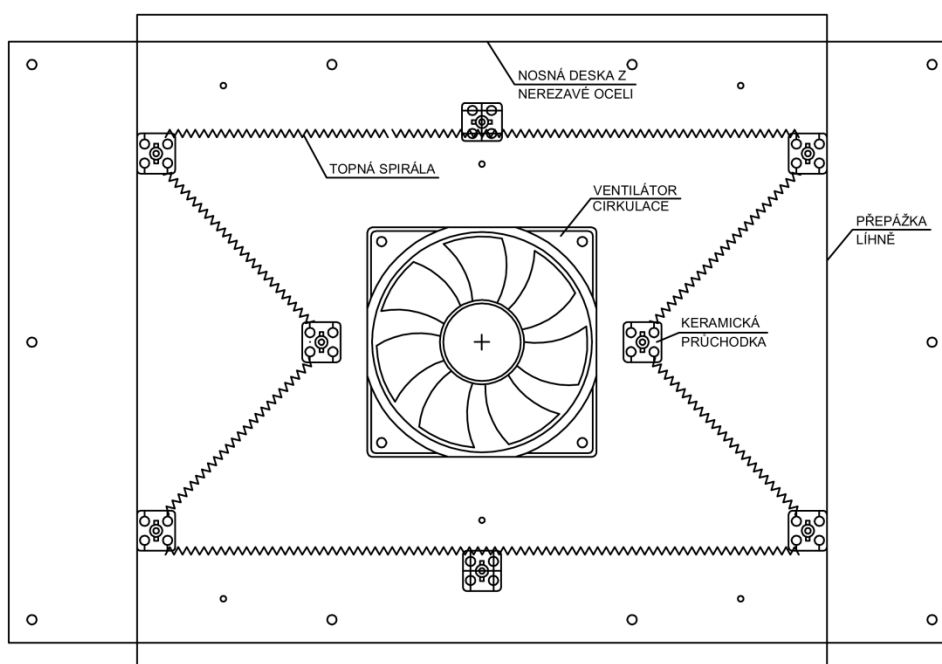
V chovatelské praxi se uvádí výkon topného tělesa 0,5 W na jedno slepičí vejce.

Technické údaje:

Výkon spirály 70 W, délka topné spirály 380 mm, délka v provozním stavu 1200 mm, průměr spirály 3,6 mm, délka vývodů 120 mm.



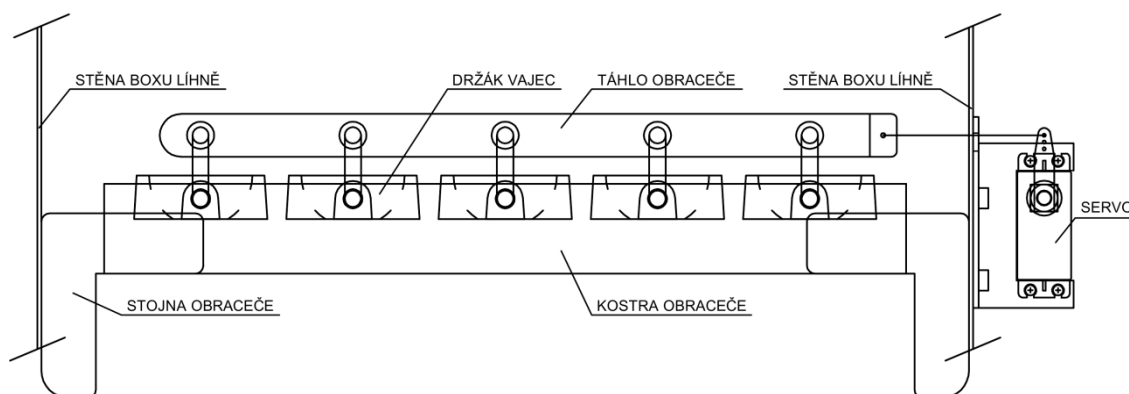
Obrázek 30 Umístění topné spirály na spodní straně víka líhně - pohled z boku



Obrázek 31 Umístění topné spirály na spodní straně víka líhně - pohled shora

8.4 Držák a obraceč vajec

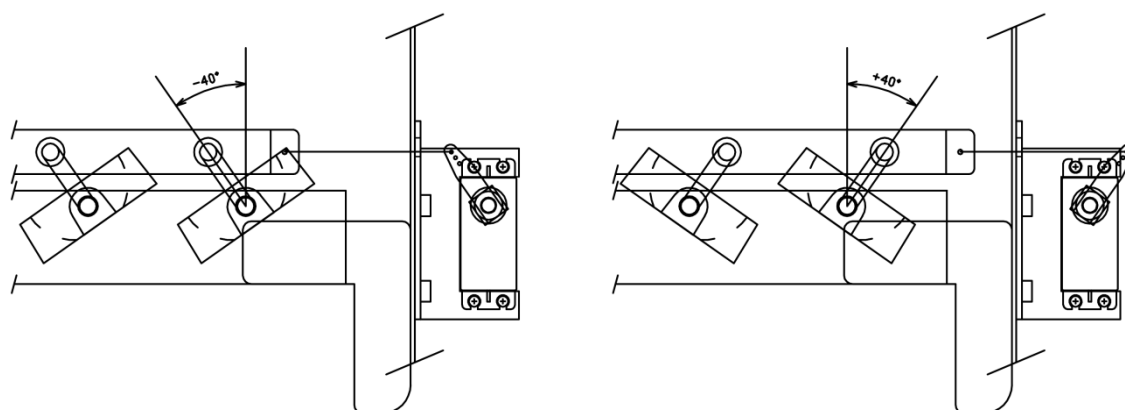
Jako držák a obraceč vajec byla použita sestava Little Giant Egg Turner, která byla upravena a zmenšena na rozměry boxu, vybavena potřebnými úchyty a doplněna o servomechanismus pro automatické otáčení polohování. Sestava obsahuje pět plastových palet pro uložení vajec, které lze měnit podle druhu lícnutého vejce.



Obrázek 32 Držák a obraceč vajec - střední poloha

KAPACITA DRŽÁKU

Při líhnutí slepic, kachen, či jiné drůbeže o stejné velikosti vajec je kapacita 5 x 7 vajec. Při líhnutí hus, jsou použita stejná plata, ale jejich rozestupy se zvýší, čímž dojde ke zmenšení počtu palet o jednu a kapacita bude tedy 4 x 7 vajec. Pokud se v líhni budou líhnout křepelky, použijí se jiná plata a kapacita vzroste na 5 x 20 vajec.



Obrázek 33 držák a obraceč vajec - krajní polohy

Na obrázku 32 je znázorněn mechanismus polohování vajec v obou svých krajních polohách, což je $\pm 40^\circ$ od svislé osy.

8.5 Pohon obraceče vajec

Pro polohování vajec bylo použito servo typu HS-311 značky HITEC. Jedná se o standardní a hojně využívanou verzi v modelářské technice.

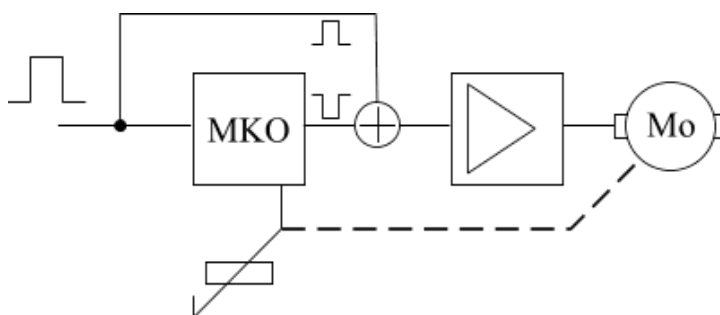
Modelářské servo jako takové, je krabička, která má na vstupu tři vodiče a jejímž výstupem je osa, která se otáčí v rozsahu 180°. Na vstupní vodiče je třeba připojit zem, + 5 V a řídicí signál. Servo v sobě obsahuje kromě vlastního motoru i převodovku a silovou elektroniku, díky které stačí pro jeho řízení generovat pouze logický řídicí signál.



Obrázek 34 Servo HS-311

POPIS ELEKTRONIKY SERVA

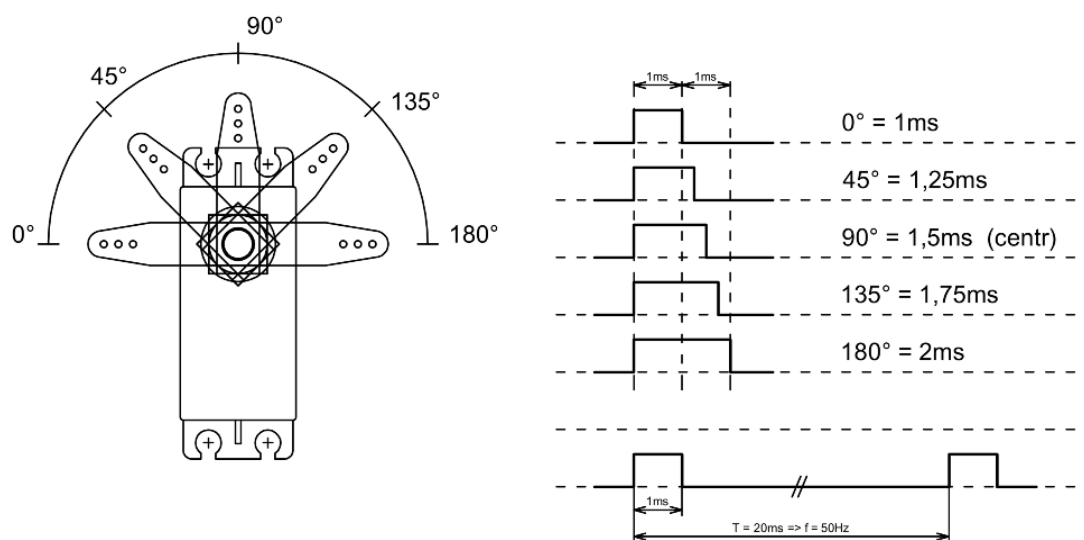
Na vstupu monostabilního klopného obvodu přichází řídicí impuls, který se porovnává s vygenerovaným impulsem odpovídajícím momentální poloze serva avšak opačné polarity. Tyto dva impulsy se porovnají a výsledný rozdílový impuls po zesílení způsobí roztočení elektromotoru jedním nebo druhým směrem. Elektromotor přes převodovku otáčí výstupní hřídeli a současně i potenciometrem, který působí jako zpětná vazba do monostabilního klopného obvodu. Směr otáčení je takový, aby se generovaný impuls monostabilního klopného obvodu svojí délkou přibližoval délce vstupního řídicího impulsu. Ve chvíli, kdy jsou oba impulsy stejně dlouhé, dojde k zastavení elektromotoru. Servo dosáhlo polohy, která odpovídá momentálně přijímanému řídicímu impulsu. Zjednodušené zapojení elektroniky je na blokovém schéma viz obr. 35.



Obrázek 35 Blokové schéma elektroniky serva

ŘÍZENÍ SERVA

Servomechanismus pracuje s kladnými řídicími impulsy o délce 1-2 ms. Délce impulsu 1,5 ms odpovídá střední poloha serva, 1ms je jedna a 2ms druhá krajní poloha. Tyto impulsy se opakují s frekvencí kolem 50 Hz. Pokud budou řídicí impulsy přicházet méně často, zpomalí se rychlost pohybu servomotoru. Mechanické provedení je takové, že servo je schopno pohybu v rozsahu o něco větším než 180 stupňů viz obr 36. Na koncích rozsahu pohybu je mechanické blokování, na což je potřeba dávat pozor, protože při dojetí na doraz se výrazně zvýší proud odebíraný servem a může dojít ke zničení elektroniky. Velikost impulsů je rovná velikosti napájecího napětí, což je 4,8 - 6 V.



Obrázek 36 Řídicí impulsy serva

Technické údaje serva HITEC HS-311:

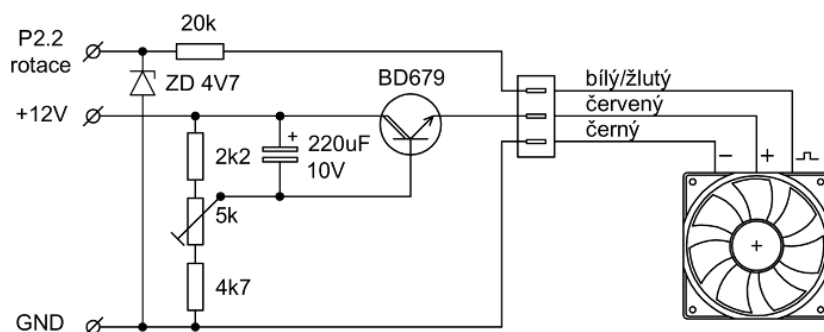
- Tah: 3,5 kg/cm
- Rychlost: 0,15 s / 60 st.
- Rozměry: 40x20x36 mm
- Vstupní napětí: 4,8 - 6 V
- Hmotnost: 43 g

8.6 Cirkulace vzduchu

Pro zajištění cirkulace vzduchu v líně, byl použit ventilátor Sunon o průměru 120mm s detekcí rotace, která je využita k dohledu chodu ventilátoru přivedením na vstupní port procesoru hlavního řídicího modulu a následným SW zpracováním. Tento ventilátor se uvede do chodu ihned po spuštění líně a po celou dobu líhnutí zůstává v provozu při konstantní rychlosti otáčení. Pro nastavení této rychlosti a tedy i průtoku vzduchu byl ventilátor připojen na jednoduchý řídicí obvod s tranzistorem BD 679 v běžném zapojení. Nastavení tohoto obvodu proběhlo během testování líně a nadále zůstalo neměnné.

Test vlhkosti a teploty udávaný výrobcem

Ventilátor je testován pro provoz v prostředí při vlhkosti do 90 % RH při teplotě $60\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.



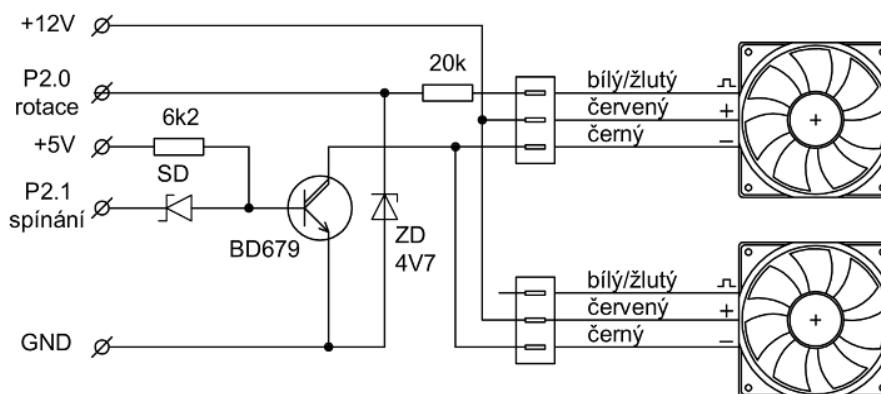
Obrázek 37 Schéma zapojení ventilátoru cirkulace

8.7 Ventilace vzduchu

Pro odvod oxidu uhličitého z líhně a přívodu čerstvého vzduchu, bylo použito dvou ventilátorů Sunon o průměru 40 mm, které jsou stejně jako u ventilátoru cirkulace vybaveny detekcí rotace. Ta je opět využita k dohledu chodu ventilátoru a přivedena na vstupní port procesoru hlavního modulu a následně SW zpracována. Na rozdíl od systému cirkulace vzduchu, u těchto ventilátorů není potřeba regulace otáčení, ale jeho spínání. To je řešeno pomocí obvodu s tranzistorem BD 679 a také přivedeno na vstupní port procesoru hlavního modulu. Rychlost ventilace je dána maximální rychlostí otáčení ventilátoru.

Test vlhkosti a teploty udávaný výrobcem

Ventilátor je testován pro provoz v prostředí při vlhkosti do 90 % RH při teplotě $60\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.



Obrázek 38 Schéma zapojení ventilátorů ventilace

8.8 Modul hlavního mikroprocesoru

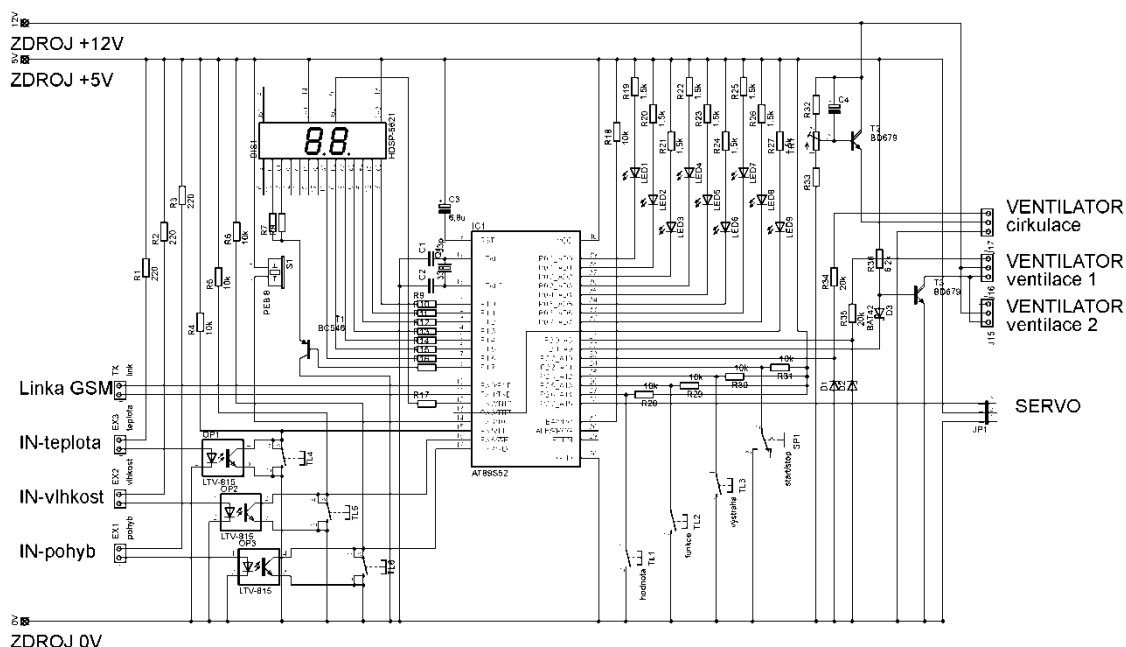
Modul hlavního mikroprocesoru řídí proces líhnutí a je jejím hlavním ovládacím prvkem. K modulu jsou připojena všechna elektronická zařízení v líhni. Na vstup modulu jsou připojeny: klávesnice uživatelského rozhraní, pomocí které se nastavují parametry líhnutí, modul GSM, do kterého odesílá hlášení o případné chybě, alarm ze samostatného regulátoru teploty, alarm z ukazatele vlhkosti a detektor pohybu (je-li připojen). Na výstup jsou k němu připojeny ventilátory ventilace, ventilátor cirkulace a servo polohování vajec, viz obr. 26.

8.8.1 Popis konstrukce modulu hlavního mikroprocesoru

Modul hlavního mikroprocesoru je osazen na univerzální jednostranné desce plošného spoje. Jako řídicí obvod tohoto modulu a tedy celé líhně byl zvolen 8-bitový mikroprocesor Atmel AT89S52. Tento procesor disponuje 32 vstupně/výstupními porty, které byly využity pro řízení a komunikaci s ostatními periferiemi.

Modul je napájen dvěma impulsními zdroji stejnosměrného napětí 5 V a 12 V, pomocí kterých jsou i dále napájeny ventilátory, servo, modul GSM a klávesnice.

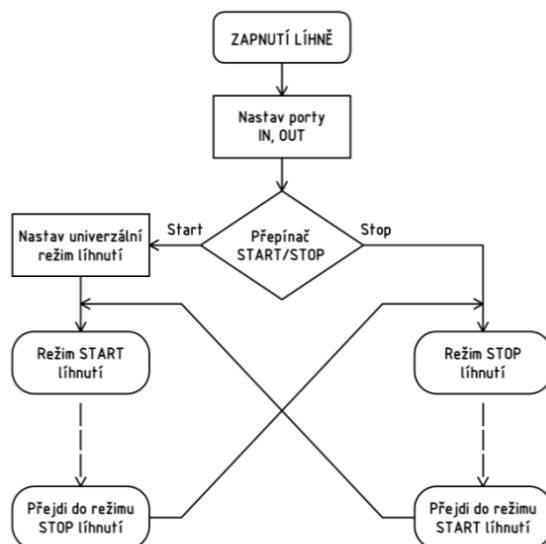
8.8.2 Schéma zapojení modulu hlavního mikroprocesoru



Obrázek 39 Schéma zapojení modulu hlavního mikroprocesoru

8.8.3 Vývojový diagram modulu hlavního mikroprocesoru

Pro popis funkce mikroprocesorů v líhni bylo použito čtyř vývojových diagramů. První tři diagramy popisují funkci mikroprocesoru v hlavním modulu a čtvrtý funkci mikroprocesoru v modulu GSM. Vzhledem k velikosti potřebné pro jejich zobrazení, byly diagramy patřičně zjednodušeny.

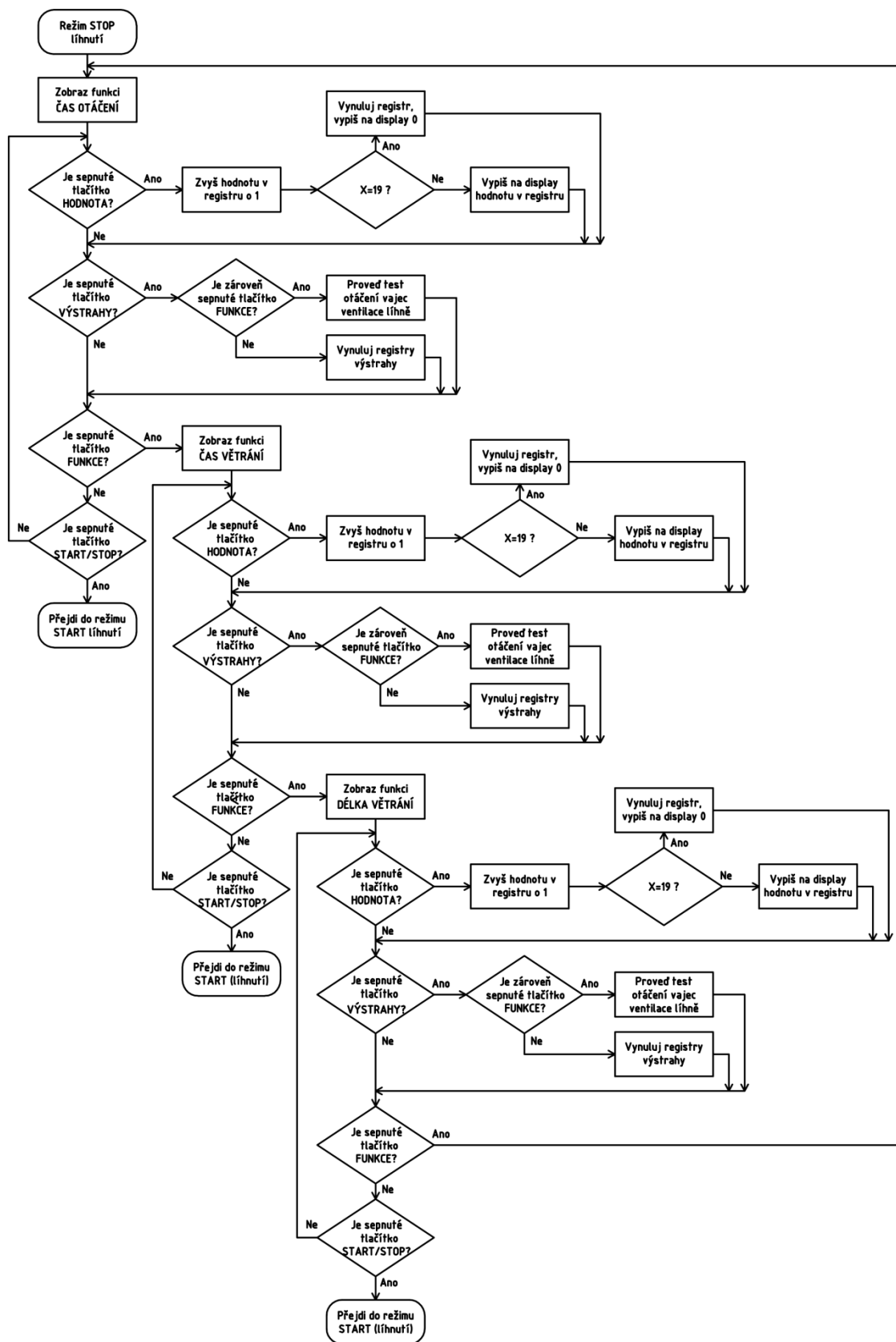


Obrázek 40 Vývojový diagram 1 - $\mu P1$ po zapnutí

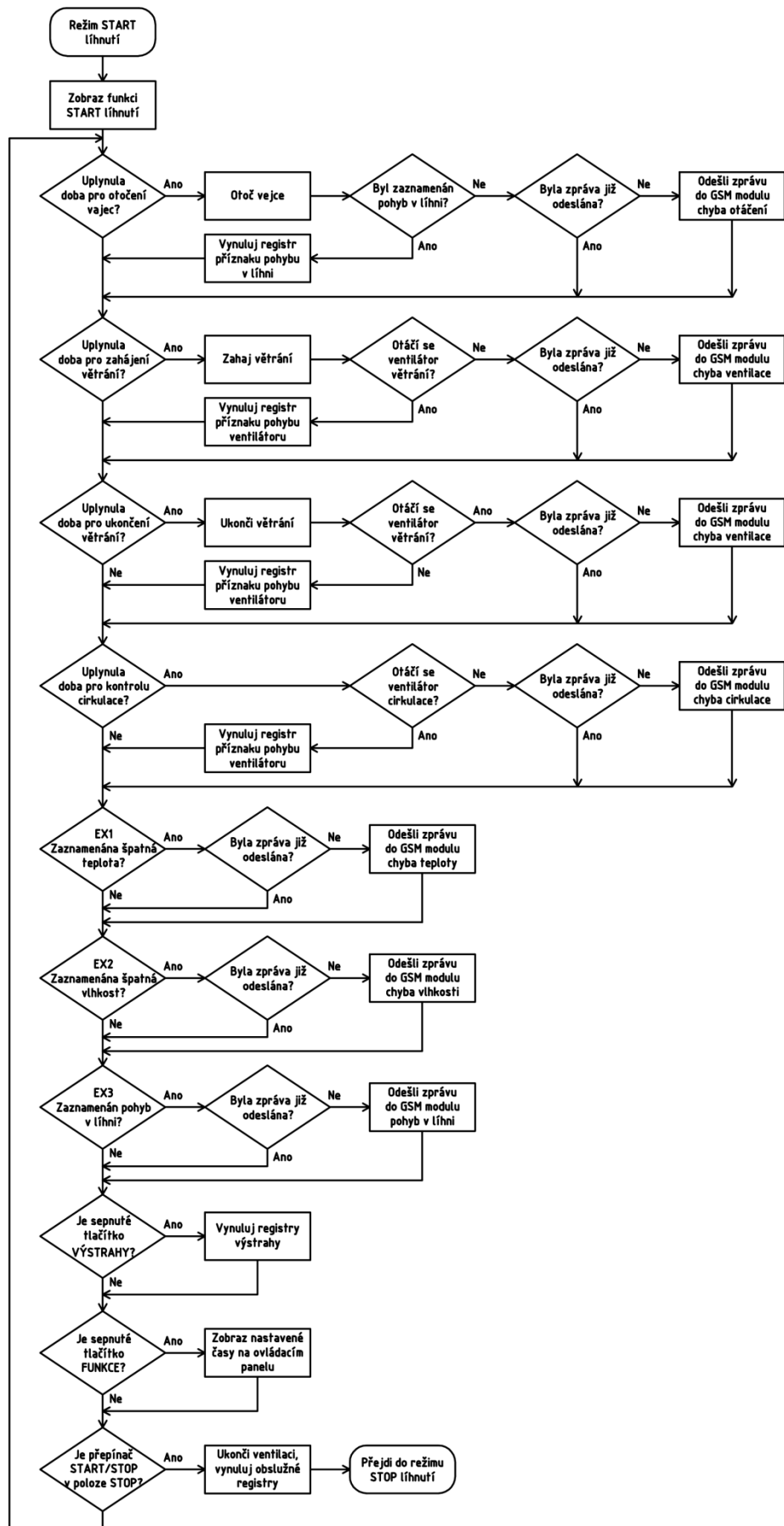
Vývojový diagram 1 - zobrazuje chování mikroprocesoru hlavního modulu (dále jen $\mu P1$). Po uvedení líhne do provozu přepínačem „ON/OFF“ dojde k nastavení vstupně/výstupních portů $\mu P1$. Poté, podle polohy přepínače „START/STOP líhnutí“ dojde k vstupu do režimu „START líhnutí“, nebo STOP líhnutí“. Tyto režimy jsou popsány ve vývojovém diagramu 2 a 3. Je-li líheň v době zapnutí nastavena do režimu „START líhnutí“ dojde před vstupem do tohoto režimu k nastavení univerzálních hodnot, což jsou hodnoty pro líhnutí drůbeže a zahájí se proces líhnutí. Viz obr. 40.

Vývojový diagram 2 - zobrazuje funkci režimu „STOP líhnutí“. Zde se program pohybuje ve třech smyčkách. Čas otáčení, Čas větrání a Délka větrání. Ve které smyčce se zrovna procesor nachází, lze zjistit pomocí rozsvícené signalizační LED diody u příslušné funkce na ovládacím panelu. Smyčky funkcí jsou totožné a přeskok mezi nimi zajišťuje tlačítko FUNKCE. Po skoku do jedné z nich, se procesor neustále dokola dotazuje, jestli nedošlo ke stisku některého z těchto tlačítek: HODNOTA, VÝSTRAHA, FUNKCE, nebo přepnutí přepínače START/STOP. Pokud ano provede příslušnou operaci, viz obr. 41. Podrobnější popis tohoto režimu se nachází v kapitole 9 (Popis funkce vyhotovené líhně).

Vývojový diagram 3 - zobrazuje funkci režimu „START líhnutí“. Zde je program v jedné smyčce, ve které dokola kontroluje: uplynutí doby pro otočení vajec, zahájení větrání, ukončení větrání, kontrolu cirkulace, signalizaci teploměru a vlhkoměru o překročení stanovených mezí, signalizaci čidla pohybu, sepnutí tlačítek VÝSTRAHY, FUNKCE a přepínače START/STOP. Pokud některá z těchto událostí nastane, program provede příslušné operace, viz obr. 42. Podrobnější popis tohoto režimu se nachází v kapitole 9 (Popis funkce vyhotovené líhně).



Obrázek 41 Vývojový diagram 2 - μ PI režim „STOP lůhnutí“



Obrázek 42 Vývojový diagram 3 - $\mu P1$ režim „START lůžnutí“

8.9 Modul GSM

Tento modul slouží k vzdálenému informování obsluhy líhně o vzniklé chybě v procesu líhnutí. To se děje formou odeslané zprávy SMS.

Při spuštění líhně dochází i k spuštění modulu GSM. Dojde-li během procesu líhnutí k chybě, kterou zaznamenal modul hlavního mikroprocesoru, odešle po komunikační lince (Linka GSM v schématu zapojení) zprávu do modulu GSM, který odešle SMS o dané chybě.

8.9.1 Popis konstrukce modulu GSM

Modul GSM byl postaven na jednostranné univerzální desce plošného spoje. Jako základní prvek pro přenos dat sítí GSM byl použit mobilní telefon NOKIA 6070. O řízení telefonu a celého modulu se stará mikroprocesor Atmel řady 8052 s vloženým softwarem. Jedná se o 8-bitový jednočip, který disponuje 15ti vstupně/výstupními porty. Tímto spojením bylo získáno přenosové zařízení, který přesně splňuje požadavky pro plnění dané funkce, oproti běžně dostupným modulům, které jsou k dostání na trhu.

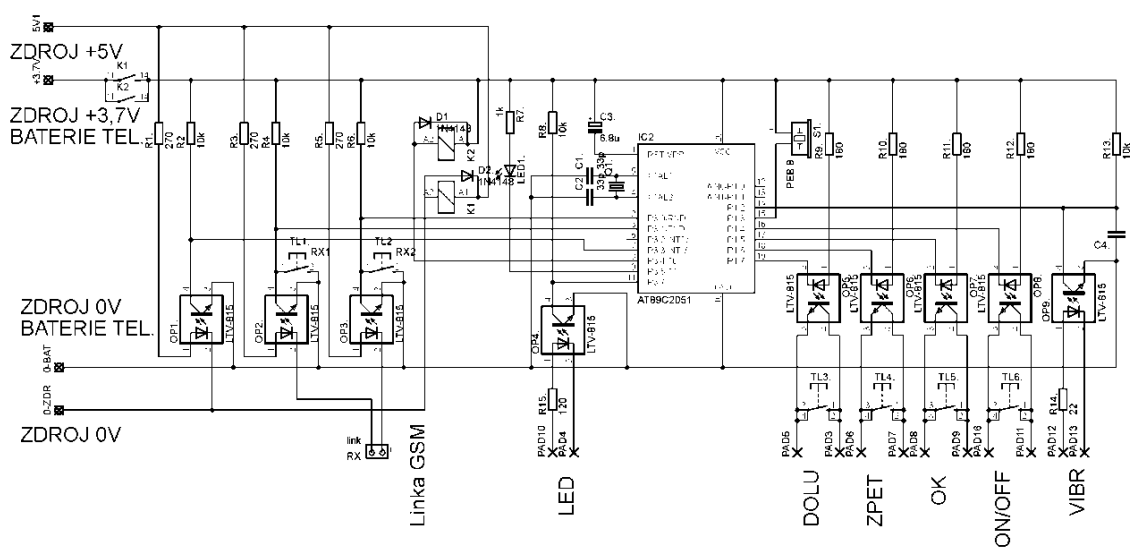
Pro komunikaci s mobilním telefonem z něho byly vyvedeny následující výstupy:

tlačítko on/off,	připojení na LED diodu
tlačítko šipka dolů,	podsvícení klávesnice
tlačítko OK,	výstup motorku vibrace.
tlačítko zpět	

Pro zajištění napájení telefonu a odstranění potřeby dobíjení z externího zařízení, byl přístroj připojen do napájecí sítě líhně. Baterie telefonu byla využita jako záložní zdroj pro napájení celého modulu, který v případě výpadku síťového napájení dokáže odeslat chybové hlášení o tomto stavu.

Pro zjištění úrovní signálů výstupů telefonu a možnosti jejich zpracování, jsem telefon připojil k osciloskopu. Výsledky tohoto měření jsou vloženy v příloze B. Fotografie modulu GSM a deska plošného spoje jsou vloženy v příloze C.

8.9.2 Schéma zapojení modulu GSM

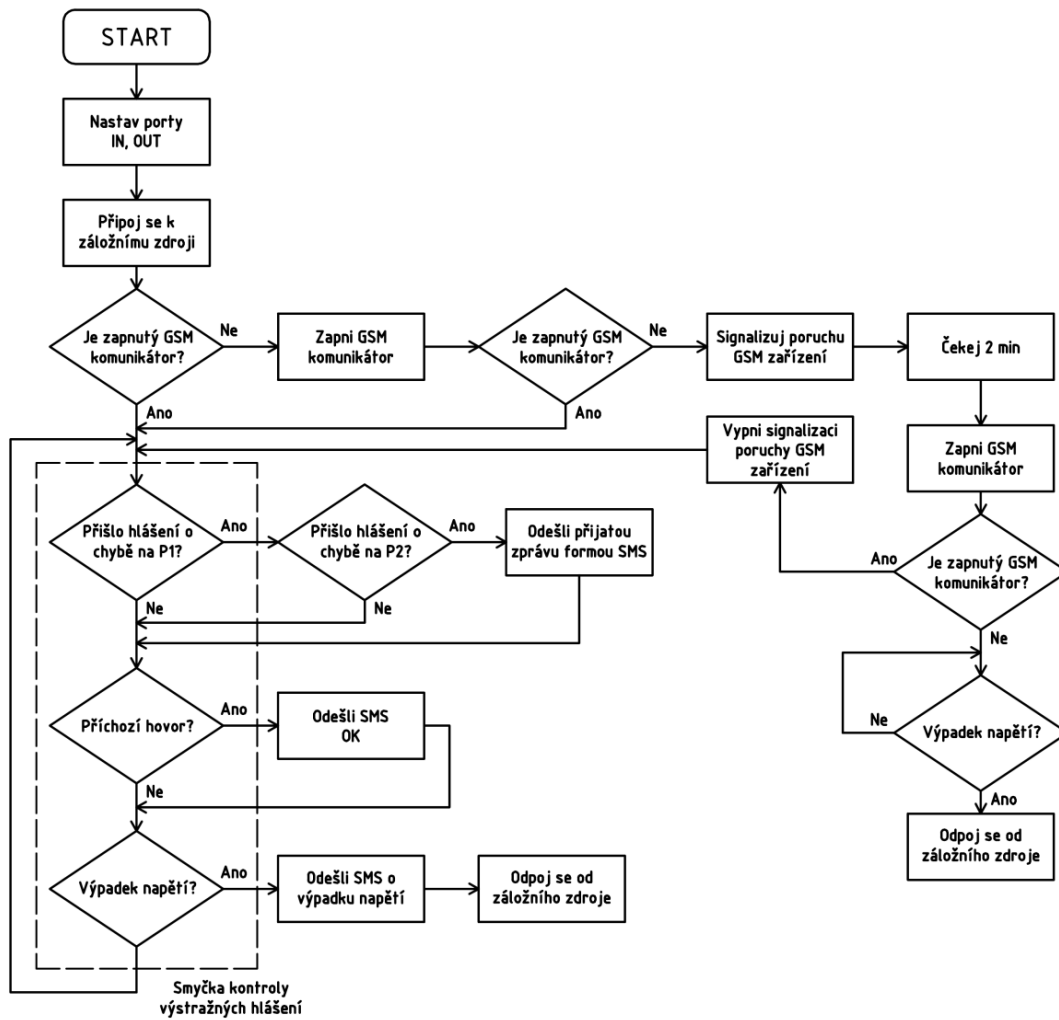


Obrázek 43 Schéma zapojení modulu GSM

8.9.3 Vývojový diagram modulu GSM

Vývojový diagram obrazuje chování mikroprocesoru GSM modulu (dále jen $\mu P2$). Po uvedení líhně do provozu přepínačem „ON/OFF“ dojde k nastavení vstupně/výstupních portů $\mu P2$, poté se modul připojí k náhradnímu zdroji, což je baterie GSM komunikátoru a poté dojde k zapnutí tohoto komunikátoru. Nepodaří-li se komunikátor spustit, je program nastaven ke spuštění blikání výstražné LED diody. Po uplynutí doby dvou minut dochází k opětovnému spuštění. Nepodaří-li se zapnutí ani tentokrát, zůstává procesor bez další funkce a čeká na vypnutí líhně.

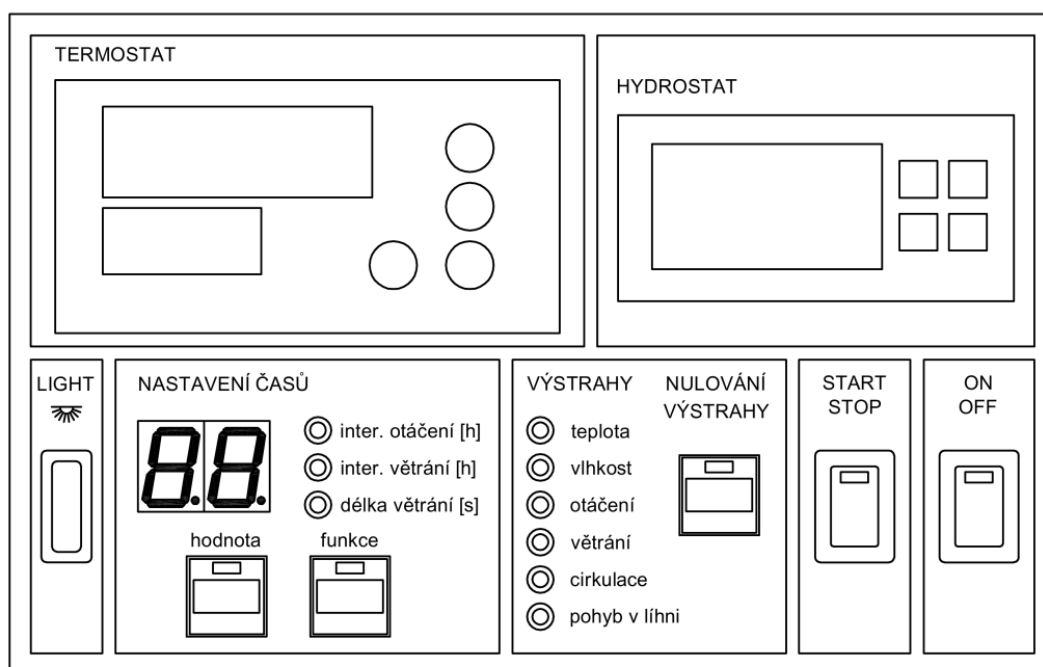
Po spuštění GSM komunikátoru, přeskočí program do smyčky, ve které stále dokola kontroluje, jestli nepřišlo hlášení o chybě z modulu hlavního procesoru, jestli na komunikátoru GSM není zaznamenán příchozí hovor a jestli nedošlo k výpadku sítě. Jestliže modul rozpozná příchozí hlášení o chybě, která byla odeslána z modulu hlavního mikroprocesoru, hlášení dekóduje, aby zjistil, o jaký poruchový stav se jedná. Ze seznamu uložených zpráv vybere tu, která odpovídá dané chybě a odešle ji obsluze formou SMS. Pokud modul rozpozná příchozí hovor na GSM komunikátoru, vybere ze seznamu zprávu s nápisem „ok“ a odešle ji volajícímu. Tato funkce je nastavena pro vzdálenou kontrolu, funkce tohoto modulu. Pokud modul zjistí, že došlo k výpadku napájecího napětí, opět dochází k výběru vhodné zprávy a odeslání uživateli.



Obrázek 44 Vývojový diagram 4 - μ P2 modul GSM

9 Popis funkce vyhotovené líhně

Inkubátor se uvede do chodu přepínačem ON/OFF do polohy ON, který je spolu s ostatními ovládacími prvky umístěný na ovládacím panelu viz obr. 45. Je-li přepínač START/STOP na poloze STOP, přístroj se nachází v režimu „STOP líhnutí“, ve kterém si uživatel nastaví potřebné intervaly pro správný postup inkubace daného druhu vejce. V poli NASTAVENÍ ČASŮ se volí časy pro funkce INTERVAL VĚTRÁNÍ, INTERVAL OTÁČENÍ a DÉLKA VĚTRÁNÍ. Mezi těmito funkcemi se přepíná tlačítkem FUNKCE. Funkce, která je právě vybraná jako aktivní lze nastavit pomocí tlačítka HODNOTA. Po tuto dobu je označena kontrolkou, každý stisk tlačítka HODNOTA zvyšuje parametr vybrané funkce o jednu jednotku.



Obrázek 45 Ovládací panel líhně

INTERVAL VĚTRÁNÍ - Je periodická doba, po které se zahájí větrání, tj. začne docházet k výměně vzduchu v líhni. Doba větrání se nastavuje v hodinách a lze ji měnit v intervalu 0 až 19 hodin.

INTERVAL OTÁČENÍ - Je periodická doba, po které dojde k otočení vajec z jedné krajní polohy do druhé. Doba otáčení se nastavuje v hodinách a opět ji lze nastavit v rozmezí 0 až 19 hodin.

DÉLKA VĚTRÁNÍ - Je doba, po kterou dochází k větrání (výměně vzduchu v líhni). Délka větrání se nastavuje v sekundách a lze ji měnit v intervalu 0 až 19 sekund.

Po nastavení potřebných hodnot se přepnutím tlačítka START/STOP do polohy START dostane líheň do režimu „START líhnutí“, ve kterém dochází k pravidelnému otáčení vajec, větrání líhně a kontrole dodržování správných inkubačních podmínek.

Dojde-li k zapnutí líhně přepínačem ON/OFF v době, kdy je přepínač v poloze START, líheň automaticky nastaví univerzální režim líhnutí a zahájí otáčení a větrání. Univerzální režim je nastaven na líhnutí drůbeže.

Líheň je konstruována tak, že dokáže během líhnutí kontrolovat poruchové stavy a o nastalé události informovat uživatele. V případě, že dojde ke zjištění odchylky od nastaveného procesu, rozsvítí se kontrolka na panelu VÝSTRAHY u daného typu poruchy, která je doplněná zvukovou signalizací a dojde k odeslání SMS s typem poruchy/výstrahy na předem zvolené číslo. Po odstranění závady se signalizace vypne tlačítkem VÝSTRAHY na ovládacím panelu.

VÝSTRAHY

Teplota - Signalizuje, že se teplota uvnitř líhně pohybuje mimo nastavenou mez. Tato mez se nastavuje na termostatu. Po jejím překročení je odeslána SMS ve tvaru „Líheň - výstraha teplota“.

Vlhkost - Signalizuje, že se vlhkost uvnitř líhně pohybuje mimo nastavenou mez. Tato mez se nastavuje na hydrostatu. Po jejím překročení je odeslána SMS ve tvaru „Líheň - výstraha vlhkost“.

Otáčení - Signalizuje, že ve stanovený okamžik nedošlo k otočení vajec. Odeslána SMS ve tvaru „Líheň - výstraha otáčení“.

Větrání - Signalizuje, že ve stanovený okamžik nedošlo k výměně vzduchu v líhni. Odeslána SMS ve tvaru „Líheň - výstraha větrání“.

Cirkulace - Signalizuje poruchu na cirkulaci vzduchu v líhni. Odeslána SMS ve tvaru „Líheň - výstraha cirkulace“.

Pohyb v líhni - Signalizuje, že v líhni dochází k pohybu mimo intervaly stanovené k otáčení vajec. Odeslána SMS ve tvaru „Líheň - pohyb v líhništi“.

Termostat a hydrostat jsou samostatné jednotky a jejich nastavení se může provádět bez ohledu na režim (START/STOP) ve kterém se líheň zrovna nachází. Jejich nastavení je popsáno v manuálu daném od výrobce. Viz kapitola 8.1 a 8.2.

10 Měření na vyhotovené líhni

Po dokončení mechanické a elektronické části líhně a ověření jejich správné funkce bylo zapotřebí provést měření, které nám ověří, zdali vyhotovená líheň splňuje požadované podmínky pro správný vývoj kuřete a je tedy možné ji použít v praxi. Pro tento účel byla v líhni provedena série měření.

Největší důraz byl kladen na ověření dodržení správné teploty, která by měla být konstantní a rovnoměrně rozložená v celém prostoru pro uložení vajec. Dále bylo zkoumáno nastavení správné vlhkosti v závislosti na množství přidané vody. Měřena byla i změna těchto veličin v závislosti na výměně vzduchu v líhni.

Na závěr bylo provedeno kontrolní měření termokamerou, které nám ukázalo, zdali nedochází k tepelnému namáhání mechanických částí líhně.

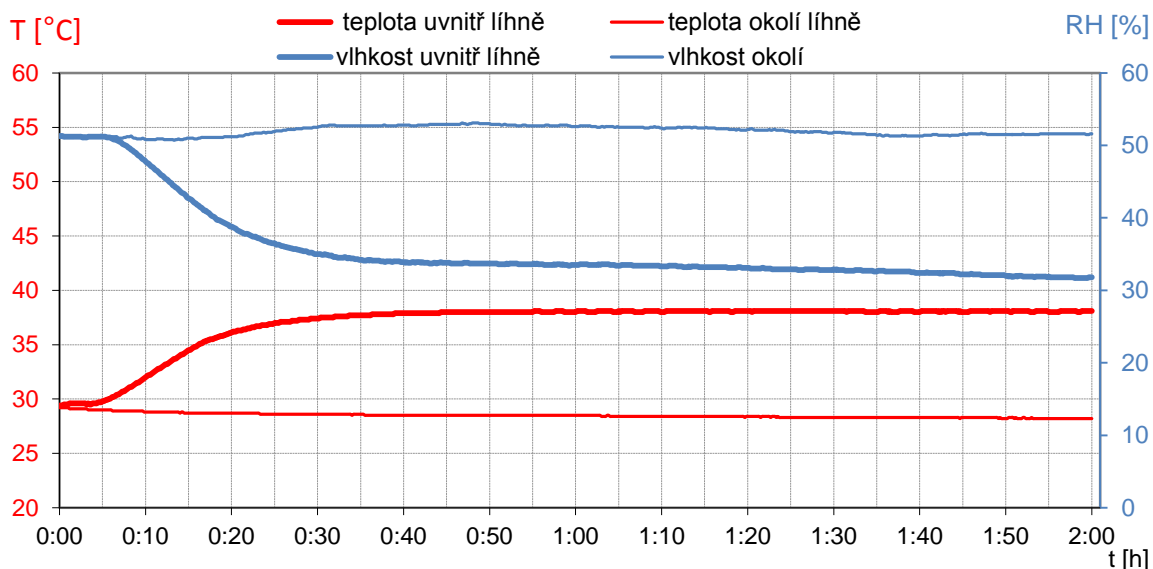
10.1 Měření teploty a vlhkosti

Pro měření teploty a vlhkosti bylo použito dvou záznamových zařízení Voltcraft DL-151TH. Pro ověření přesnosti prošla obě zařízení kalibrací. Přesnost udávaná výrobcem pro měření teploty v oblasti - 10 až + 40 °C je ± 1 %. Přesnost pro měření vlhkosti v oblasti 40 až 60 % je 3 %, v oblasti 20 až 40 % a 60 až 80 % je 3,5 %. Interval pro ukládání obou veličin byl zvolen 10 s. Naměřená data byla přenesena do PC a zpracována v programu Microsoft Excel do výsledného grafu.

1. MĚŘENÍ

Účelem měření bylo zjistit chování líhně při spuštění do provozu. Teplota termostatu byla nastavena na 38 °C, líhniště nebylo vlhčeno a ventilováno.

První datalogger byl umístěn do prostoru líhniště v místě uložení vajec, druhý měřil teplotu okolí líhně - pokojovou teplotu.



Graf 1 Měření teploty a vlhkosti uvnitř líhně a okolí

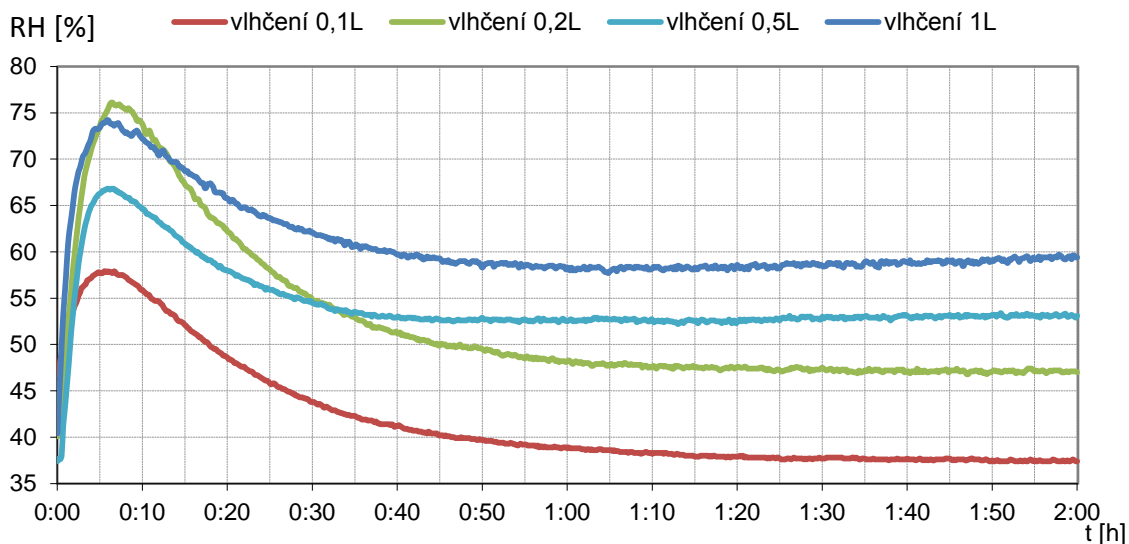
Měření znázorněné v grafu 1 probíhalo v uzavřené místnosti při teplotě vzduchu přibližně 28°C. Tuto teplotu znázorňuje tenká červená křivka, na které je vidět pozvolné klesání vlivem ochlazování místnosti. Ze stejné teploty začíná narůstat teplota uvnitř líhně, která se zastavuje na nastavené hodnotě termostatu 38 °C zhruba po 50ti minutách. Po zahájení vyhřívání líhně se vlhkost uvnitř snižovala a po dvou hodinách provozu klesla z 54 % na 31,8 %. Vlhkost v okolí líhně po dobu měření se pohybovala v rozpětí 50,8 až 53,1 %.

Z výsledků jiného měření byl zjištěn pokles vlhkosti po 24 hodinách na hodnotu 0,4 %.

2. MĚŘENÍ

Účelem měření bylo zjistit závislost mezi množstvím vody přidané do líhně a vlhkosti v prostoru líhně.

Při tomto měření byla líheň spouštěna do provozu na dvě hodiny při nastavení provozní teploty na 38 °C, avšak pokaždé s jiným množstvím vody na vlhčení vzduchu uvnitř líhniště. Vlhčeno bylo destilovanou vodou o pokojové teplotě.



Graf 2 Měření vlhkosti v závislosti na přidaném množství vody

Z výsledků měření vyplývá:

při vlhčení 100 ml vody se vlhkost ustálí na cca 37 % vlhkosti

při vlhčení 200 ml vody se vlhkost ustálí na cca 47% vlhkosti

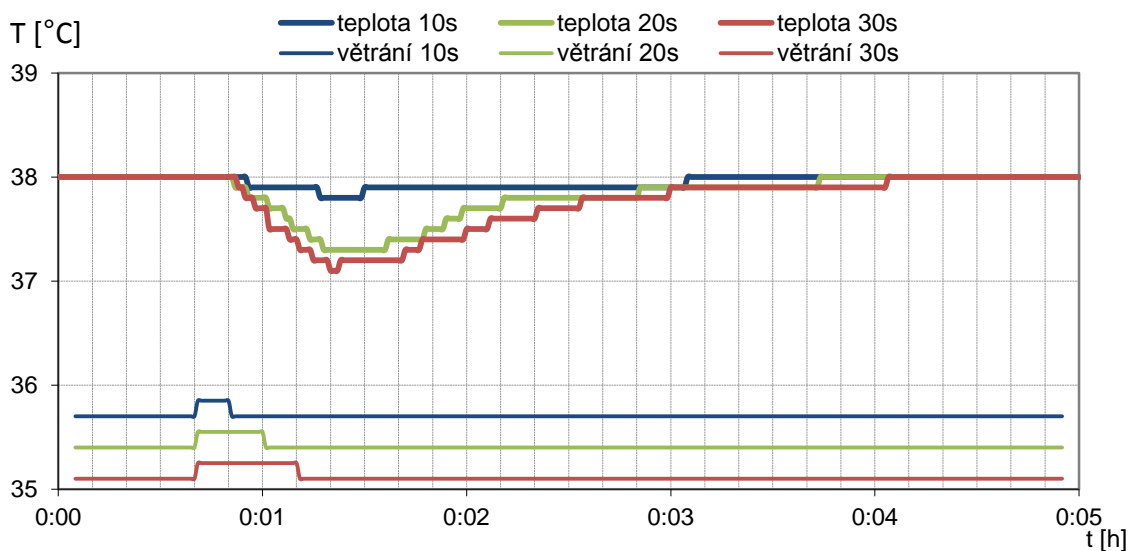
při vlhčení 500 ml vody se vlhkost ustálí na cca 53 % vlhkosti

při vlhčení 1000 ml vody se vlhkost ustálí na cca 60 % vlhkosti

Z měření trvajících delší období bylo zjištěno, že vlhkost se ustálí na konečnou hodnotu zhruba po dvou hodinách a od této doby začíná pozvolna klesat vlivem úniku par z líhně ventilačními otvory. Pozvolné klesání je vidět na měření č. 5.

3. MĚŘENÍ

Účelem měření bylo zjistit závislost poklesu teploty na výměně vzduchu v líhni, tedy při odvětrávání starého vzduchu a nasávání čerstvého. Měření bylo prováděno při odvětrávání trvajícím 10 s, 20 s a 30 s.

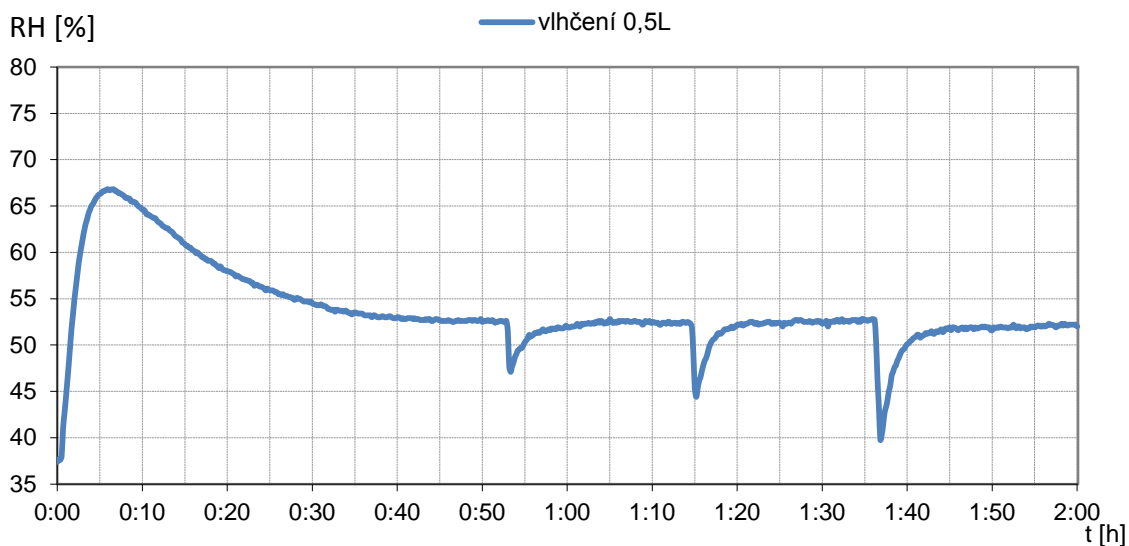


Graf 3 Měření poklesu teploty při ventilaci

Měření probíhalo v líhni vyhřáté na provozní teplotu 38 °C. Pro lepší názornost byly hodnoty vyneseny do grafu přes sebe, od stejného času zahájení větrání. Spouštěcí impulsy ventilátorů byly zaneseny do spodní části grafu. Pro tyto křivky je platná pouze osa času, osa teploty nemá opodstatnění.

4. MĚŘENÍ

Účelem tohoto měření bylo zjistit závislost poklesu vlhkosti na výměně vzduchu v líně, tedy při odvětrávání starého vzduchu a nasávání čerstvého. Měření bylo prováděno při odvětrávání trvajícím 10 s, 20 s a 30 s.



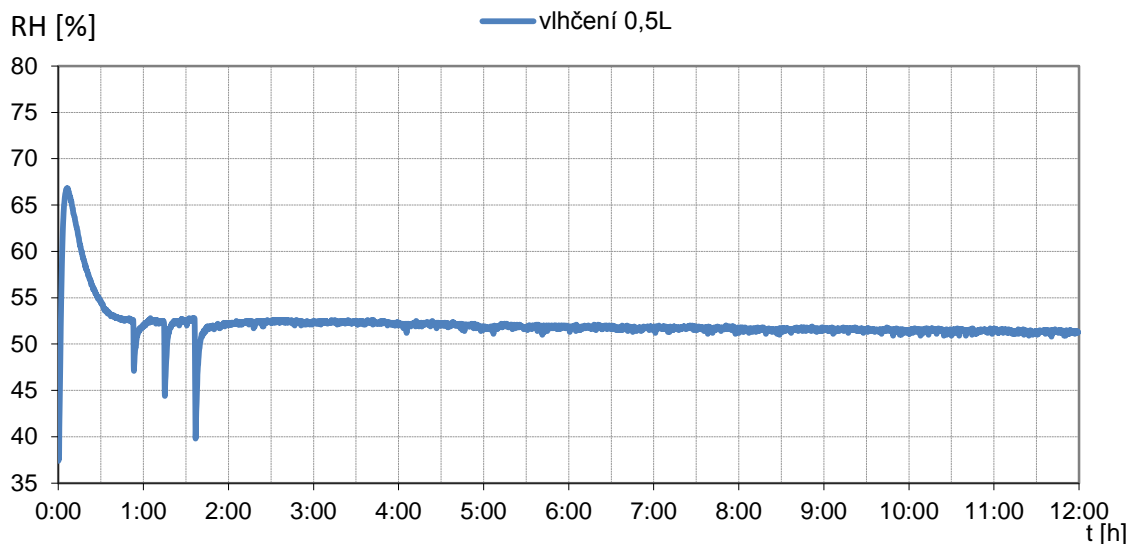
Graf 4 Měření poklesu vlhkosti při ventilaci

Graf 4 znázorňuje průběh vlhkosti uvnitř líně s přidaným vlhčením 0,5 litru destilované vody v závislosti na odvětrávání. Od počátku časové osy je vidět nárůst vlhkosti po zapnutí líně, který se zhruba po 50ti minutách ustálil na hodnotě 55 % vlhkosti. Poté bylo zahájeno větrání trvajícím 10 sekund, po navrácení vlhkosti na původní hodnotu se proces opakoval s odvětráváním trvajícím 20 sekund a nakonec s odvětráváním trvajícím 30 sekund.

5. MĚŘENÍ

Účelem měření bylo zjistit závislost poklesu vlhkosti při déle trvajícím provozu líhně.

Pro tento účel bylo použito měření č. 4, trvajícím 12 hodin.



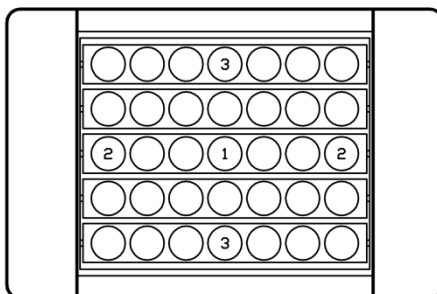
Graf 5 Měření poklesu vlhkosti při déle trvajícím chodu líhně

V grafu 5 je patrné pozvolné klesání hodnoty vlhkosti uvnitř líhně, které je dané odpařováním a následným únikem vodních par z líhně.

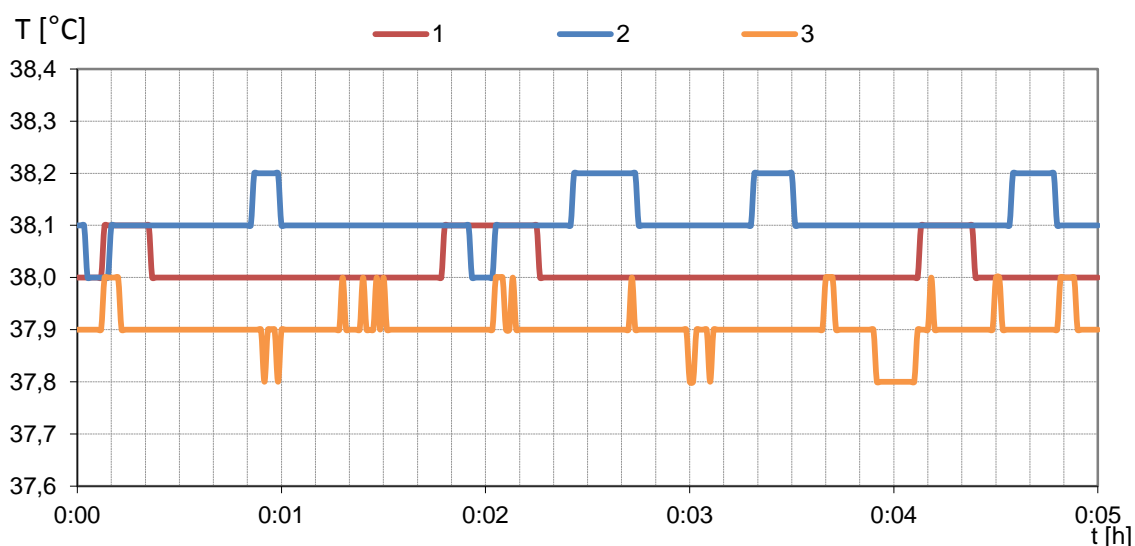
Měřením byl zjištěn úbytek po 12 hodinách měření zhruba 90 ml destilované vody, při počátečním množství 0,5 litru a třech intervalech větrání. V měření je nutno zohlednit i fakt, že úbytek byl měřen od počátku provozu, tedy i s prvotním zahřátím líhně na provozní teplotu.

6. MĚŘENÍ

Účelem měření bylo zjistit rozložení teplot v různých částech plochy určené pro pokládku vajec.



Obrázek 46 Měřené body v prostoru líhniště



Graf 6 Měření teploty v různých částech líhniště

Měření se opakovalo a záznamový teploměr byl umístěn do různých částí líhniště viz Obrázek 46.

V grafu č. 6 je patrné, že teplota měřená ve středu líhně (měřící bod číslo 1), má nejmenší odchylky od nastavené teploty. Tento bod je umístěn v blízkosti čidla digitálního termostatu. Měřící bod 2, který se nachází u okraje líhniště, v blízkosti přepážky za kterou je veden ohřátý vzduch do líhniště vykazuje vyšší procento nadprůměrné teploty. Jeho opakem je měřící bod číslo 3, který se nachází u okraje, kde stěna líhně ochlazuje teplota okolního prostředí.

10.2 Měření příkonu

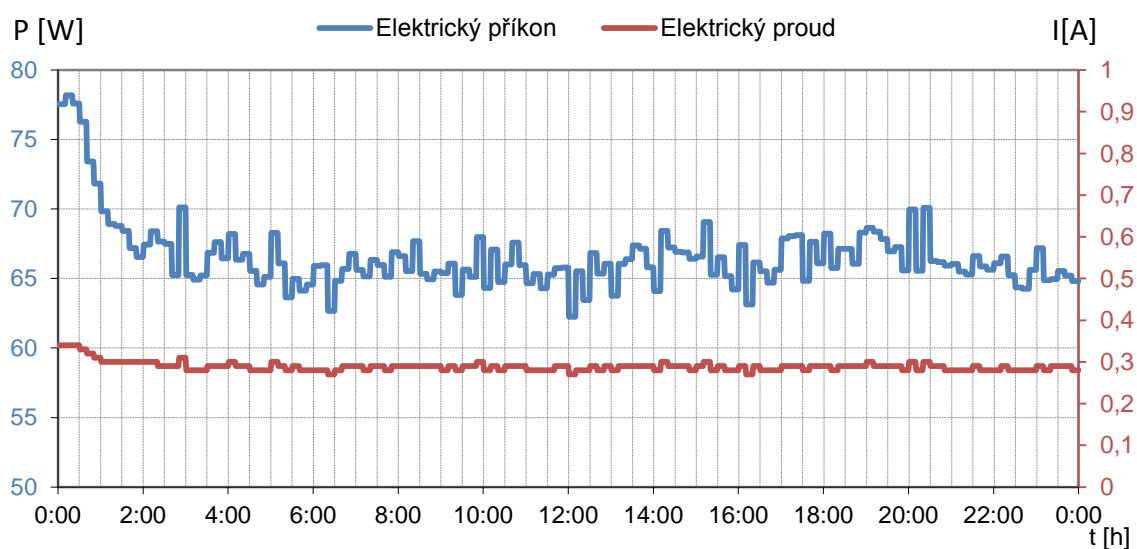
Pro měření příkonu byl použit síťový monitor SIMON-341 FLEX2 od firmy KMB SYSTÉM. Tento přístroj zaznamenává a ukládá hodnoty v reálném čase. Po ukončení měření se tyto hodnoty přenesou do PC, zpracují v programu MS Excel, kde se vytvoří výsledný graf naměřených hodnot. Pro ověření přesnosti zařízení prošlo kalibrací.

Přesnost síťového analyzátoru SIMON-341 FLEX2 udávaná výrobcem je 1 % v maximálním měřeném rozsahu.

7. MĚŘENÍ

Účelem měření bylo zjistit energetickou náročnost líhně v provozním stavu. Měření probíhalo v intervalu 24 hodin. Měřen byl příkon líhně v závislosti na jejím provozním režimu. Naměřené hodnoty byly průměrovány v intervalu 10 minut.

Pro lepší přehled jsou v grafu 7 a 8 uvedeny též odpovídající hodnoty proudu při obvyklém napětí sítě (230 V).

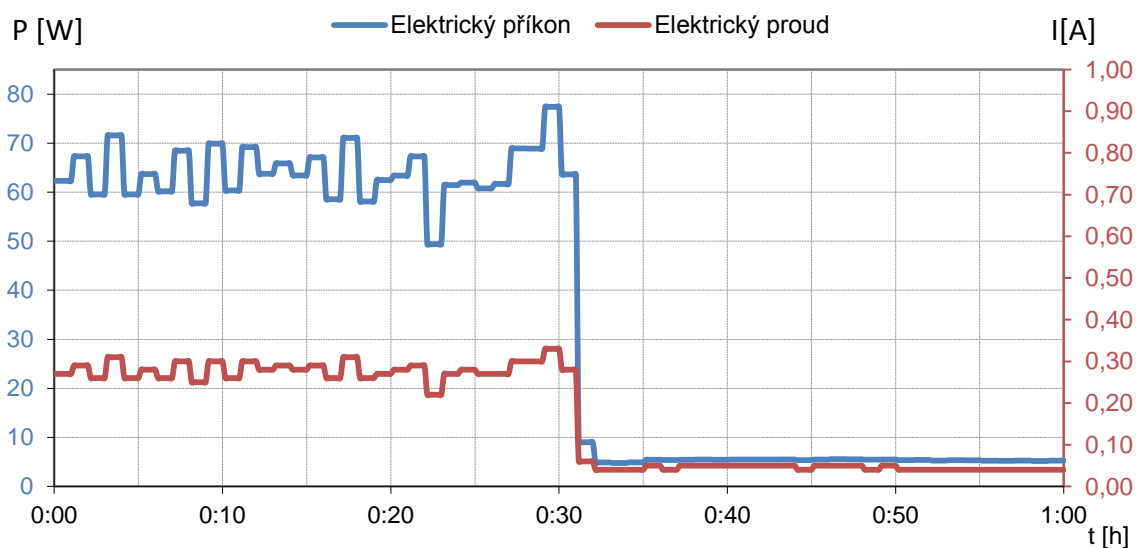


Graf 7 Měření příkonu líhně po dobu 24 hodin

Graf 7 znázorňuje úroveň odebíraného výkonu a proudu za období 24 hodin. V čase od 5 do 24 hodin činila průměrná hodnota příkonu 66,59 W.

8. MĚŘENÍ

Účelem měření bylo zjistit energetickou náročnost líhně v provozním stavu, ovšem s odpojením vyhřívání líhně, tedy s odpojenou topnou spirálou. Měření probíhalo v intervalu 1 hodiny. Stejně jako v měření předešlém se zaznamenávalo napětí, proud a činný výkon na napájecím kabelu do líhně. Naměřené hodnoty byly průměrovány v intervalu 1 minuty.



Graf 8 Měření příkonu líhně po odpojení topné spirály

Měření probíhalo na vyhřáté líhni, kde byla po 30 minutách odpojena topná spirála. Energetická náročnost klesla z průměrné hodnoty 66,59 W (zjištěné z předešlého měření) na hodnotu 5,40 W.

Toto měření nám potvrdilo předem zřejmý fakt a to, že převážnou část energie spotřebuje líheň na udržení vnitřní teploty. Vyjádřeno v procentech je to více jak 90 % spotřebované elektrické energie.

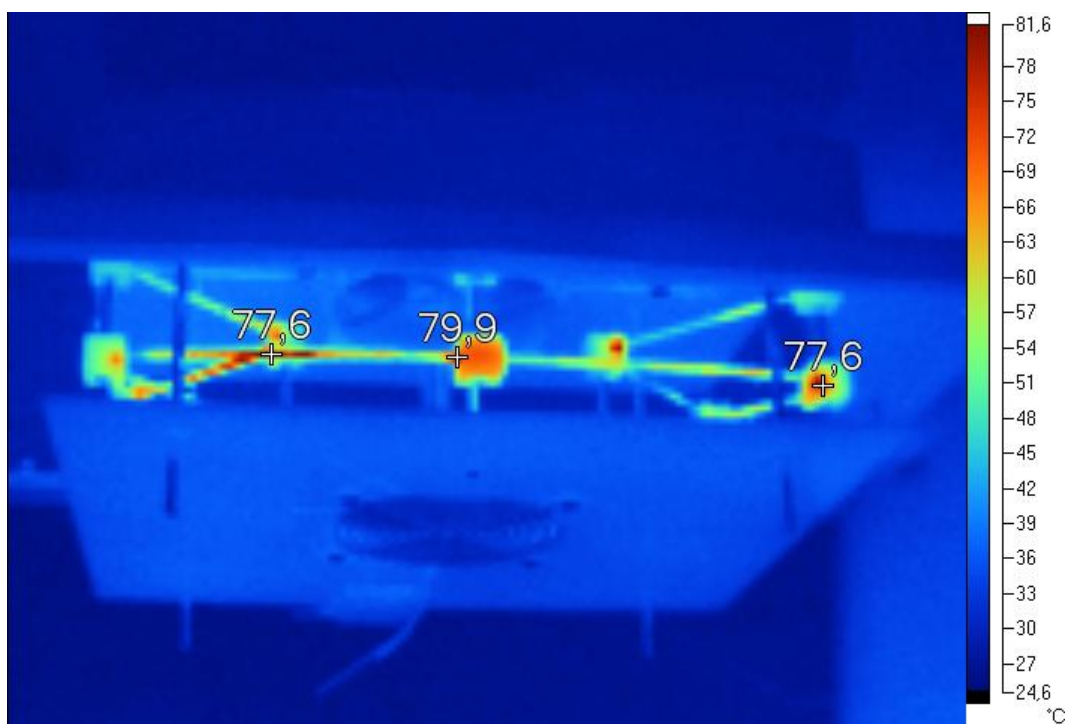
10.3 Měření termokamerou

Pro kontrolní měření rozložení teploty na povrchu láně a v jejím prostoru byla použita termokamera Fluke Ti100. Přesnost udávaná výrobcem je $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ nebo 2 % (při jmenovité teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$, platí vyšší hodnota).

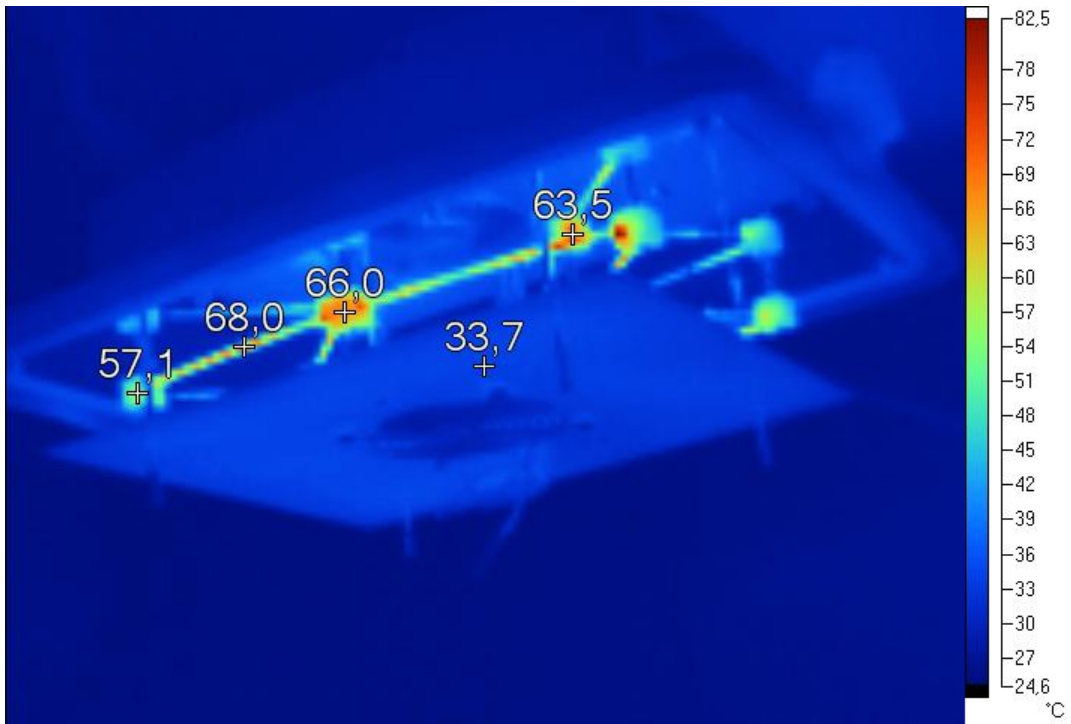
9. MĚŘENÍ

Účelem měření bylo zjistit, zdali nedochází k nadměrnému přenášení tepla od topné spirály do konstrukce láně, zejména pak přes její úchytné body. Dále pak, jaké teploty jsou uvnitř ovládací skříně a nedochází-li k tepelnému namáhání ovládací elektroniky.

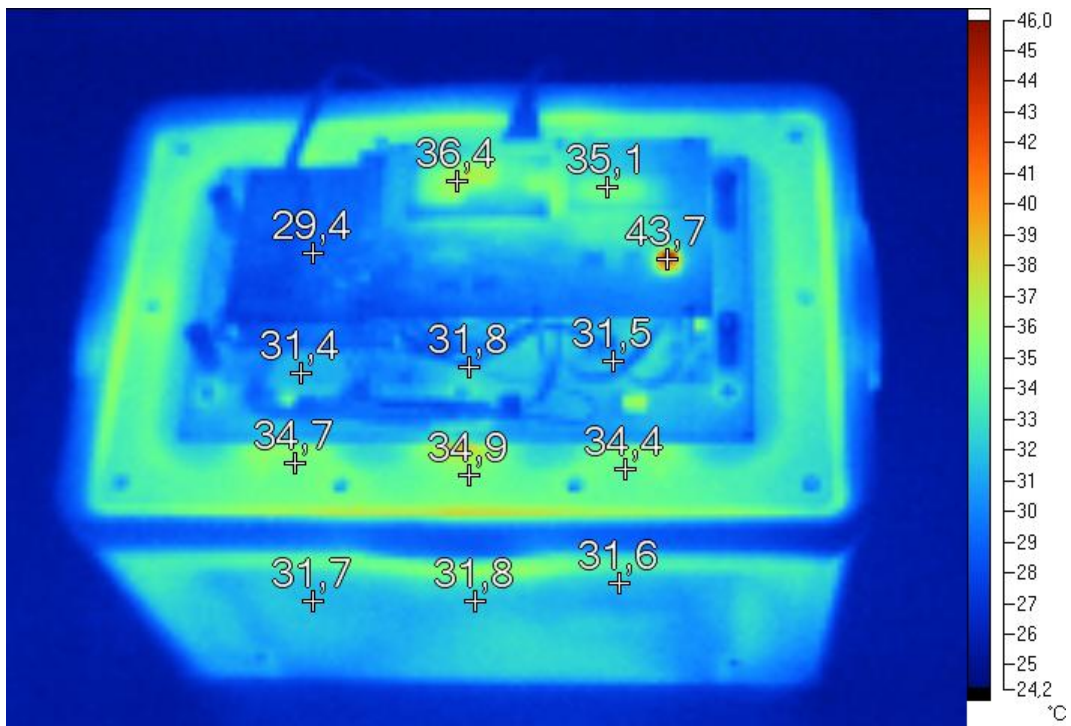
Měření probíhalo na vyhřáté láně zhruba po šesti hodinách provozu. Láň byla umístěna v uzavřené místnosti s teplotou okolí cca $23 \text{ }^\circ\text{C}$.



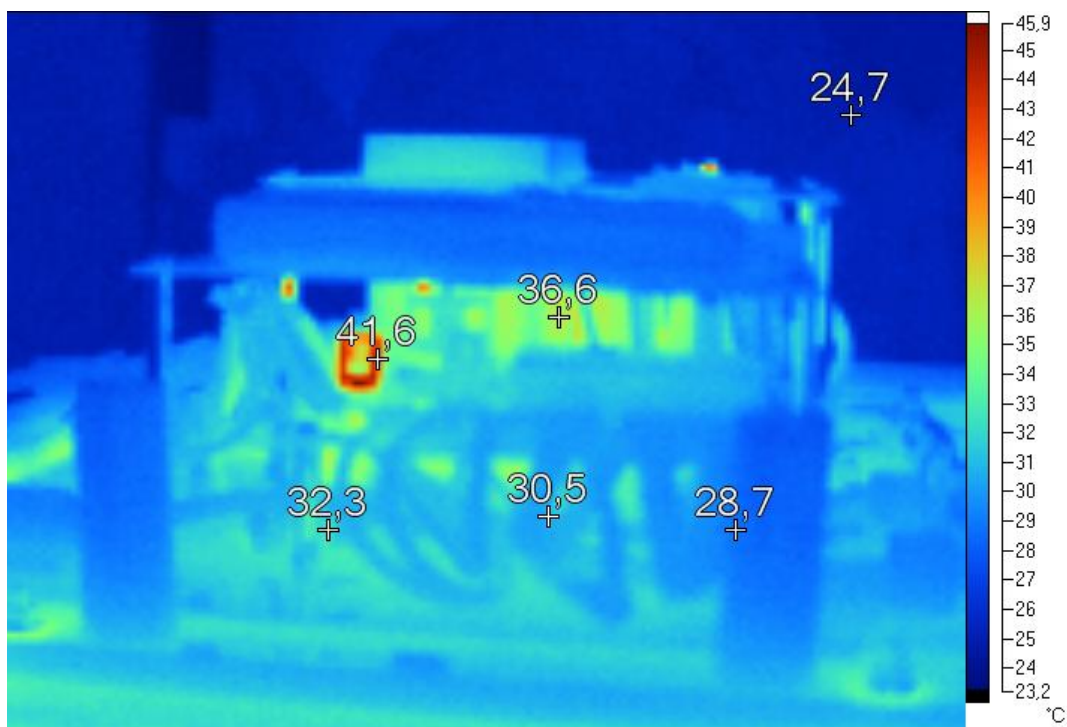
Obrázek 47 Termokamera - měření topné spirály 1



Obrázek 48 Termokamera - měření topné spirály 2



Obrázek 49 Termokamera - měření boxu lhně

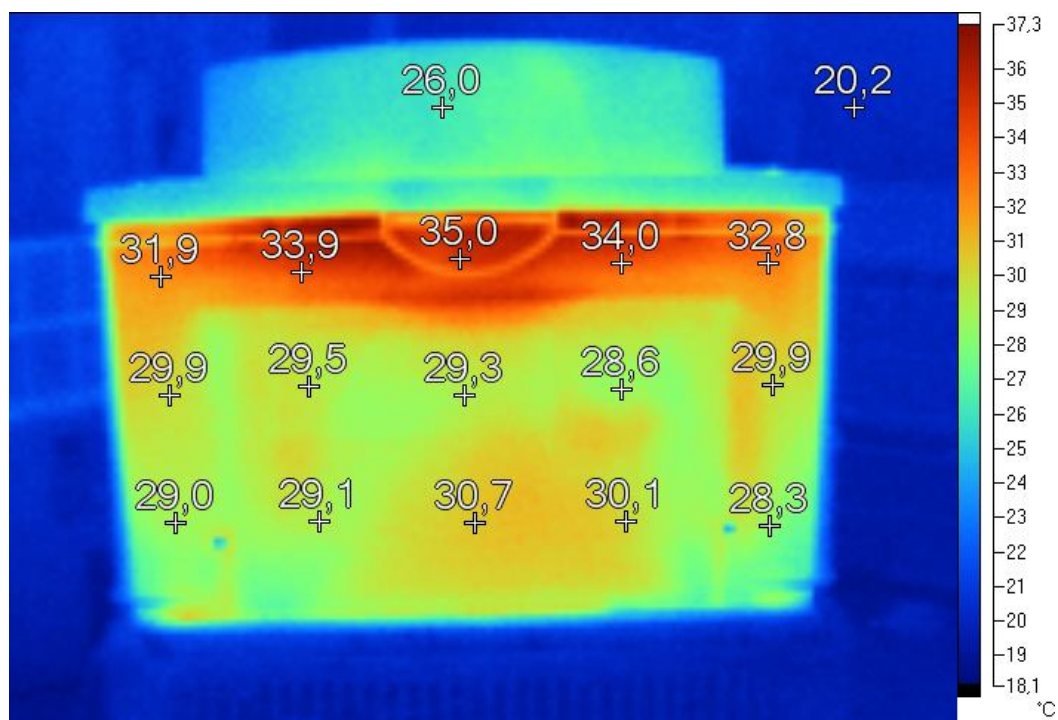


Obrázek 50 Termokamera - měření skříně elektroniky

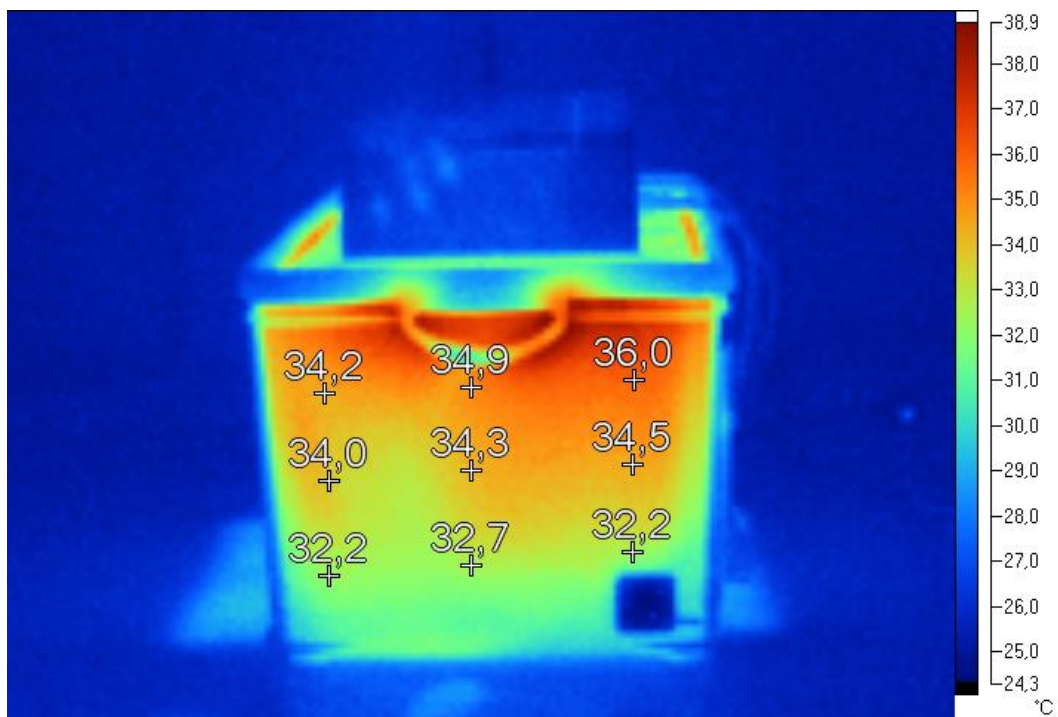
Ze snímků termokamery (obrázek 47 a 48) je patrné, že uchycení spirály je vyhovující a není přes něj přenášeno do konstrukce líhně nadměrné teplo, které by mohlo líheň poškodit. Na obrázku 49 a 50 je pohled na řídicí elektroniku líhně. Zde je patrná zvýšená teplota na přepínači ON/OFF líhně, ve kterém je umístěna doutnavka (obr. 49) a na tranzistoru regulačního obvodu otáček ventilátoru cirkulace (obr. 50). Obě místa se zvýšenou teploty byly podrobněji zkoumány.

10. MĚŘENÍ

Toto měření je spíše informačního charakteru. Snímky z termokamery ukazují fotografii ohřátí stěn láně, nikoli však teplotu vzduchu uvnitř. Podmínky měření byly podobné jako u předešlého měření.



Obrázek 51 Termokamera - měření stěn láně 1



Obrázek 52 Termokamera - měření stěn láně 2

11 Závěr

Tato práce obsahuje dvě hlavní části – část teoretickou a praktickou. V teoretické části jsem zpracoval hlavně elektronicky dostupné články, převážně cizojazyčné, jelikož ucelená publikace věnující se problematice líhni na českém trhu není k dispozici.

Největším přínosem této práce je však část praktická, v níž jsem využil informace nastudované z teoretické části. Navrhl a sestavil jsem inkubátor, jenž je popsán právě v praktické části této práce. Líheň je založena na principu líhni s nuceným prouděním vzduchu a naklápěcím mechanismem pro otáčení vajec. Vynaložené náklady na mnou konstruovanou automatickou líheň jsou v porovnání se srovnatelnými přístroji na trhu výrazně nižší, a to i přes to, že inkubátor oproti komerčním přístrojům automaticky kontroluje podmínky v průběhu líhnutí. Případnou chybu rozpozná a zobrazí ji na ovládacím panelu, následně odesílá obsluze informaci o dané chybě formou SMS zprávy. Právě způsob ovládání líhně je v tomto směru unikátní řešení, které není v současné době na trhu s líhněmi nabízeno.

Na prototypu byla provedena celá řada měření, která ověřila její provozuschopnost.

V budoucnosti bude funkce líhně ověřena v reálném provozu, přičemž budou zaznamenávané parametry porovnány s parametry, které byly naměřeny během zpracování této práce. Tato měření mimo jiné určí i objem vyprodukovaného oxidu uhličitého. V další etapě budou zpřesněny požadavky na odvětrávání a přesné parametry vlhčení líhně. Provedení výše uvedených činností by však již bylo nad rámec zadání diplomové práce.

Závěrem mohu konstatovat, že zadání diplomové práce – Vývoj a stavba automatické líhně - bylo splněno. Výsledkem je funkční automatická líheň řízená mikroprocesorem, s automatickou regulací teploty a vlhkosti a s přenosem dat přes síť GSM.

Práce byla průběžně konzultována s vedoucím absolventské práce doc. RNDr. Josefem Hubeňákem, CSc., z pracoviště Univerzity Hradec Králové, kterému touto cestou děkuji za cenné informace i konkrétní rady.

12 Seznam použité literatury a zdrojů informací

- [1] BRINSEA PRODUCT LTD. Incubation Handbook [elektronicky]. 1. vyd. Florida, USA: Brinsea Product Ltd., 2013, 23 s. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://www.brinsea.com/Brochures/BrinseaHandbook.pdf>
- [2] C.BOTKIN ENTERPRISES LTD. www.bcbotkin.ca [online]. 2014. vyd. 2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.bcbotkin.ca> >.
- [3] BRINSEA PRODUCTS INC.2013. Brinsea: The incubation specialist [online]. 2014. vyd. USA, 2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: < <http://www.brinsea.com> >.
- [4] INTERCIO S.R.O. Líhně: Líhně pro drůbež, plazy, papoušky a ostatní ptáky [online]. 2014. vyd. ČR, 2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.lihne.cz>.
- [5] KITTNAR, Otomar. Lékařská fyziologie. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.
- [6] WALTERS, Michael. Ptačí vejce. 2. vyd. Praha: Knižní klub, 2007. ISBN 978-80-242-1880-9.
- [7] Doplnkové internetové informace a firemní katalogy – termostaty Comfort, hydrotat Willhy, Giant Eggs, ventilátory Sunnon, seromechanismy Hitec, teploměry, topné spirály, topná tělesa.....

PŘÍLOHY

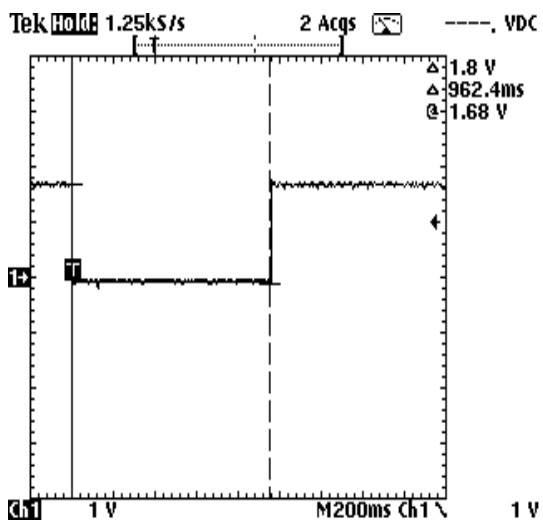
Příloha A

Seznam použitých značek a symbolů

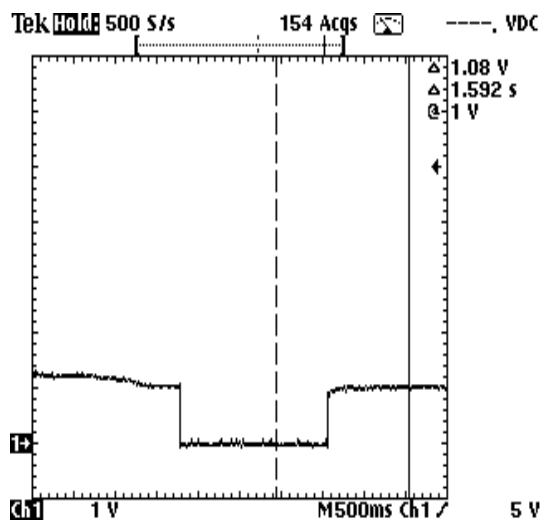
AC	střídavý proud
DC	stejnoseměrný proud
GSM	Globální systém pro mobilní komunikaci
RH	relativní vlhkost
SW	software
Kč	korun českých

Příloha B

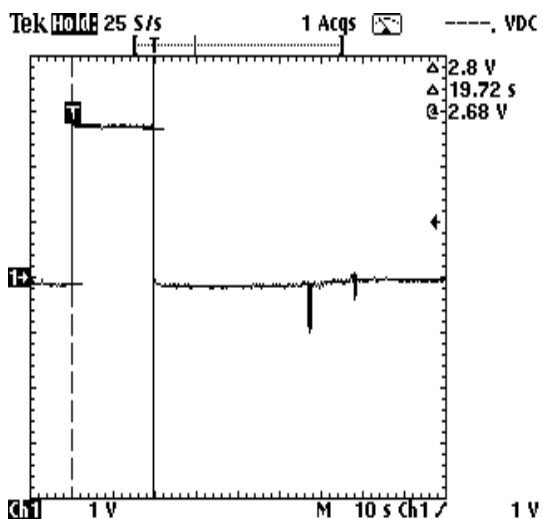
Měření úrovně výstupů zařízení GSM



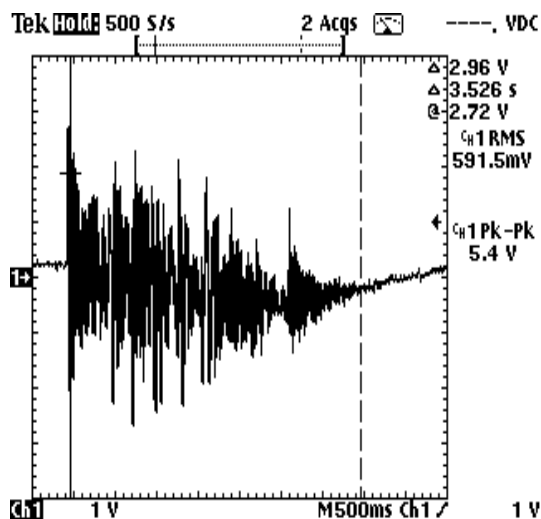
Obrázek 53 Výstup tlačítka „on/off“



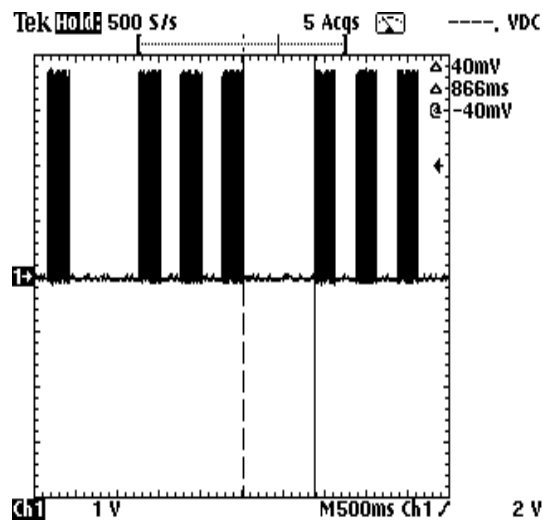
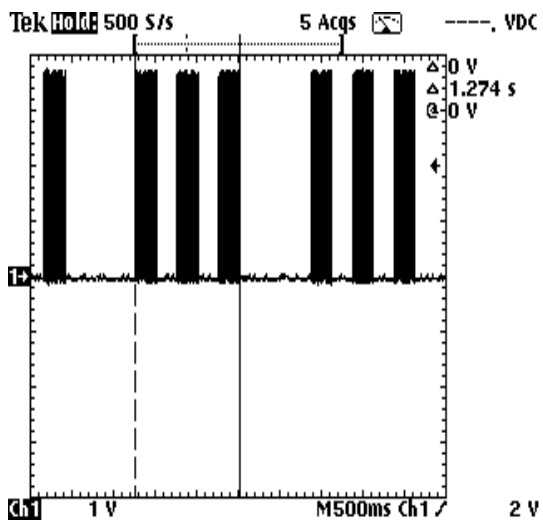
Obrázek 54 Výstup tlačítka „zpět, dolu, ok“



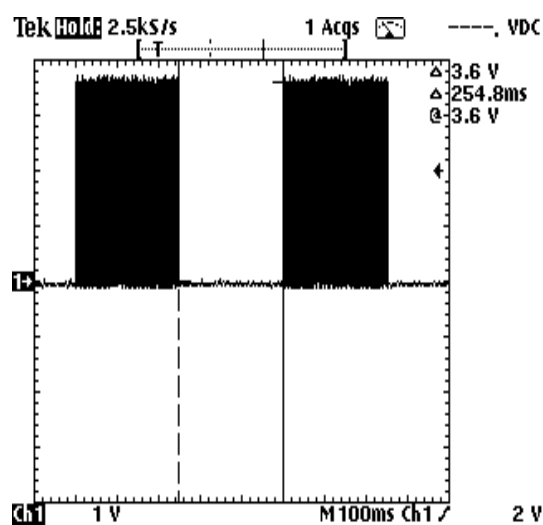
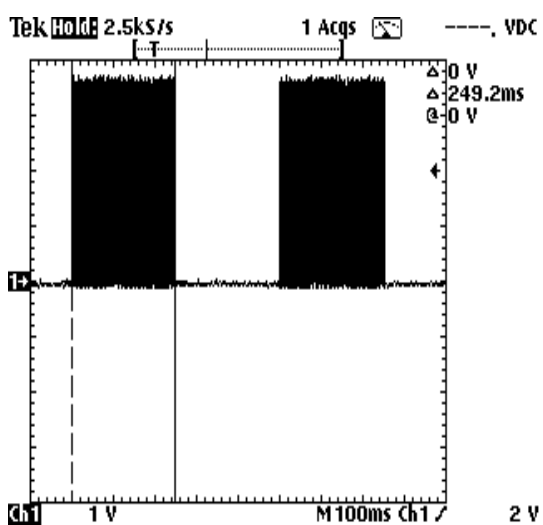
Obrázek 55 Výstup LED diody



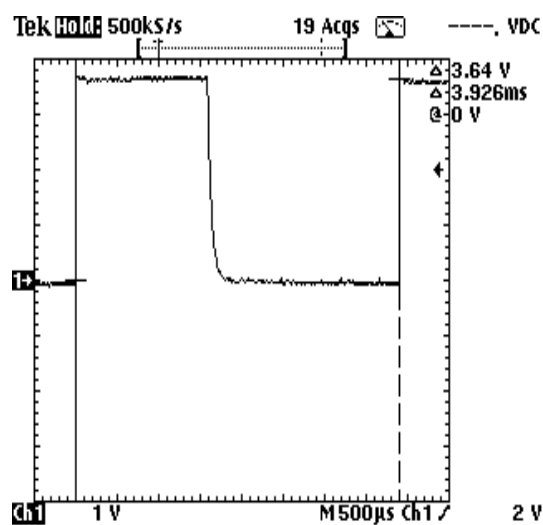
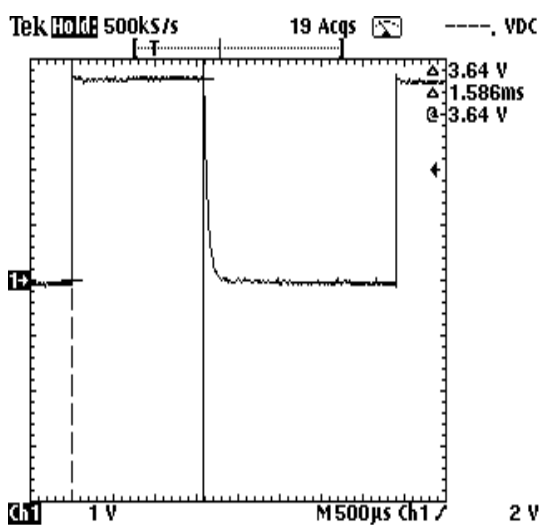
Obrázek 56 Výstup reproduktoru



Obrázek 57 Výstup vibrace - skupina burst



Obrázek 58 Výstup vibrace - skupina burst

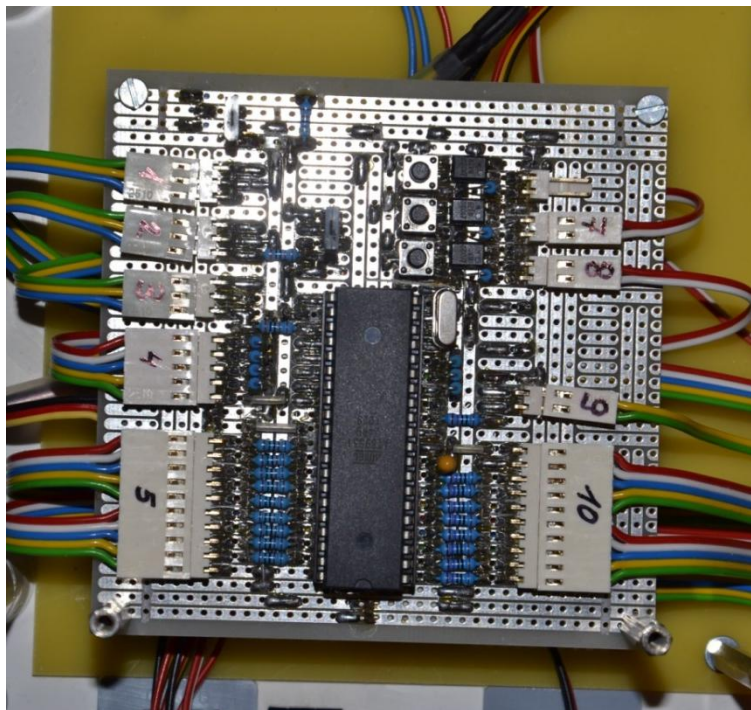


Obrázek 59 Výstup vibrace

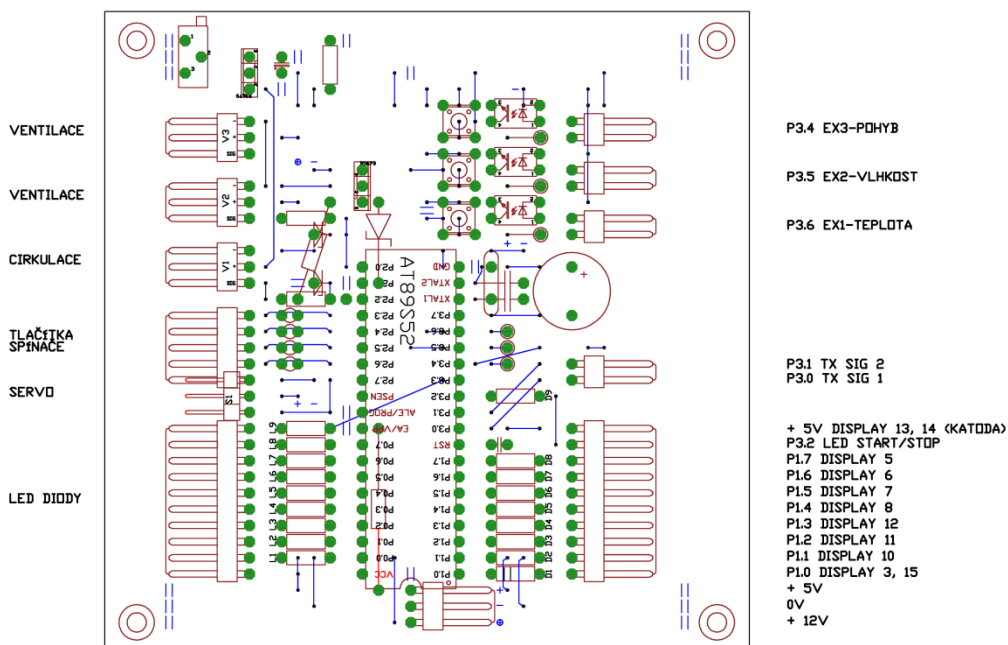
Příloha C

Fotografie a obrázky desek plošných spojů

Deska hlavního mikroprocesoru

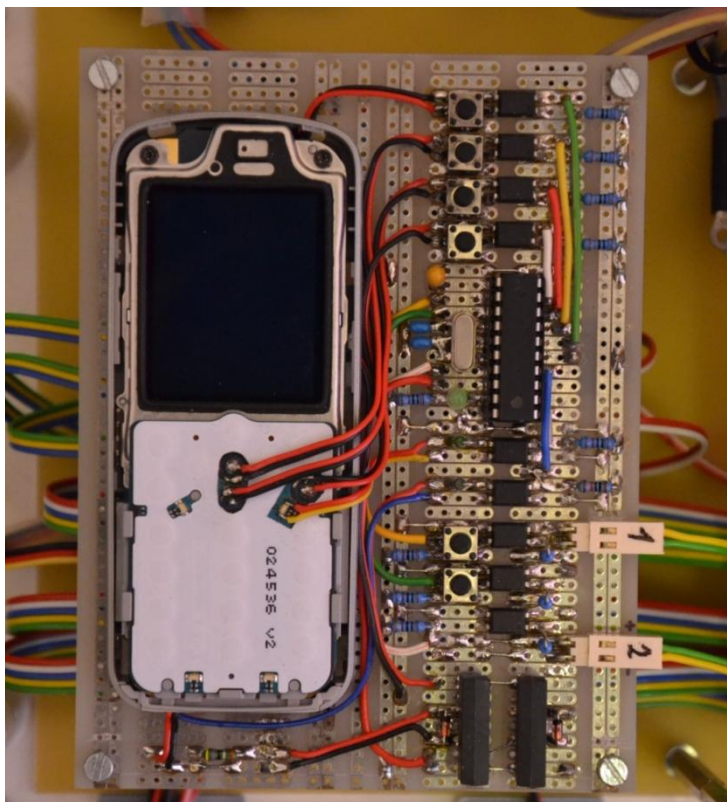


Obrázek 60 Modul hlavního mikroprocesoru - fotografie výrobku

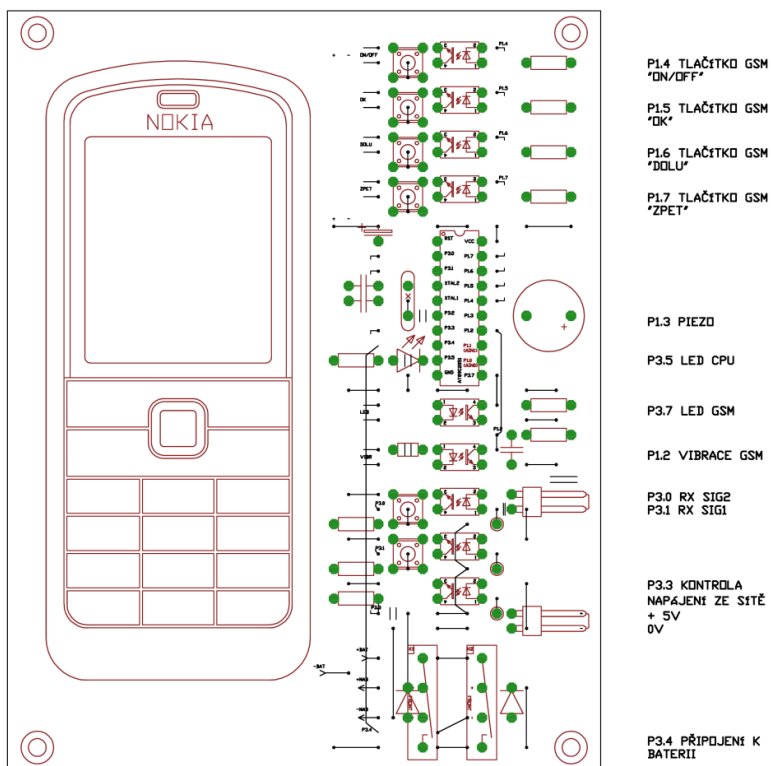


Obrázek 61 Modul hlavního mikroprocesoru - vývojové prostředí

Deska modulu GSM



Obrázek 62 Modul GSM - fotografie výrobku



Obrázek 63 Modul GSM - vývojové prostředí

Příloha D

Ukázka zdrojového kódu hlavního mikroprocesoru

- prvních 209 řádků z 662 základní verze programu

```
;R0-
;R1-
;R2-
;R3-
;R4-ČEKEJ
;R5-ČEKEJ
;R6-ČEKEJ
;R7-

;PIEZO
pip equ p3.7 ;piezo

;VSTUPY
e3 equ p3.6 ;ex1 ;teplota
e2 equ p3.5 ;ex2 ;vlhkost
e1 equ p3.4 ;ex3 ;pohyb

;-----

$MOD52
$TITLE(BYTE SIGNED MULTIPLY)
$PAGEWIDTH(132)
$DEBUG
$OBJECT
$NOPAGING
;-----

;-----
START:

;LED NASTAVENI CASU
11 equ p3.3 ;LED interval otaceni
12 equ p0.7 ;LED interval vetrani
13 equ p0.6 ;LED delka vetrani

;LED VYSTRAHY
14 equ p0.5 ;LED teplota
15 equ p0.4 ;LED vlhkost
16 equ p0.3 ;LED otaceni
17 equ p0.2 ;LED vetrani
18 equ p0.1 ;LED cirkulace
19 equ p0.0 ;LED pohyb

;DISPLAY
d1 equ p1.0 ;display
d2 equ p1.1 ;display
d3 equ p1.2 ;display
d4 equ p1.3 ;display
d5 equ p1.4 ;display
d6 equ p1.5 ;display
d7 equ p1.6 ;display
d8 equ p1.7 ;display
d9 equ p3.2 ;LED START/STOP

;KOMUNIKACE
tx1 equ p3.0
tx2 equ p3.1

;KONTROLA VENTILATORU
sig1 equ p2.2 ;signal cirkulace
sig2 equ p2.0 ;signal ventilace
v equ p2.1 ;on/off ventilace

;TLACITKA A SPINAC
th equ p2.5 ;tlacitko HODNOTA
tf equ p2.6 ;tlacitko FUNKCE
tv equ p2.4 ;tlacitko VYSTRAHA
ts equ p2.3 ;tlacitko START/STOP

;SERVO
s equ p2.7 ;servo

setb 11
setb 12
setb 13
setb 14
setb 15
setb 16
setb 17
setb 18
setb 19
setb d1
setb d2
setb d3
setb d4
setb d5
setb d6
setb d7
setb d8
setb d9
;setb tx1
;setb tx2

clr v

setb ts
setb tv
setb tf
setb th

clr s

clr e1
clr e2
clr e3

setb pip

MOV R0,#0
MOV R1,#0
MOV R2,#0
```

```

MOV   R3,#0
MOV   R4,#0
MOV   R5,#0
MOV   R6,#0
MOV   R7,#0

;-----ZACATEK-----

zac:
    call res
    call c0
    clr    pip
    call cekej
    call cekej
    call cekej
    setb   pip

;-----HLAVNÍ CYKL TLACITEK-----
-----

zac1:
    jnb    ts,TSX0
    jnb    tv,TVX0
    jnb    tf,TFX0
    jnb    th,THX0
    jmp    zac1

tfx0:  ljmp   tfx1
thx0:  ljmp   thx1
tvx0:  ljmp   tvx1
tsx0:  ljmp   tsx1

;-----TH DISPLAY-----
-----

thx1:
    call res
    call   c1
    call cekej
    jb     th,thx11
    jmp    thx1
thx11: call cekej
    jnb    tf,pomtfh1
    jnb    tv,pomtvh1
    jnb    ts,pomtsh1
    jnb    th,thx2
    jmp    thx11

thx2:
    call res
    call   c2
    call cekej
    jb     th,thx22
    jmp    thx2
thx22: call cekej
    jnb    tf,pomtfh1
    jnb    tv,pomtvh1
    jnb    ts,pomtsh1
    jnb    th,thx3
    jmp    thx22

thx3:
    call res
    call   c3
    call cekej
    jb     th,thx33
    jmp    thx3
thx33: call cekej
    jnb    tf,pomtfh1
    jnb    tv,pomtvh1
    jnb    ts,pomtsh1
    jnb    th,thx4
    jmp    thx33

thx4:
    call res
    call   c4
    call cekej
    jb     th,thx44
    jmp    thx4
thx44: call cekej
    jnb    tf,pomtfh1
    jnb    tv,pomtvh1
    jnb    ts,pomtsh1
    jnb    th,thx5
    jmp    thx44

;----
pomtfh1: ljmp   tfx1
pomtvh1: ljmp   tvx1
pomtsh1: ljmp   tsx1
;----

thx5:
    call res
    call   c5
    call cekej
    jb     th,thx55
    jmp    thx5
thx55: call cekej
    jnb    tf,pomtfh1
    jnb    tv,pomtvh1
    jnb    ts,pomtsh1
    jnb    th,thx6
    jmp    thx55

thx6:
    call res
    call   c6
    call cekej
    jb     th,thx66
    jmp    thx6
thx66: call cekej
    jnb    tf,pomtfh1
    jnb    tv,pomtvh1
    jnb    ts,pomtsh1
    jnb    th,thx7
    jmp    thx66

thx7:
    call res
    call   c7
    call cekej
    jb     th,thx77
    jmp    thx7
thx77: call cekej
    jnb    tf,pomtfh1
    jnb    tv,pomtvh1

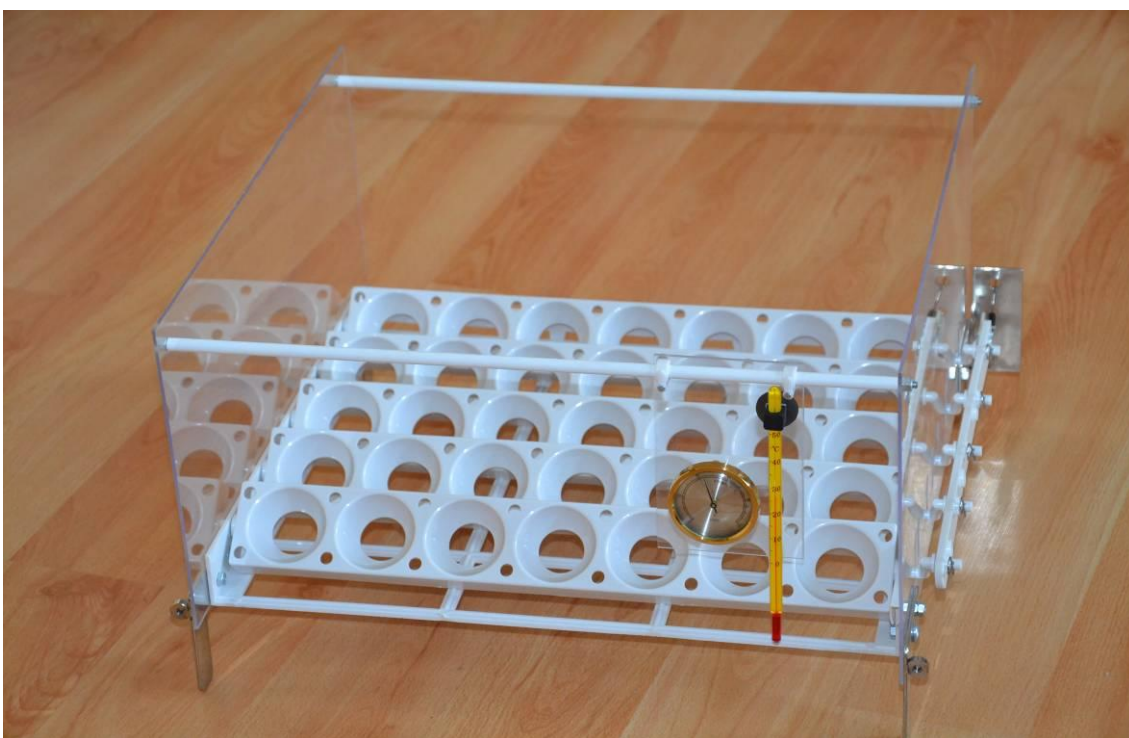
```


Příloha E

Fotografie líhně



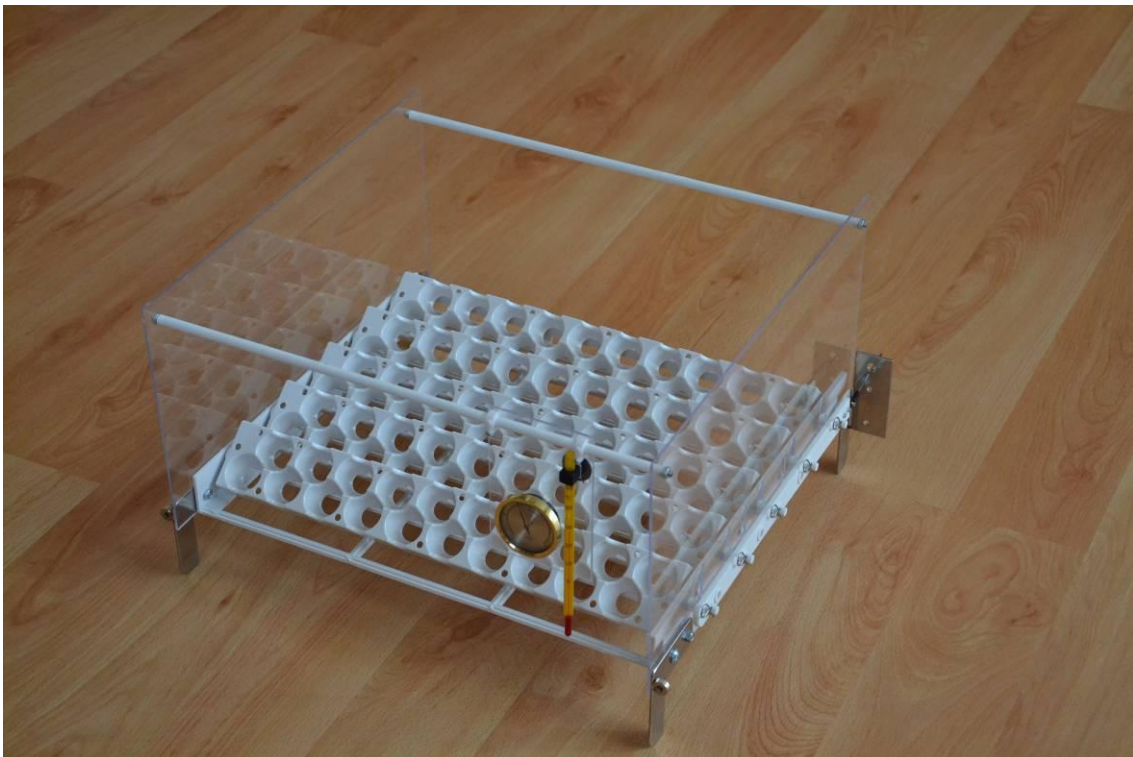
Obrázek 64 Vnitřní stavba líhně bez palet pro uložení vajec



Obrázek 65 Vnitřní stavba líhně s paletami pro slepičí, kachní a husí vejce - rozložení pro líhnutí slepic a kachen (max. 35 ks vajec)



Obrázek 66 Vnitřní stavba lůžně s paletami pro slepičí, kachní a husí vejce - rozložení pro líhnutí husích vajec (max. 28 ks vajec)



Obrázek 67 Vnitřní stavba lůžně s paletami pro líhnutí křepelk (max. 100 ks vajec)



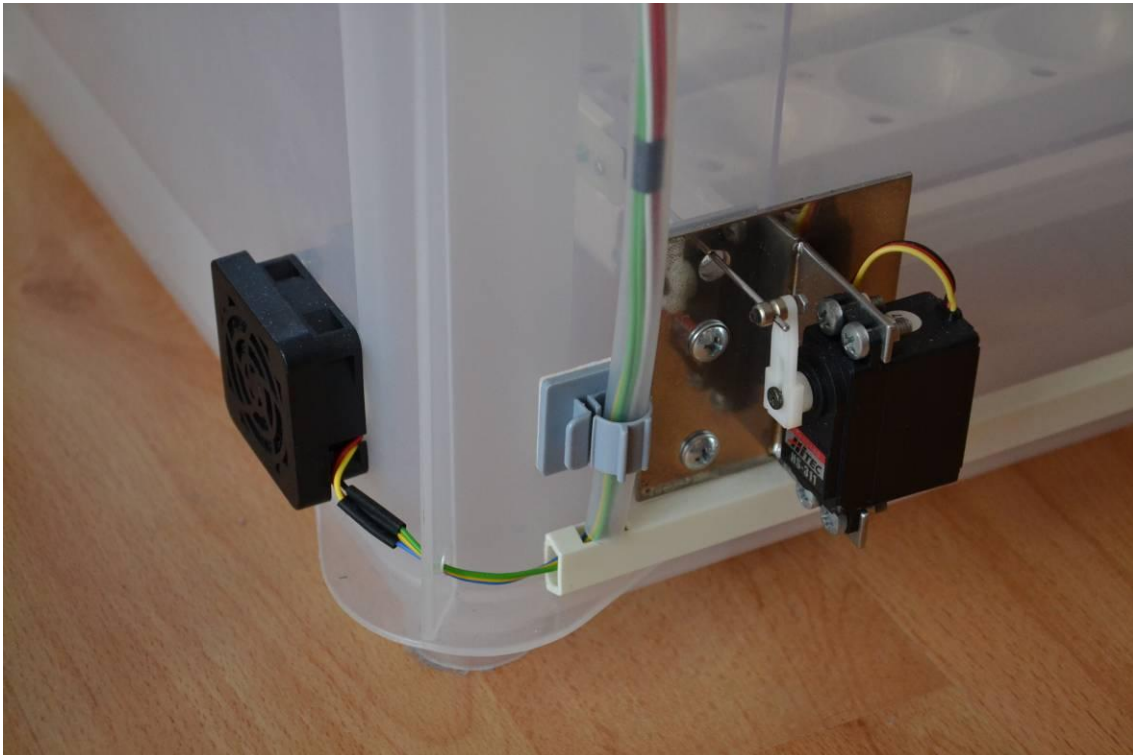
Obrázek 68 Pohled na kompletní líheň v otevřeném stavu, bez držáku a obraceče vajec



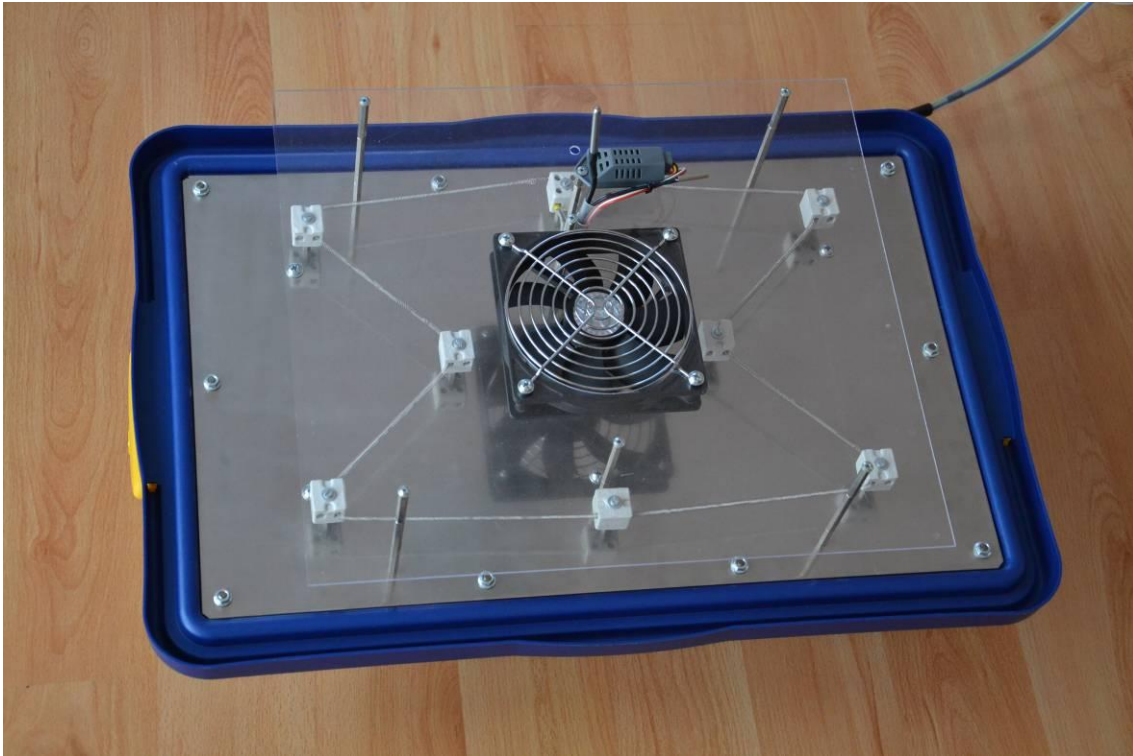
Obrázek 69 Pohled na kompletní líheň v otevřeném stavu s držákem a obracečem vajec



Obrázek 70 Bližší pohled do prostoru líhniště



Obrázek 71 Pohled na ventilátor ventilace a servo otáčení vajec, které jsou umístěny na vnějším obalu líhně



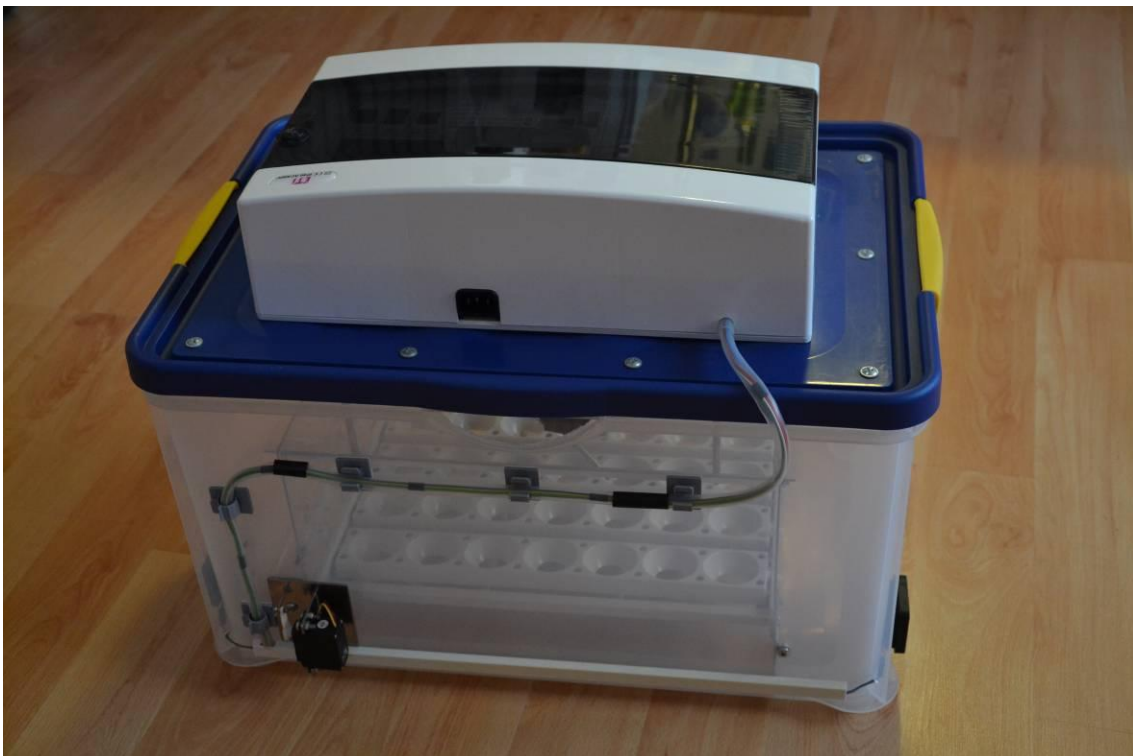
Obrázek 72 Pohled na spodní část víka lihně, na ventilátor cirkulace, topnou spirálu a čidla digitálních měřicích přístrojů - foto 1



Obrázek 73 Pohled na spodní část víka lihně, na ventilátor cirkulace, topnou spirálu a čidla digitálních měřicích přístrojů - foto 2



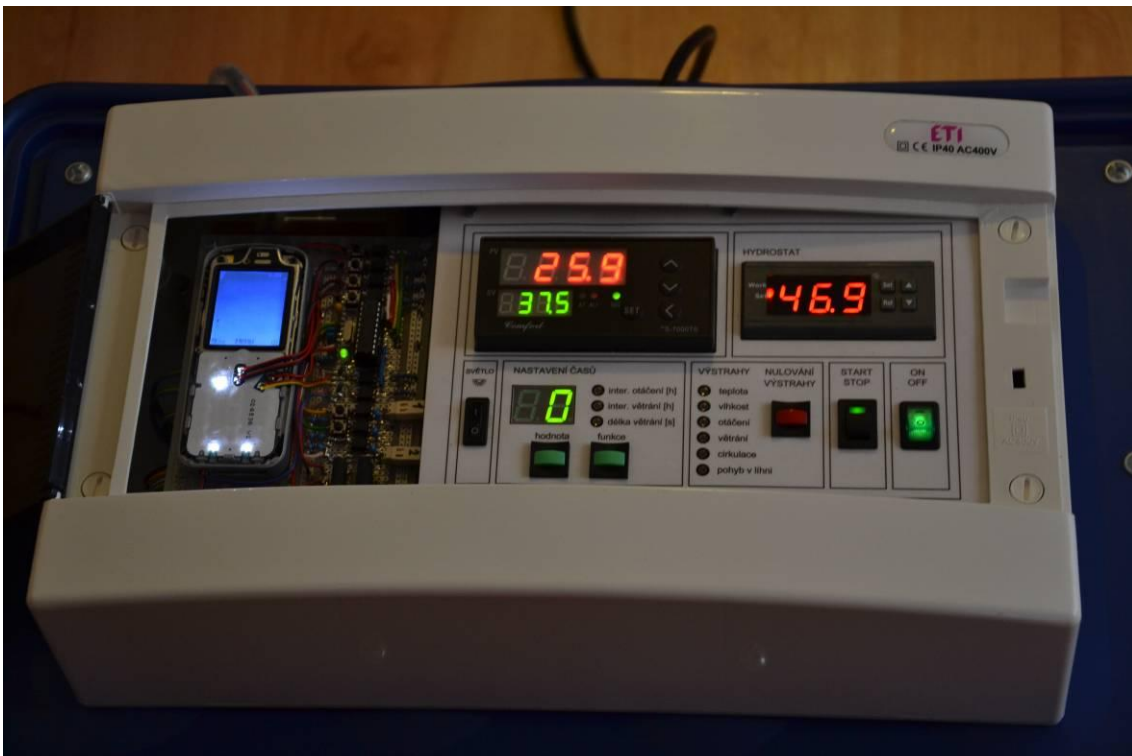
Obrázek 74 Pohled na kompletní líheň z čelní strany



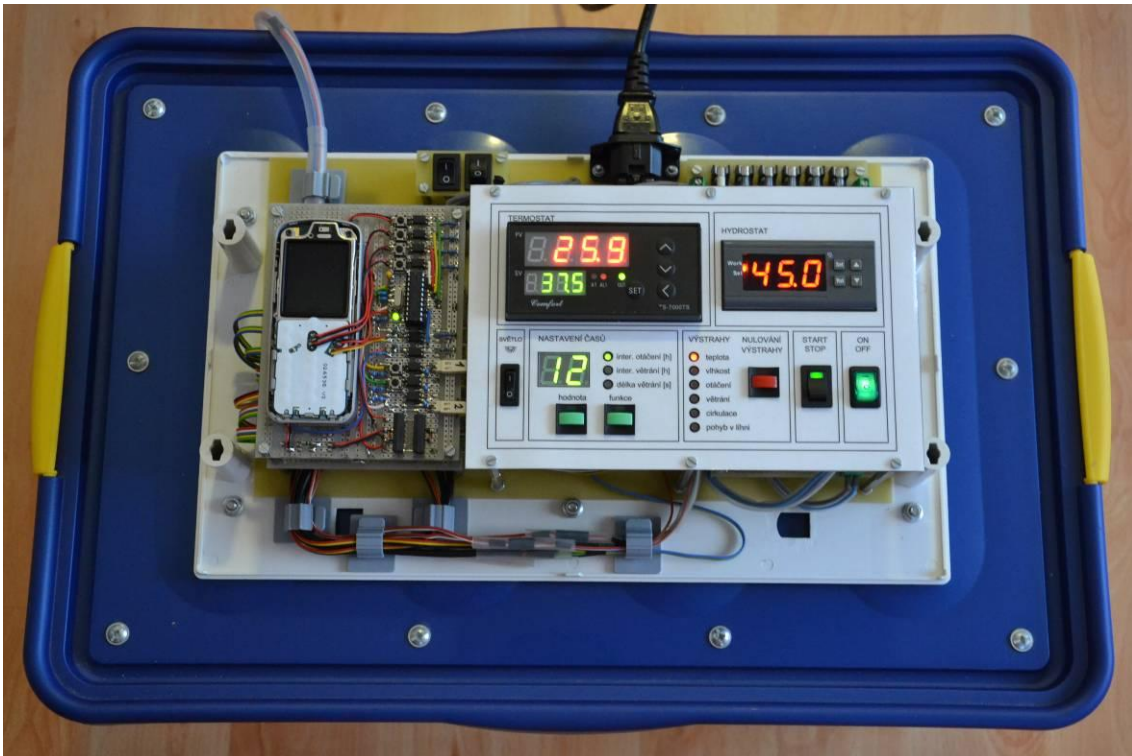
Obrázek 75 Pohled na kompletní líheň ze zadní strany



Obrázek 76 Pohled na ovládací panel se zavřeným víkem



Obrázek 77 Pohled na ovládací panel s otevřeným víkem



Obrázek 78 Pohled na elektroniku ovládací skříně - pohled shora



Obrázek 79 Pohled na elektroniku ovládací skříně - pohled zepředu



Obrázek 80 Pohled na elektroniku ovládací skříně - pohled zezadu



Obrázek 81 Pohled na liheň z čelní strany při zapnutém vnitřním osvětlení