



UNIVERSITATEA POLITEHNICĂ BUCUREȘTI
FACULTATEA DE INGINERIE MECANICĂ ȘI
MECATRONICĂ
DEPARTAMENTUL DE MECATRONICĂ ȘI ROBOTICĂ

PROIECT DE LICENȚĂ

Stație de corodare pentru cablaje imprimate

Coordonator științific:
As. Drd. Ing. Philip Coandă

Absolvent:
Vlad-Ștefan Ureche

București

2023



Cuprins

1. Stadiul actual	4
1.1. Scurt Istoric.....	4
1.2. Soluții actuale	5
1.2.1. Instalație de corodare pentru cablaje imprimate HK2030.	5
1.2.2. Instalație de corodare pentru cablaje imprimate PROMA 141060.	6
1.2.3. Instalație de corodare pentru cablaje imprimate TONIFISHI.....	7
1.2.4. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate HK2735	8
1.2.5. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate PCB710S.	9
1.2.6. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate SUNY-ZFS400.	10
1.2.7. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate PROMA 141070.	11
1.2.8. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate ASICO AE 834.....	12
1.2.9. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate PROMA 141 030 2000.	13
1.2.10. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate AC220 KINSTEN.....	14
1.2.11. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate ROTA-SPRAY PLUS.	15
1.3. Concluzii privind stadiul actual.....	16
1.4. Tabel Comparativ	17
2. Alegerea și prezentarea soluției proprii.....	18
3. Memoriu tehnic	23
3.1. Calculul presiunii soluției din bazin, dimensionarea pompei de aer.	23
3.2. Calculul momentului, dimensionarea motorului electric	26
3.3. Modelarea 3D a componentelor mecanice	31
3.4. Modelarea 3D a componentelor electrice	34
3.5. Modelarea 3D a ansamblului.....	38



3.6. Schema electrică a soluției	41
3.7. Programarea microcontroler-ului Arduino Uno	46
4. Eficiența economică	53
5. Concluzii	59
Bibliografie.....	61
Anexa	66



1. Stadiul actual

1.1. Scurt Istoric

Un circuit imprimat sau cablaj imprimat, prescurtat PCB, este o placă cu cablaj imprimat care are rolul de a susține mecanic și de a conecta un ansamblu de componente electrice, pentru a realiza un produs final funcțional. Cablajele imprimate au apărut ca înlocuitori pentru circuitele de cablare voluminoase acum aproape un secol. Astăzi, cablajele imprimate reprezintă nucleul industriei electronice. [\[2\]](#)

Evoluția cablajelor imprimate de la un simplu circuit radio cu straturi de cupru pe fiecare parte a unui strat izolator, la cablaje imprimate flexibile multistrat utilizate în aplicații prin satelit, marchează un progres impresionant. Instalațiile de corodare pentru cablaje imprimate datează încă de la începuturile anilor 1900.

Un exemplu de luat în calcul este compania CHEMCUT, care datează încă din anul 1957 și este o companie de top în ceea ce privește corodarea cablajelor imprimate.

O placă de cablaj imprimat brut este realizată dintr-un strat izolator, pe care se află o folie de cupru. O instalație de corodare pentru cablaje imprimate presupune un sistem care are ca scop eliminarea materialului foliei de cupru lipită pe placa. După ce cuprul în exces a fost îndepărtat, rămâne doar circuitul electric dorit.

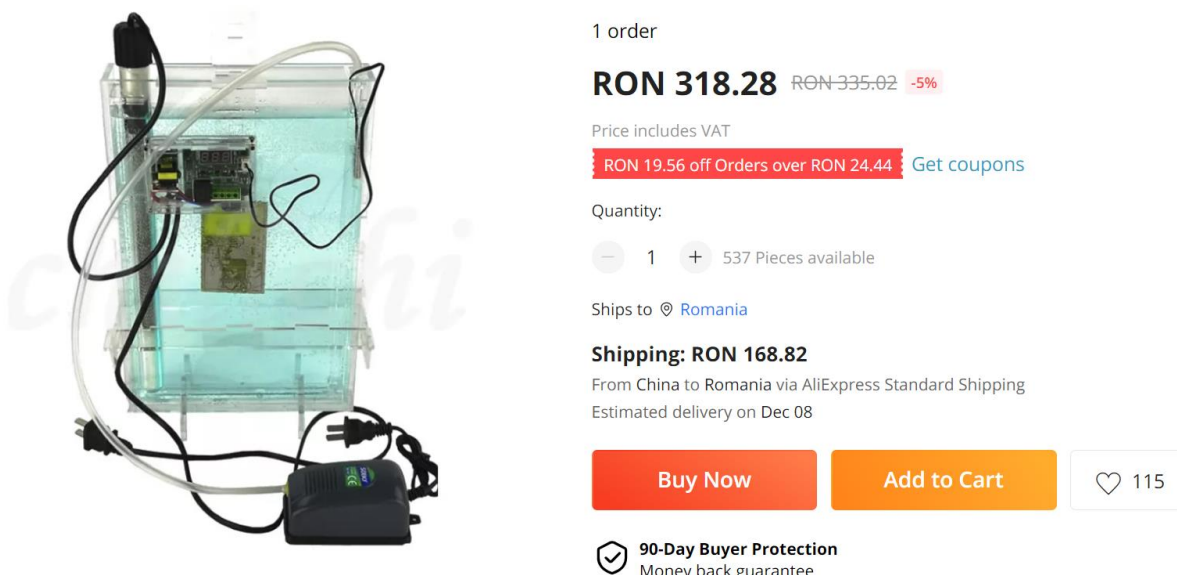
Materialul de cupru în exces este eliminat cu ajutorul unui acid, de exemplu clorura de fier, care, adus la o anumită temperatură și în anumite condiții, elimină cuprul în exces, lăsând în urmă circuitul electric dorit. [\[2\]](#)

O instalație de corodare pentru cablaje imprimate are câteva elemente generale, precum: un bazin pentru a depozita atât acidul, cât și plăcuța de cablaje imprimate, un element de încălzire pentru a aduce temperatura acidului la cea dorită, care este de 40-50 de grade Celsius, și un termostat pentru a ne asigura că temperatura rămâne constantă.

1.2. Soluții actuale

În continuarea stadiului actual, am analizat câteva soluții deja existente pe piață pentru a găsi elementele comune și pentru a înțelege mai bine ce înseamnă o instalație de corodare pentru cablaje imprimate. Toate aceste soluții au diferite avantaje și dezavantaje în funcție de preț, materiale folosite, timp de execuție sau dimensiunile acestora.

1.2.1. Instalație de corodare pentru cablaje imprimate HK2030.



(Figura 1.2.1 – Instalație de corodare HK2030) [3]

Specificații instalație de corodare:

1. Acuratețe: 0.1 – 0.2 mm
2. Suprafață maximă de corodare: 15 x 25 cm
3. Voltaj nominal: 220V
4. Putere de lucru: 300W
5. Dimensiuni: 20 x 30 cm
6. Temperatură de lucru: 45 Celsius (40-50 temperatură recomandată)
7. Avertizare temperatură maximă: 60 Celsius

Instalația de corodare HK2030 are avantajul de a fi o instalație de dimensiuni mici, consumând puțină energie și având un preț redus.

Cu toate acestea, există și anumite aspecte negative în comparație cu alte instalații. De exemplu, nu poate prelucra PCB-uri de dimensiuni mai mari, materialele din care este construită nu sunt foarte rezistente, iar timpul de execuție este mai lung.

1.2.2. Instalație de corodare pentru cablaje imprimate PROMA 141060.

Proma 141060 0000 PCB Etching Station



● Available 1 piece

Ready for dispatch: Mon 7.11. - Wed 9.11. [i](#)

✓ Plus shipping costs [\(see conditions\)](#)

550,42 €

655,00 € VAT incl. [?](#)

1 piece


5+ pieces

10+ pieces

50+ pieces

100+ pieces

— 1 +

 Add to Cart

(Figura 1.2.2 – Instalație de corodare PROMA 141060) [\[4\]](#)

Specificații instalație de corodare:

1. Masă: 10.5 Kg, 30 kg cu rezervoare pline
2. Suprafață maximă de corodare: 24 x 32.5 cm
3. Voltaj nominal: 230V

4. Putere de lucru: 200W
5. Dimensiuni: 3 rezervoare x (33.5 x 5.8 x 30.6 cm)
6. Temperatură de lucru: 45 Celsius (40-50 temperatură recomandată)
7. Avertizare temperatură maximă: 60 Celsius

[4] Instalația de corodare PROMA 141060 este o instalație puțin mai complexă decât cele clasice și mai ieftine, având mai multe rezervoare pentru a separa etapele de prelucrare și clătire a PCB-ului.

Printre avantajele acestei instalații se numără faptul că, clătirea PCB-ului se face în același sistem, ceea ce o face mai eficientă în comparație cu alte instalații cu un preț redus.

Cu toate acestea, există și câteva dezavantaje. De exemplu, prețul este puțin mai ridicat, iar dimensiunile instalației sunt ceva mai mari în comparație cu instalațiile cu un preț redus.

1.2.3. Instalație de corodare pentru cablaje imprimate TONIFISHI.



PCB etching machine, circuit and double panel etching

RON 15.4 off every RON 15

2 orders

RON 262.95 RON

Price includes VAT

RON 19.56 off Orders over RON

Quantity:

— 1 + 75 Pieces available

Ships to 📍 Romania

Shipping: RON 69.09

From China to Romania via Cainiao
Estimated delivery on Jan 04

(Figura 1.2.3 – Instalație de corodare TONIFISHI) [5]

1. Acuratețe: aproximativ 0.2 mm
2. Suprafață maximă de corodare: 15 x 20 cm
3. Voltaj nominal: 220V
4. Putere de lucru: 300W
5. Dimensiuni: 20 x 25 cm
6. Temperatură de lucru: 45 Celsius (40-50 temperatură recomandată)
7. Avertizare temperatură maximă: 60 Celsius

[5] Instalația de corodare TONIFISHI este una dintre cele mai ieftine soluții pentru corodarea unui PCB. Cu un preț aproximativ de 263 RON, aceasta are cel mai mic cost din lista întocmită, ceea ce reprezintă un avantaj.

Cu toate acestea, există și câteva dezavantaje ale acestei instalații. În primul rând, nu este foarte rapidă în corodarea PCB-urilor, iar în al doilea rând, are o acuratețe mediocră.

1.2.4. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate HK2735



HK2735 circuit board making equipment
equipment PCB manual proofing corros

RON 15.4 off every RON 153.98 spent or

★★★★★ 5.0 ~ 1 Review 1 order

RON 437.26 ~~RON 460.26~~ -5%

Price includes VAT

RON 19.56 off Orders over RON 24.44 [Get](#)

Quantity:

— 1 + 838 Pieces available

Ships to 📍 Romania

Shipping: RON 256.54

From China to Romania via Cainiao Heavy Parc
Estimated delivery on Jan 04

(Figura 1.2.4 – Instalație de corodare HK2735) [6]

1. Acuratețe: 0.1 – 0.2 mm
2. Suprafață maximă de corodare: 20 x 30 cm
3. Voltaj nominal: 220V
4. Putere de lucru: 300W
5. Dimensiuni: 27 x 35 cm
6. Temperatură de lucru: 45 Celsius (40-50 temperatură recomandată)
7. Avertizare temperatură maximă: 60 Celsius

[6] Instalația de corodare HK2735 este o opțiune cu preț redus, însă are o acuratețe puțin mai ridicată în comparație cu alte instalații ieftine. De asemenea, poate coroda PCB-uri cu o dimensiune puțin mai mare decât cele mai ieftine variante din această listă, ceea ce reprezintă un avantaj.

Totuși, există și câteva dezavantaje ale acestei instalații. În primul rând, este ineficientă, iar în al doilea rând, calitatea materialelor folosite nu este proiectată să reziste în timp.

1.2.5. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate PCB710S.



(Figura 1.2.5 – Instalație de corodare PCB710S) [7]

1. Acuratețe: 0.1 mm
2. Voltaj nominal: 220V
3. Dimensiuni: 185 x 110 x 100 cm
4. Temperatură de lucru: 48 Celsius (40-50 temperatură recomandată)
5. Avertizare temperatură maximă: 60 Celsius
6. Număr de rezervoare: 4

[7] Avantajele instalației de corodare PCB710S sunt multiple, printre care se numără posibilitatea de a avea mai multe rezervoare, ceea ce permite prelucrarea simultană a mai multor cablaje imprimate și clătirea acestora cu apă în același sistem.

De asemenea, PCB710S este construită din materiale durabile și de înaltă calitate, asigurând o funcționalitate pe termen lung a acestei instalații.

Totuși, trebuie menționate și câteva dezavantaje, cum ar fi dimensiunile mai mari față de alte aparate similare și un preț ridicat.

1.2.6. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate SUNY-ZFS400.



Automatic PCB etching machine SUNY-ZFS400

Sold by:

**U-Therm International (H.K.)
Limited**

📍 China

★★★★★ Feedback on the quality of responses (from 20 buyers)

⌚ This seller generally responds in under 12 hours

(Figura 1.2.6 – Instalație de corodare SUNY-ZFS400) [8]

1. Acuratețe: 0.1 – 0.2 mm
2. Suprafață maximă de corodare: 40 x 30 cm
3. Voltaj nominal: 220V
4. Putere de lucru: 1800
5. Dimensiuni: 80 x 40 x 80
6. Temperatură de lucru: 55 Celsius
7. Avertizare temperatură maximă: 60 Celsius
8. Cantitate de substanță necesară 40L

[8] Instalația de corodare fabricată de către firma SUNY, denumită SUNY-ZFS400, prezintă în primul rând caracteristicile unei instalații automate. Acest aspect permite crearea și clătirea PCB-urilor în mod autonom, reducând necesitatea intervenției umane.

Cu toate acestea, există și câteva dezavantaje ale acestei instalații. În primul rând, se remarcă un preț ridicat, ceea ce poate reprezenta o limitare financiară. De asemenea, masa și dimensiunile aparatului pot impune restricții în ceea ce privește amplasarea în spații mici sau limitate.

1.2.7. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate PROMA 141070.

Proma 141070 0000 PCB
Spray Etching Machine 1



● Available 1 piece

Ready for dispatch: Mon 14.11. - Wed 16.11. [i](#)

✓ Plus shipping costs [\(see conditions\)](#)

693,28 €

825,00 € VAT incl. [?](#)

VAT excl. ☐

1 piece	693,28 €
5+ pieces	672,48 €
10+ pieces	658,61 €
50+ pieces	623,95 €
100+ pieces	554,62 €

–

1

+

Add to Cart

(Figura 1.2.7 – Instalație de corodare PROMA 141070) [9]

1. Acuratețe: 0.1 – 0.2 mm
2. Suprafață maximă de corodare: 24 x 31 cm
3. Voltaj nominal: 230V
4. Putere de lucru: 300W
5. Masă: 12 Kg
6. Temperatură de lucru: 45 Celsius (40-50 temperatură recomandată)
7. Avertizare temperatură maximă: 60 Celsius

[9] Un alt produs oferit de firma PROMA este PROMA 141070 0000 PCB SPRAY ETCHING MACHINE. Aceasta instalație de corodare pentru cablaje imprimate se distinge de majoritatea celorlalte produse din lista studiului prin utilizarea unei instalații de duze. Aceste duze au rolul de a elibera acid sub presiune pentru a îndepărta stratul excesiv de cupru de pe cablajele imprimate. Această metodă este mai complexă, însă avantajul constă în obținerea mai rapidă a produsului finit.

Dezavantajele unei astfel de instalații includ un preț mai ridicat și complexitatea aparatului.

1.2.8. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate ASICO AE 834.



PCB Etching Machine

(Figura 1.2.8 – Instalație de corodare ASICO AE 834) [10]

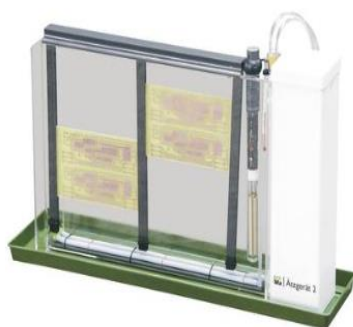
1. Acuratețe: 0.1 – 0.3 mm
2. Suprafață maximă de corodare: 27 x 30 cm
3. Voltaj nominal: 220V
4. Putere de lucru: 250W
5. Masă: 24 Kg
6. Temperatură de lucru: 47 Celsius (40-50 temperatură recomandată)
7. Avertizare temperatură maximă: 59 Celsius

[10] Instalația de corodare ASICO, fiind o instalație industrială, prezintă avantaje importante. În primul rând, se remarcă dimensiunile reduse, ceea ce o face potrivită pentru o instalare automată în spații restrânse. De asemenea, este fabricată din materiale de înaltă calitate, capabile să reziste chiar și la șocuri.

Cu toate acestea, dezavantajul principal al acestei instalații este prețul ridicat, ceea ce poate reprezenta o limitare financiară.

1.2.9. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate PROMA 141 030 2000.

Proma 141 030 2000 PCB Bubble Etching Machine with Heater



Item no.: 530328
Manufacturer no.: 141 030 2000
EAN: 4016138037654



An ideal tool for etching PCBs in laboratory or small scale production applications. This PCB etcher features a 1.7l acrylic etching tank with a suspended glass heating element and a diaphragm air pump, housed in the PVC side enclosure. The pump feed...

[Full description](#)



Guaranteed product originality

● Available 5 pieces
Ready for dispatch: Mon 14.11. - Wed 16.11.

✓ Plus shipping costs (see conditions)

190,00 €

159,66 € VAT excl.

VAT incl.

1 piece	190,00 €
5+ pieces	184,30 €
10+ pieces	180,50 €
50+ pieces	171,00 €
100+ pieces	152,00 €

1

Add to Cart

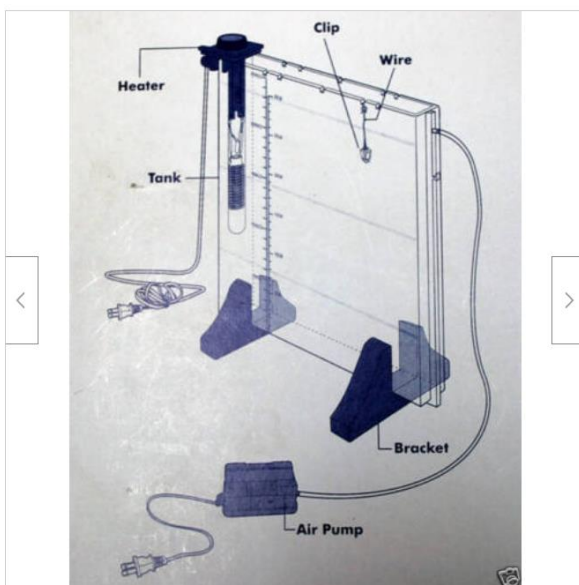
(Figura 1.2.9 – Instalație de corodare PROMA 141 030 2000) [11]

1. Acuratețe: 0.1 – 0.2 mm
2. Suprafață maximă de corodare: 25 x 18 cm
3. Voltaj nominal: 230V
4. Putere de lucru: 100W
5. Dimensiuni: 32 x 10 x 30 cm
6. Temperatură de lucru: 45 Celsius (40-50 temperatură recomandată)
7. Avertizare temperatură maximă: 60 Celsius

[11] Instalația de corodare PROMA 141 030 2000 este recunoscută pentru prețul său redus, fiind fabricată de o firmă specializată în domeniu.

Aceasta beneficiază de materiale rezistente, tehnologie fiabilă și dimensiuni reduse. Prețul se încadrează într-o gamă medie.

1.2.10. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate AC220 KINSTEN.



1set PCB Etching Tank with Agitator and Heater 2L AC220 Kinsten Taiwan

Condition: New

Quantity: 1 available / [4 sold](#)

Price: **US \$65.80**

[Buy It Now](#)

[Add to cart](#)

[Add to Watchlist](#)

Last item
Available

7
Watchers

Shipping: Will ship to Romania. Read item description or [contact seller](#) for shipping options. | [See details](#)
Located in: Taipei county, Taiwan, Taiwan

Delivery: Varies

Returns: 30 day returns | Buyer pays for return shipping | [See details](#)

Payments:

(Figura 1.2.10 – Instalație de corodare AC220 KINSTEN) [12]

1. Acuratețe: 0.2 mm
2. Suprafață maximă de corodare: 18 x 14 cm
3. Voltaj nominal: 220V
4. Putere de lucru: 300W
5. Dimensiuni: 35 x 25 x 5 cm
6. Temperatură de lucru: 45 Celsius (40-50 temperatura recomandată)
7. Avertizare temperatură maximă: 60 Celsius

[12] Instalația de corodare pentru cablaje imprimate AC220 KINSTEN este una dintre cele mai accesibile soluții de corodare disponibile. Un avantaj major al acestei instalații este că vine sub forma unui kit, care ajută utilizatorii să înțeleagă procesul de asamblare și funcționarea unei stații de corodare. Prețul redus și posibilitatea de asamblare reprezintă un avantaj considerabil pentru cei interesați să studieze procesul de corodare al cablajelor imprimate.

Cu toate acestea, există câteva dezavantaje ale acestei instalații. Materialele utilizate pot fi de proastă calitate, ceea ce poate afecta durabilitatea și performanța instalației. De asemenea, dimensiunile mici ale instalației pot limita dimensiunea plăcuței de cablaje imprimate pe care o puteți procesa.

1.2.11. Instalația de corodare pentru cablaje imprimate ROTA-SPRAY PLUS.



Rota-Spray Plus Promotional Kit

Order Code: 34-0757

☆☆☆☆☆ (Write a review)

Brand: Mega Electronics

MPN: 500-722

RoHS Compliant

Country of Origin:

☐ Compare



(Figura 1.2.11 – Instalație de corodare ROTA-SPRAY PLUS) [13]



1. Acuratețe: 0.2mm
2. Suprafață maximă de corodare: 25 x 30 cm
3. Voltaj nominal: 230V
4. Dimensiuni: 65 x 54 x 50 cm
5. Temperatură de lucru: 40-50 Celsius
6. Timp de execuție: maximum 90 de secunde

[13] Ultima instalație de corodare prezentată în acest studiu este ROTA SPRAY PLUS. Aceasta este, de asemenea, o instalație cu duze care generează jeturi de acid.

Un avantaj al acestui tip de instalație este eliminarea necesității unei pompe de aer sau a altor mijloace pentru a produce mișcare asupra plăcuței de cablaj imprimat.

Dezavantajul principal al acestui tip de instalație este costul mai mare de fabricare.

1.3. Concluzii privind stadiul actual

În concluzie, din cele 11 tipuri de instalații de corodare pentru cablaje imprimate studiate, putem deduce că majoritatea prezintă caracteristici similare, dar și elemente specifice distincte. Printre acestea se numără dimensiunea, acuratețea de corodare, prețul, dimensiunea maximă a plăcuței de cablaj imprimat, temperatura de lucru, etc.

Este important de observat că, indiferent de prețul acestor instalații, nu există o componentă automată care să elimine complet factorul uman în ceea ce privește plasarea și extragerea plăcuțelor de cablaj imprimat înainte și după finalizarea procesului de corodare.



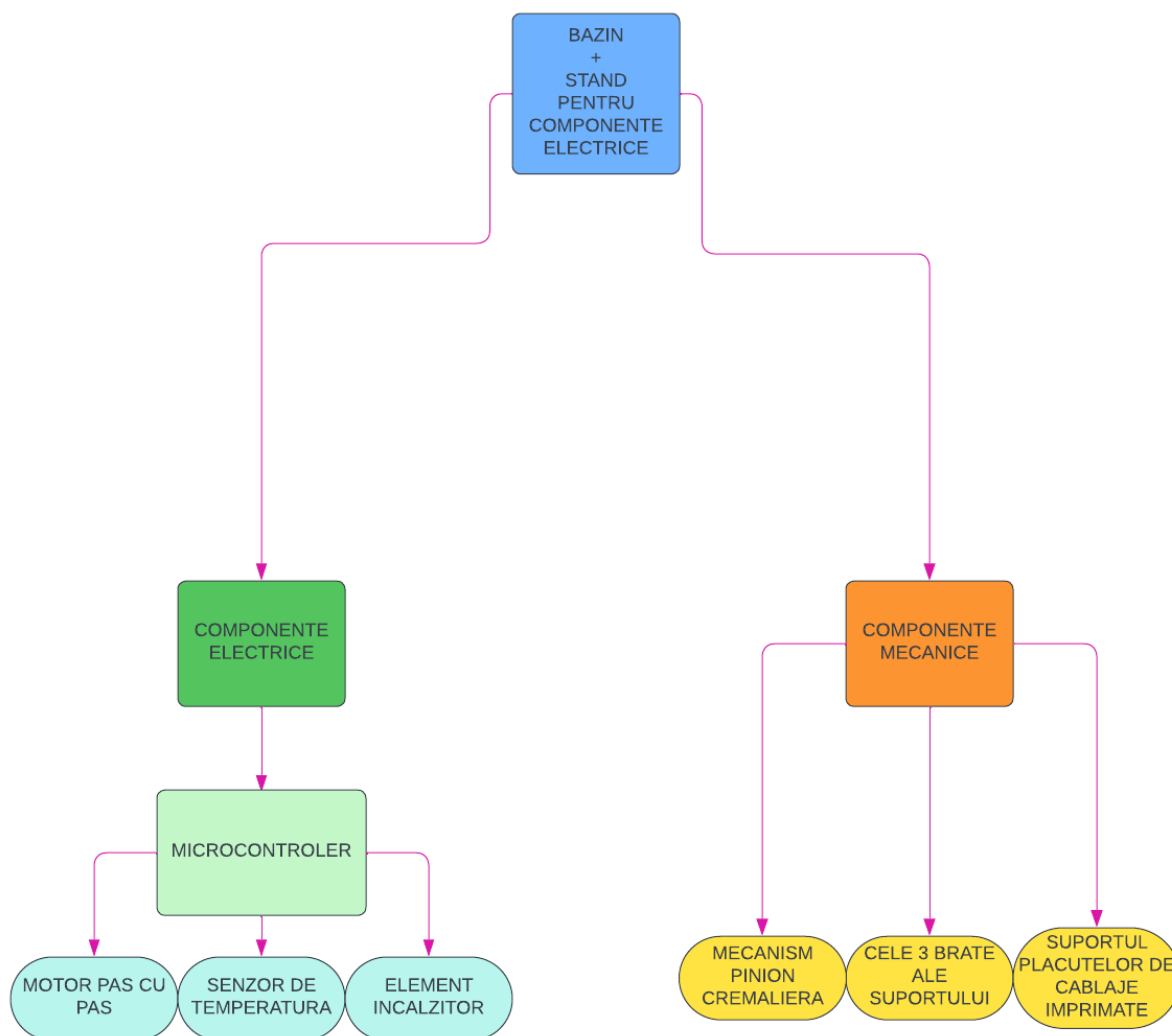
1.4. Tabel Comparativ

(Tabel 1.2.1 – Tabelul comparativ al soluțiilor studiate în stadiul actual)

Instalație	Dimensiune	Temperatură de lucru	Dimensiune Maximă PCB	Acuratețe	Preț
HK2030	20 x 30 cm	40-50 Grade Celsius	15 x 25 cm	0.1 mm - 0.2 mm	318.28 RON
PROMA 141060	33.5 x 30.6 cm	45 Grade Celsius	24 x 32.5 cm	0.1 mm - 0.2 mm	2705 RON
TONIFISHI	20 x 25 cm	45 Grade Celsius	15 x 20 cm	0.2 mm	262.95 RON
HK2735	27 x 35 cm	45 Grade Celsius	20 x 30 cm	0.1 mm - 0.2 mm	437.26 RON
PCB710S	185 x 110 cm	48 Grade Celsius	28 x 34 cm	0.1 mm	6752 RON
SUNY-ZFS400	80 x 40 cm	55 Grade Celsius	40 x 30 cm	0.1 mm - 0.2 mm	4795 RON
PROMA 141070	25 x 37 cm	45 Grade Celsius	24 x 31 cm	0.1 mm - 0.2 mm	3411 RON
ASICO AE 834	70 x 48 cm	47 Grade Celsius	27 x 30 cm	0.1 mm - 0.3 mm	1753 RON
PROMA 141 030 2000	32 x 10 cm	45 Grade Celsius	25 x 18 cm	0.1 mm - 0.2 mm	935 RON
AC220 KINSTEN	35 x 25 cm	45 Grade Celsius	18 x 14 cm	0.2 mm	306 RON
ROTA-SPRAY PLUS	65 x 54 cm	40-50 Grade Celsius	25 x 30 cm	0.2 mm	4320 RON

2. Alegerea și prezentarea soluției proprii.

Instalație de corodare pentru cablaje imprimate :



(Figura 2.1 – Schemă de principiu a soluției proprii)

Analizând proiectele existente pe piață, am hotărât să construiesc instalația de corodare pentru cablaje imprimate în felul următor:

La bază am construit un bazin din acrilic, deoarece aveam nevoie de un material transparent, care să nu reacționeze cu clorura ferică de care este nevoie pentru a coroda plăcuța de cablaje imprimate.

[1] Soluția de clorură ferică din acest bazin trebuie să fie menținută la o temperatură constantă în intervalul 40-55 de grade Celsius. Acest lucru îi oferă sistemului eficiență maximă.

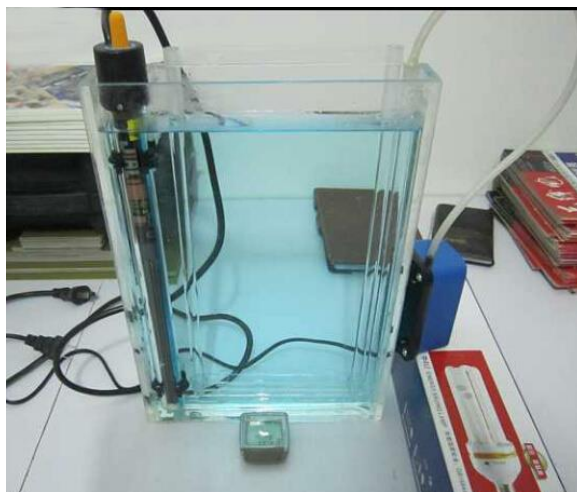
Pentru ca acest lucru să fie realizat, am instalat atât un element de încălzire al soluției asemănător cu cele ale unui acvariu destinat peștilor, cât și un senzor de temperatură care să indice când să pornească și să oprească elementul încălzitor pentru a ține soluția la temperatura optimă cu eroare cât mai mică.

Alt lucru important pentru eficiența de corodare este instalarea unei pompe de aer la baza bazinului, care are ca scop formarea bulilor de aer în soluție, care să "lovească" apoi plăcuța care este în proces de corodare.

Față de o instalație clasică de corodare pentru cablaje imprimate, prin actualul proiect am realizat și o componentă mecatronică care simplifică modul de lucru al utilizatorului și îi oferă mai multă siguranță având în vedere că îl ține mai departe de soluția acidă.

Această componentă mecatronică este alcătuită dintr-un mecanism clasic de tip pinion-cremalieră asamblat pe o șină de plastic care este racordată mai departe la bazinul acrilic în care se află soluția. Tot acest mecanism, care este practic suportul plăcuței de cablaje imprimate, este acționat de un motor pas cu pas Nema 17.

Ca totul să funcționeze în parametri, sistemul este controlat cu ajutorul unei plăci Arduino, la care sunt legate toate componentele electrice.



(Figura 2.2 - Exemplu de instalație de corodare homemade) [20]



Proiectul propus, o stație de corodare pentru cablaje imprimate, se remarcă prin mai multe avantaje distincte față de soluțiile existente pe piață. Aceste avantaje sunt rezultatul implementării unui sistem automat de scufundare a PCB-urilor în acid, prin intermediul unui mecanism de tip pinion-cremaliera acționat de un motor pas cu pas. Prin urmare, soluția propusă a prezentat următoarele beneficii:

1. Eficiență sporită: Utilizarea unui sistem automatizat de scufundare în acid aduce o componenta semnificativă a eficienței procesului de corodare. Comparativ cu metodele clasice, care implică scufundarea manuală a PCB-urilor într-un bazin de acid, sistemul automatizat elimină necesitatea intervenției umane constante și reduce erorile cauzate de manipulare manuală.

Astfel, timpul necesar pentru corodarea PCB-urilor este redus semnificativ, crescând astfel productivitatea generală a procesului.

2. Precizie și uniformitate: Mecanismul de tip pinion-cremaliera, acționat de un motor pas cu pas, permite controlul precis al vitezei și adâncimii de scufundare a PCB-ului în bazinul de acid. Acest control precis asigură o corodare uniformă a tuturor circuitelor imprimate, evitând astfel discrepanțele de întâlnire în metodele tradiționale. PCB-urile obținute prin această soluție prezintă o calitate superioară și performanțe bune.

3. Economie de costuri: Proiectul propus este conceput într-un mod care optimizează costurile de producție. Comparativ cu echipamentele comerciale existente pe piață, care pot fi costisitoare și greu de acces pentru unele întreprinderi propuse sau proiecte mici, soluția oferă o alternativă mai economică. Utilizarea unui bazin de acrilic și a unui mecanism de tip pinion-cremalieră, împreună cu motorul pas cu pas, contribuie la reducerea costurilor initiale și de întreținere. Astfel, proiectul este mai accesibil pentru o gamă mai largă de utilizatori și întreprinderi.



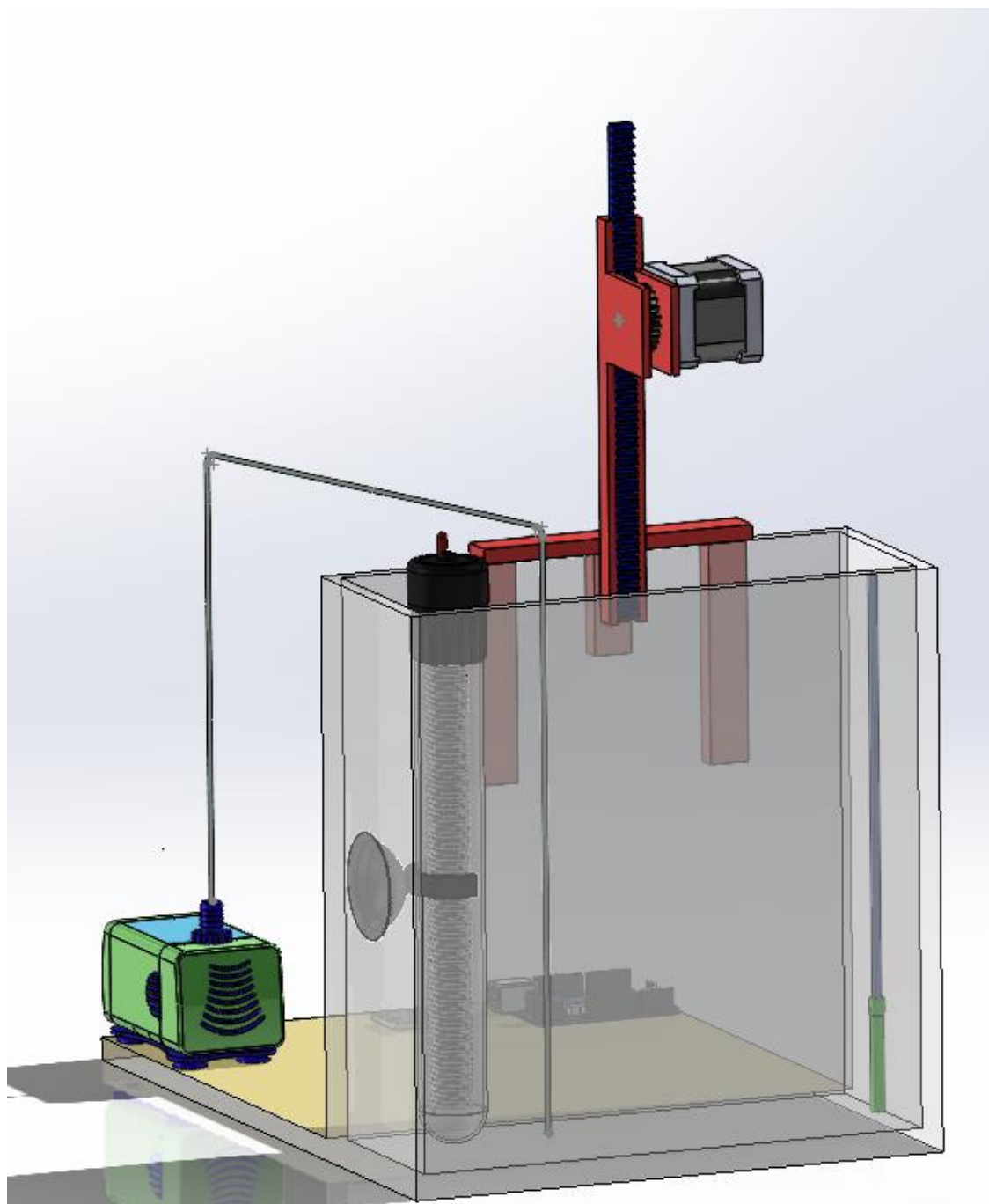
Modul de lucru al stației de corodare este următorul:

1. PCB-ul pregătit, care urmează a fi corodat, este plasat în suportul special al stației de corodare.
2. Utilizatorul setează parametrii necesari, cum ar fi adâncimea de scufundare și viteza de corodare, pe panoul de control al stației.
3. Motorul pas cu pas acționează mecanismul de tip bielă-manivelă, coborând PCB-ul în bazinul de acid la adâncimea specificată.
4. PCB-ul este menținut în acid pentru o perioadă de timp prestabilită, asigurând corodarea adecvată a circuitelor imprimate.
5. După finalizarea timpului de corodare, PCB-ul este ridicat în mod controlat din bazinul de acid și scos din stația de corodare.
6. PCB-ul corodat este apoi supus unui proces de clătire și neutralizare pentru a elimina reziduurile de acid și a opri procesul de corodare.

Prin intermediul acestui lucru, stația de corodare automatizată oferă mod de soluție eficientă, precisă și economică pentru fabricarea PCB-urilor prin corodare în acid.

În continuare, am realizat proiectarea 3D a instalației de corodare pentru cablaje imprimate.

Mecanismul folosit este de tipul pinion-cremalieră. Am optat pentru acest tip de mecanism pentru a transforma mișcarea de rotație a motorului pas cu pas NEMA 17 în mișcare de translație, care este necesară pentru a scufunda și extrage PCB-ul în timpul funcționării sistemului.

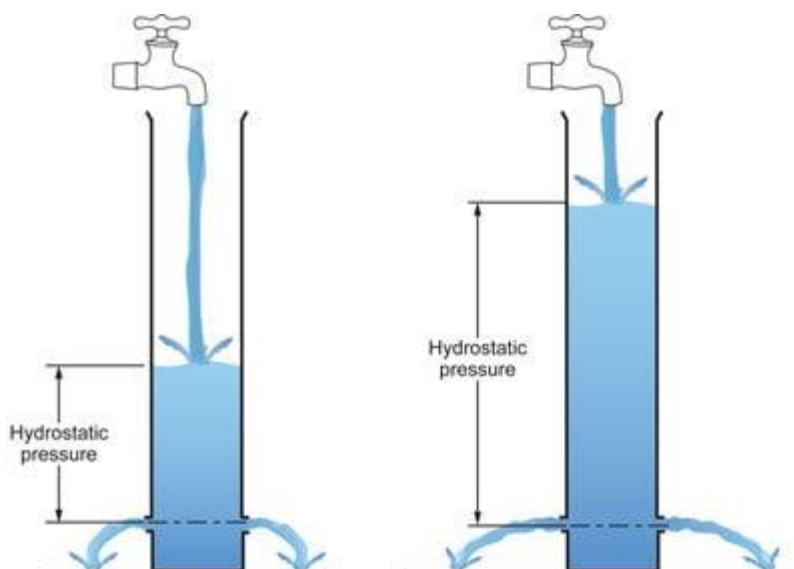


(Figura 2.3 – Modelarea 3D a ansamblului, vederea 1)

3. Memoriu tehnic

3.1. Calculul presiunii soluției din bazin, dimensionarea pompei de aer.

Presiunea pe care un lichid o exercită într-un bazin poate fi calculată utilizând formula presiunii hidrostatice. Presiunea hidrostatică este determinată de înălțimea coloanei de lichid și de accelerația gravitațională și este măsurată în unități de presiune, cum ar fi pascali sau Megapascali.



(Figura 3.1.1 – Desen explicativ al presiunii hidrostatice)

P = Presiunea cu care apasă lichidul la baza bazinului

ρ_{CF} = Densitatea soluției de clorură ferică

H = Înălțimea coloanei de lichid din bazin

g = Accelerația gravitațională

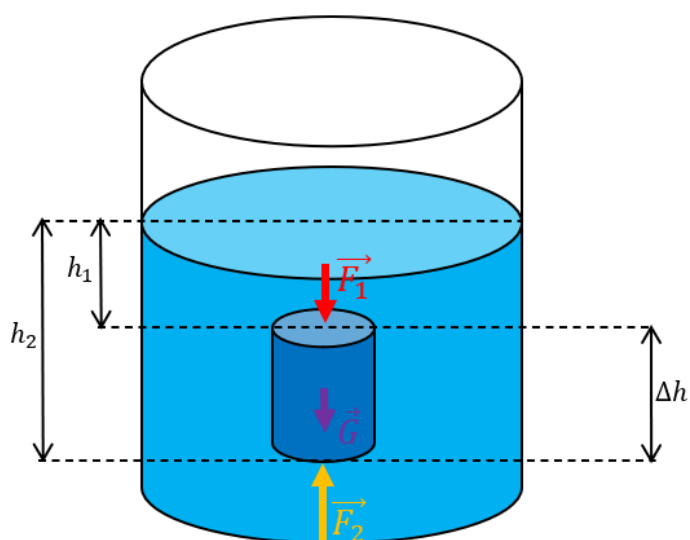
$P = \text{Densitatea} \times \text{Accelerația gravitațională} \times \text{Înălțimea}$

$$\rho_{CF} = 2900 \text{ kg/m}^3$$

$$H = 0.2 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\begin{aligned} P &= \rho \times g \times H \\ P &= 2900 \times 9.81 \times 0.2 \\ P &= 0.0056898 \text{ MPa} \end{aligned} \tag{1}$$



(Figura 3.1.2 – Desen explicativ al calculului presiunii)

În urma calculului, clorura ferică din bazin exercită o presiune de 0.0056898 MPa. Pentru a avea un sistem stabil și pentru a ne asigura că pompa de aer poate pompa o presiune cel puțin egală cu cea calculată de noi, vom lua în considerare și factorul de siguranță în alegerea acestui echipament.

Alegem pompa de aer BOYU SES-60: [\[14\]](#)

Specificații pompă de aer:

- Presiune: 0.03 MPa
- Debit aer: 60 L / min
- Putere: 35W
- Dimensiuni: 275 x 167 x 176 mm
- Tensiune de alimentare: 220-240V



(Figura 3.1.3 – Pompă de aer BOYU SES-60)

[\[14\]](#)



3.2. Calculul momentului, dimensionarea motorului electric

Forța tangențială este forța necesară pentru a produce mișcarea liniară a unui sistem cu mecanism de tip pinion cremalieră. [23]

d = Diametrul pinionului

r = Raza pinionului

m = Masa sistemului

m_1 = Masa cremalierii

m_2 = Masa plăcuței de cablaje imprimate

Z = Numarul de dinți ai pinionului

v = Viteza sistemului

t_a = Timpul de accelerație

μ = coeficient de frecare

T_n = Cuplul motor necesar

T_{nf} = Cuplul motor necesar ținând cont de factorul de siguranță

F_t = Forța tangențială

M = Modulul pinionului

F_s = Factor de siguranță

$$d = 0.04 \text{ m}$$

$$m_1 = 0.025 \text{ kg}$$

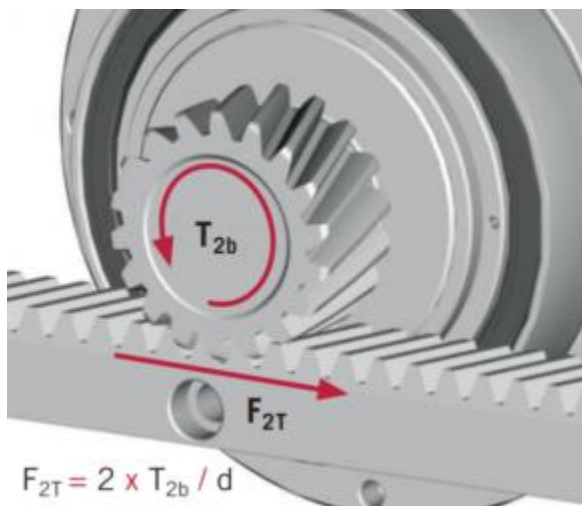
$$m_2 = 0.05 \text{ kg}$$

$$Z = 20$$

$$v = 0.05 \text{ m/s}$$

$$t_a = 0.1 \text{ s}$$

$$\mu = 0.2$$



(Figura 3.2.1 – Desen explicativ privind forța tangențială) [22]

$$r = d/2 \quad (2)$$

$$r = \frac{40}{2} = 20 \text{ mm} = 0.02 \text{ m}$$

$$m = m_1 + m_2 \quad (3)$$

$$m = 0.025 + 0.05 = 0.075 \text{ kg}$$

$$F_t = m \times g \times \mu + m \times a \quad (4)$$

În conformitate cu APEX DYNAMICS, într-un sistem vertical de tip pinion cremalieră coeficientul de frecare nu influențează forța tangențială. [22]

$$\mu = 0$$

$$a = \frac{v}{t_a} \quad (5)$$

$$a = \frac{0.05}{0.1} = 0.5 \text{ m/s}^2$$



$$\begin{aligned}F_t &= m \times g + m \times a \\F_t &= 0.075 \times 9.81 + 0.075 \times 0.5 \\F_t &= 0.77325 \text{ N}\end{aligned}\tag{6}$$

$$\begin{aligned}T_n &= F_t \times r \\T_n &= 0.77325 \times 0.02 = 0.015465 \text{ Nm}\end{aligned}\tag{7}$$

În conformitate cu APEX DYNAMICS, factorul de siguranță este fie egal cu 2 în cazul în care mecanismul de tip pinion cremalieră este amplasat orizontal, fie egal cu 3 dacă mecanismul este amplasat vertical ca și în cazul prezentului proiect. [\[22\]](#)

$$M = \frac{d}{Z}\tag{8}$$

$$M = \frac{40}{20} = 2$$

$$\begin{aligned}T_{nf} &= T_n \times F_s \\T_{nf} &= 0.015465 \times 3 = 0.046395 \text{ Nm}\end{aligned}\tag{9}$$

În urma calculelor și având în vedere cuplul necesar al motorului și intenția de a construi mecanismul din piese metalice în viitor, am ales motorul pas cu pas NEMA 17, care are un cuplu de 0.48 Nm.

Stepper Motor NEMA 17

This document describes mechanical and electrical specifications for PBC Linear stepper motors; including standard, hollow, and extended shaft variations.



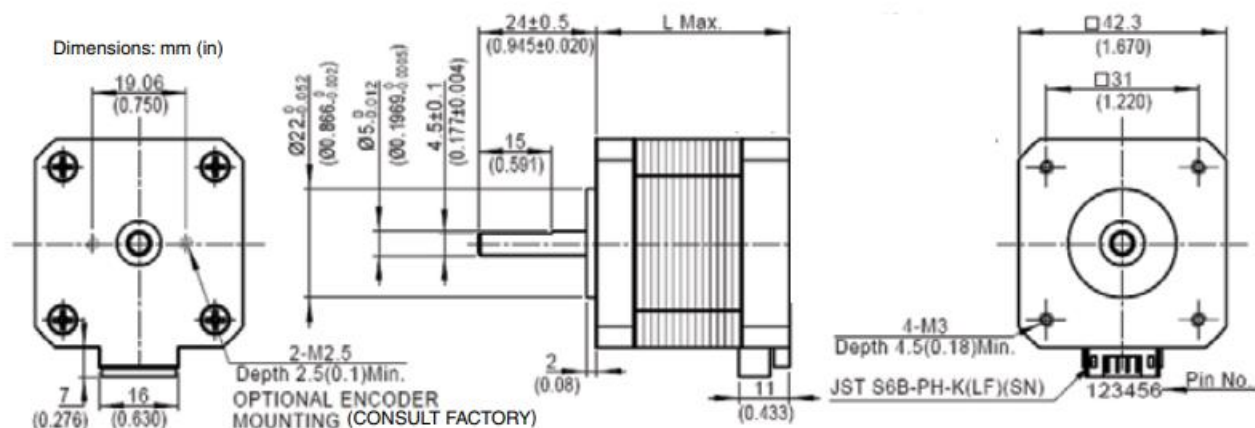
Phases	2
Steps/Revolution	200
Step Accuracy	±5%
Shaft Load	20,000 Hours at 1000 RPM
Axial	25 N (5.6 lbs.) Push
	65 N (15 lbs.) Pull
Radial	29 N (6.5 lbs.) At Flat Center
IP Rating	40
Approvals	RoHS
Operating Temp	-20° C to +40° C
Insulation Class	B, 130° C
Insulation Resistance	100 MegOhms

Standard shaft motor shown.

Description	Length	Mounted Rated Current	Mounted Holding Torque	Winding Ohms	Detent Torque	Rotor Inertia	Motor Weight
(Stack)	"L" Max	Amps	Nm Typ. oz-in Typ.	±10% @ 20°C Typ.	mNm oz-in	g cm ² oz-in ²	kg lbs
Single	39.8 mm (1.57 in)	2	0.48 68	1.04 2.2	15 2.1	57 0.31	0.28 0.62
Double	48.3 mm (1.90 in)	2	0.63 89	1.3 2.9	25 3.5	82 0.45	0.36 0.79
Triple	62.8 mm (2.47 in)	2	0.83 120	1.49 3.8	30 4.2	123 0.67	0.6 1.3

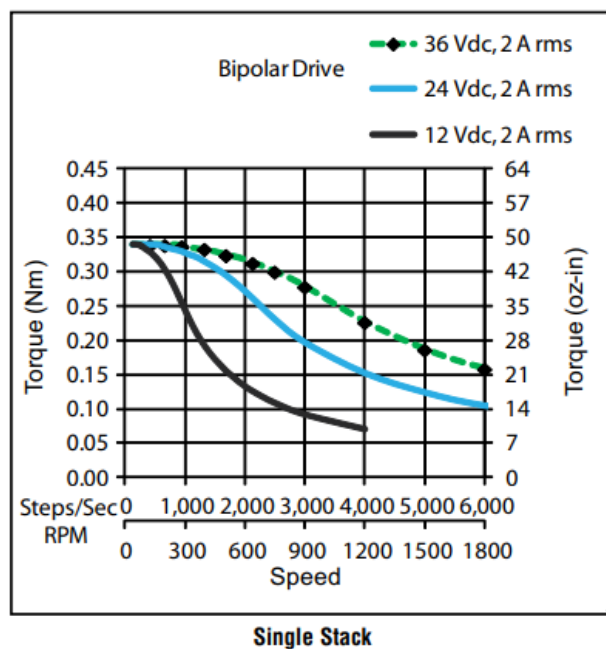
*All standard motors have plug connector. Consult factory for other options.

(Figura 3.2.2 – Elemente informative din fișa de catalog a motorului NEMA 17) [\[15\]](#)

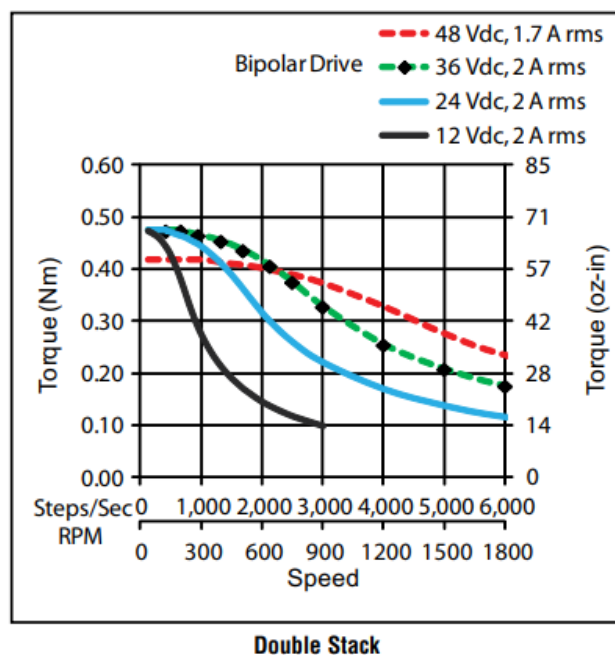


Standard shaft dimensions shown. All other dimensions apply to hollow and extended shaft options.

(Figura 3.2.3 – Schema motorului NEMA 17 preluată din fișa de catalog) [\[15\]](#)

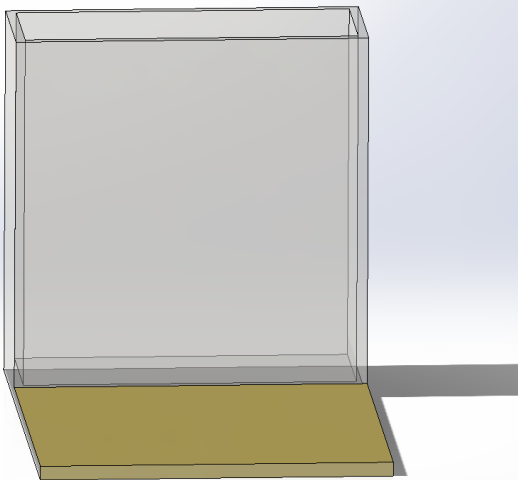
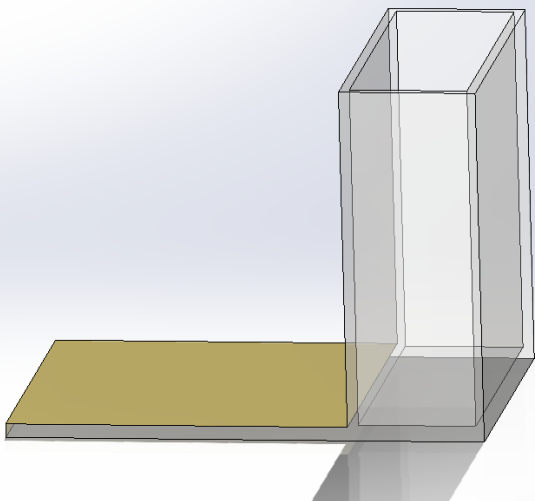


(Tabel 3.2.1 – Grafic de cuplu si turație al motorului NEMA 17) [15]



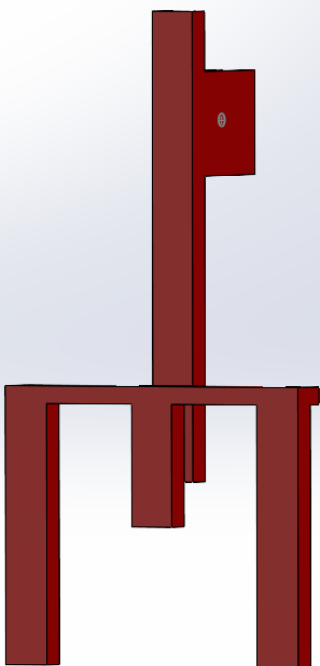
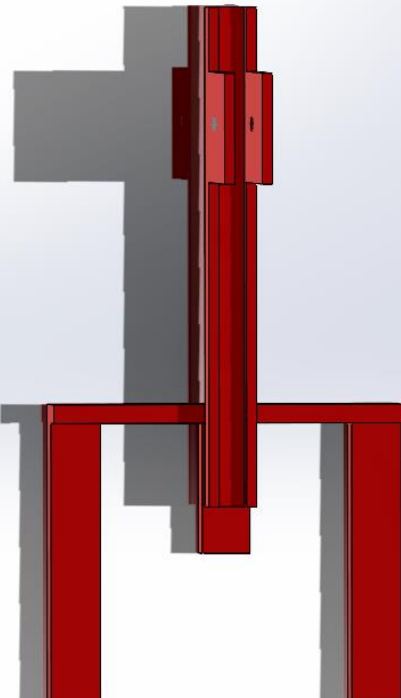
(Tabelul 3.2.2 – Grafic de cuplu si turație al motorului NEMA 17) [15]

3.3. Modelarea 3D a componentelor mecanice

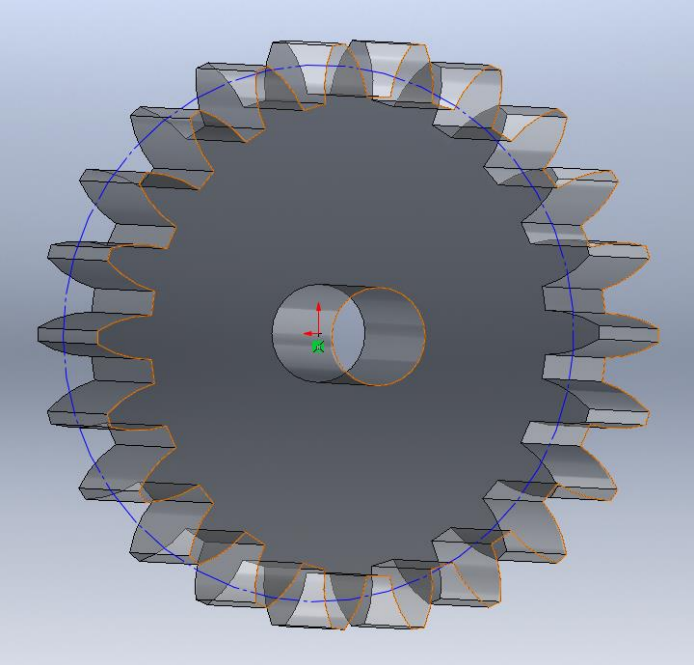
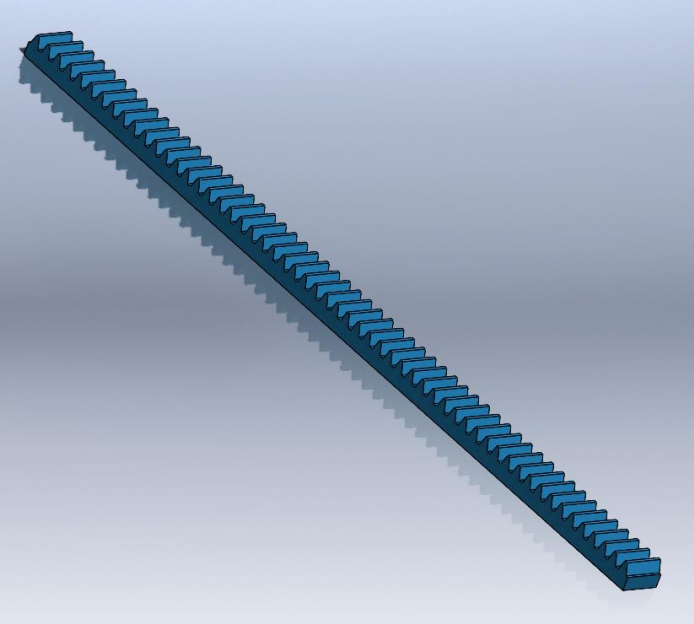
	<p>Această componentă este bazinul în care vom scufunda plăcile de cablaje imprimate.</p> <p>Materialul folosit pentru construcția acestuia este un material plastic de tip acrilic. A fost necesară utilizarea unui astfel de material pentru a obține o rezistență bună atât la corodare în clorură ferică, cât și la temperaturi de 45 de grade Celsius.</p>
	<p>Pe lângă utilizarea sa ca bazin în proiectul prezent, baza acestuia servește și ca suport plan pentru componentele electrice.</p>

(Figura 3.3.1 – Modelul 3D al bazinului) [\[36\]](#)


(Figura 3.3.2 – Modelul 3D al suportului)

	<p>Acesta este suportul amplasat pe bazin, care îndeplinește funcția de susținere atât pentru mecanismul de tip pinion cremalieră, cât și pentru motorul pas cu pas NEMA 17.</p>
	<p>Acest suport are trei elemente de sprijin care sunt paralele cu peretele din spate al bazinului, asigurând o poziție corectă a mecanismului.</p> <p>De asemenea, suportul dispune de patru filete interioare M3, concepute pentru utilizarea a patru șuruburi M3, care au rolul de a fixa motorul pas cu pas în poziție stabilă pe suport.</p>

(Figura 3.3.3 – Modelele 3D ale pinionului și cremalierii)

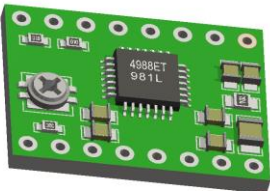
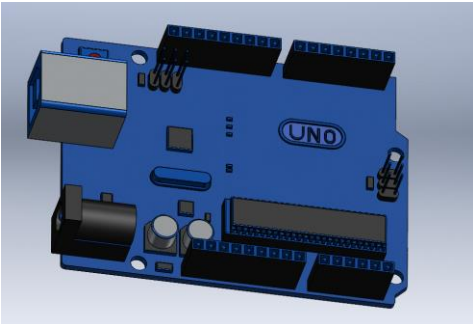
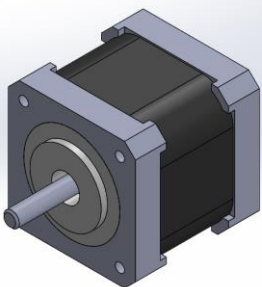
	<p>Aceasta este roata dințată care reprezintă pinionul din mecanismul prezentat anterior.</p> <p>Este fabricată dintr-un material plastic de tip ABS. Roata dințată are 20 de dinți și un modul de 2.</p>
	<p>Această piesă reprezintă cremaliera din sistemul mecanic prezentat anterior.</p> <p>Are o lungime de 200 mm, fiind suficient de mare pentru ca partea scufundată în clorură ferică să nu ajungă niciodată în apropierea motorului pas cu pas, evitând astfel orice potențiale probleme.</p>

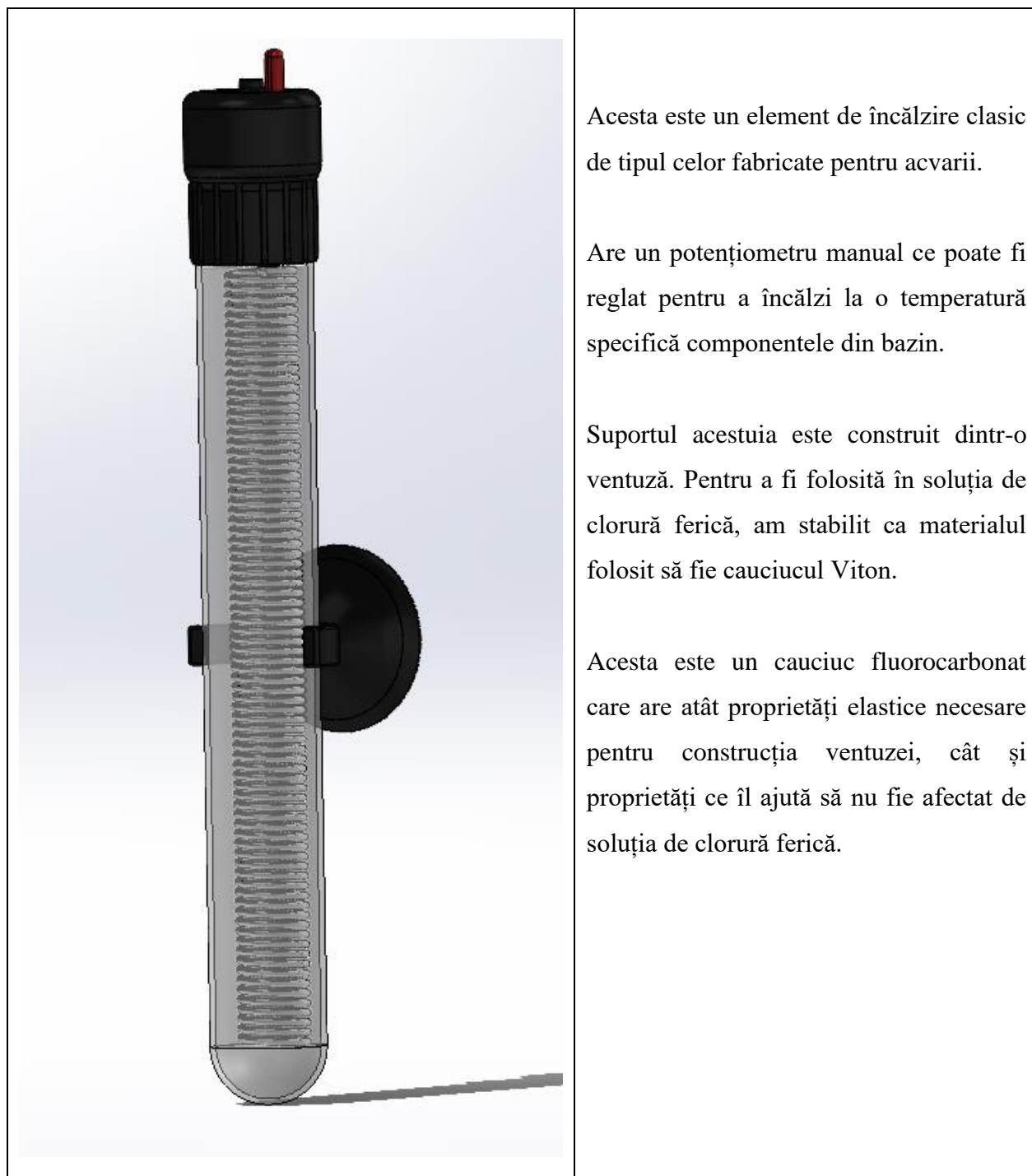
(Figura 3.3.4 – Modelul 3D al șuruburilor de prindere)

	<p>În acest ansamblu s-au folosit, de asemenea, 4 șuruburi M3 cu o lungime de 5 mm pentru a fixa motorul pas cu pas NEMA 17 pe suportul din plastic proiectat anterior.</p>
---	---

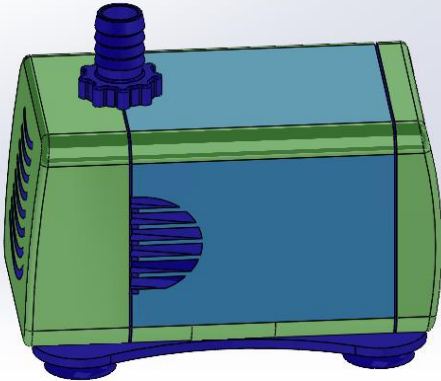
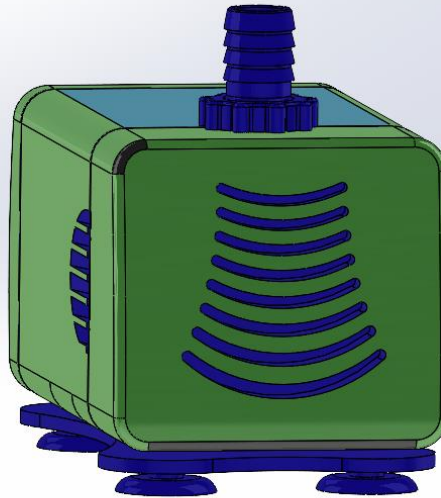
3.4. Modelarea 3D a componentelor electrice

(Figura 3.4.1 – Modelele 3D ale componentelor electrice)

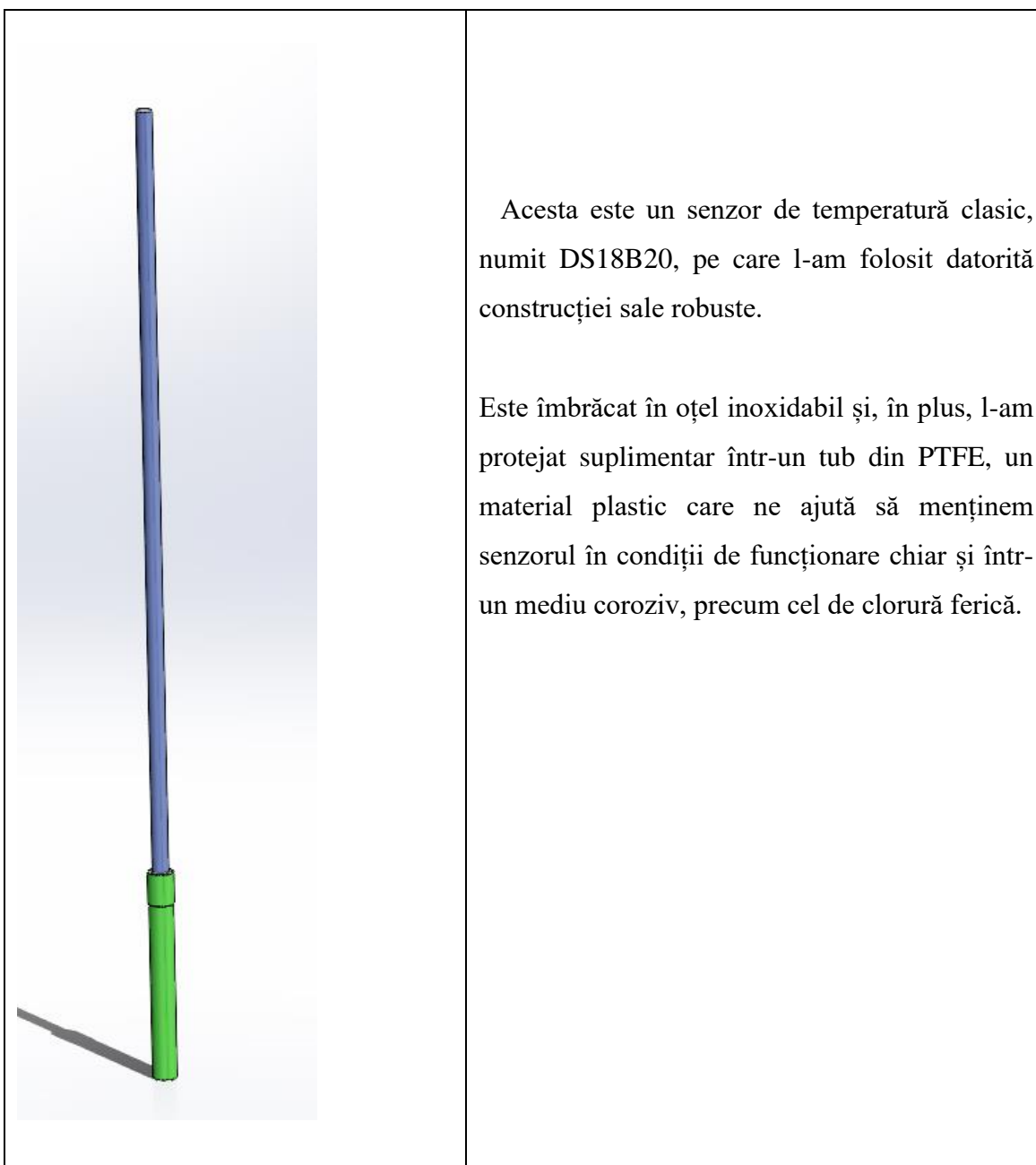
	<p>Acesta este driverul A4988, utilizat pentru controlul motorului pas cu pas Nema 17.</p>
	<p>Microcontroler-ul folosit este un Arduino Uno. Acesta asigură conexiunea tuturor componentelor și, în același timp, oferă posibilitatea de a introduce programarea pentru folosirea motorului pas cu pas și pentru pornirea electronică a componentelor rămase.</p>
	<p>Motorul pas cu pas Nema 17 este elementul care asigură dinamica sistemului. Acesta este un motor cu cuplu mare chiar și în turații mici și angrenează întregul mecanism prezentat anterior.</p>



(Figura 3.4.2 – Modelul 3D al elementului încălzitor)

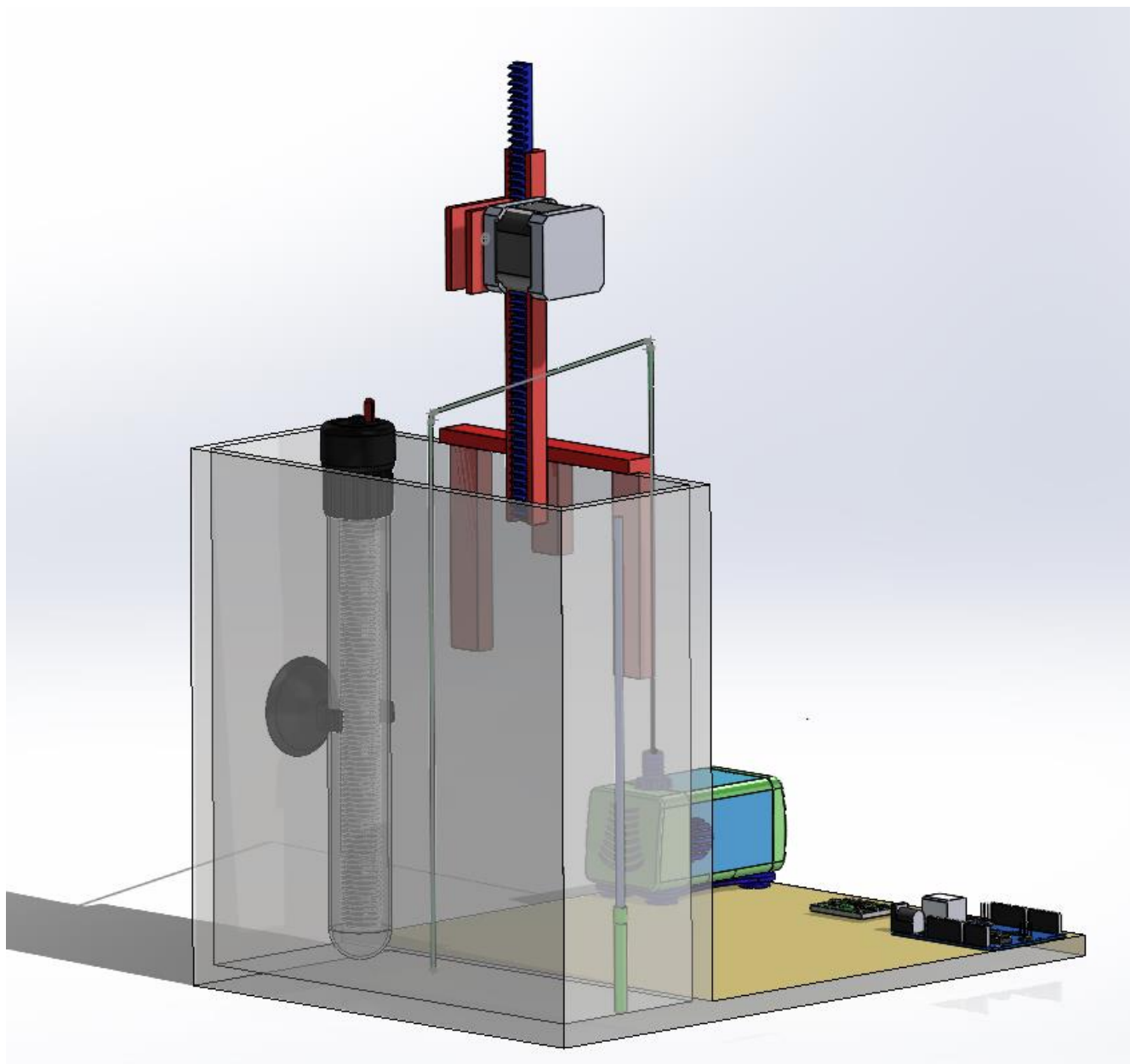
	<p>Pompa de aer este o pompă clasică destinată în mod normal acvariilor.</p> <p>Această pompă are o capacitate de a lucra la o presiune suficient de mare pentru a învinge presiunea exercitată de soluție la baza bazinului.</p>
	<p>Pentru a nu intra în contact cu soluția de clorură ferică, am stabilit ca pompa să fie poziționată pe suportul exterior al bazinului.</p> <p>Pentru ca aerul pompat de aceasta să ajungă în bazin, am ales să conectăm la orificiul pompei un furtun de plastic de dimensiuni reduse potrivit pentru transportarea aerului.</p>

(Figura 3.4.3 – Modelul 3D al pompei de aer)

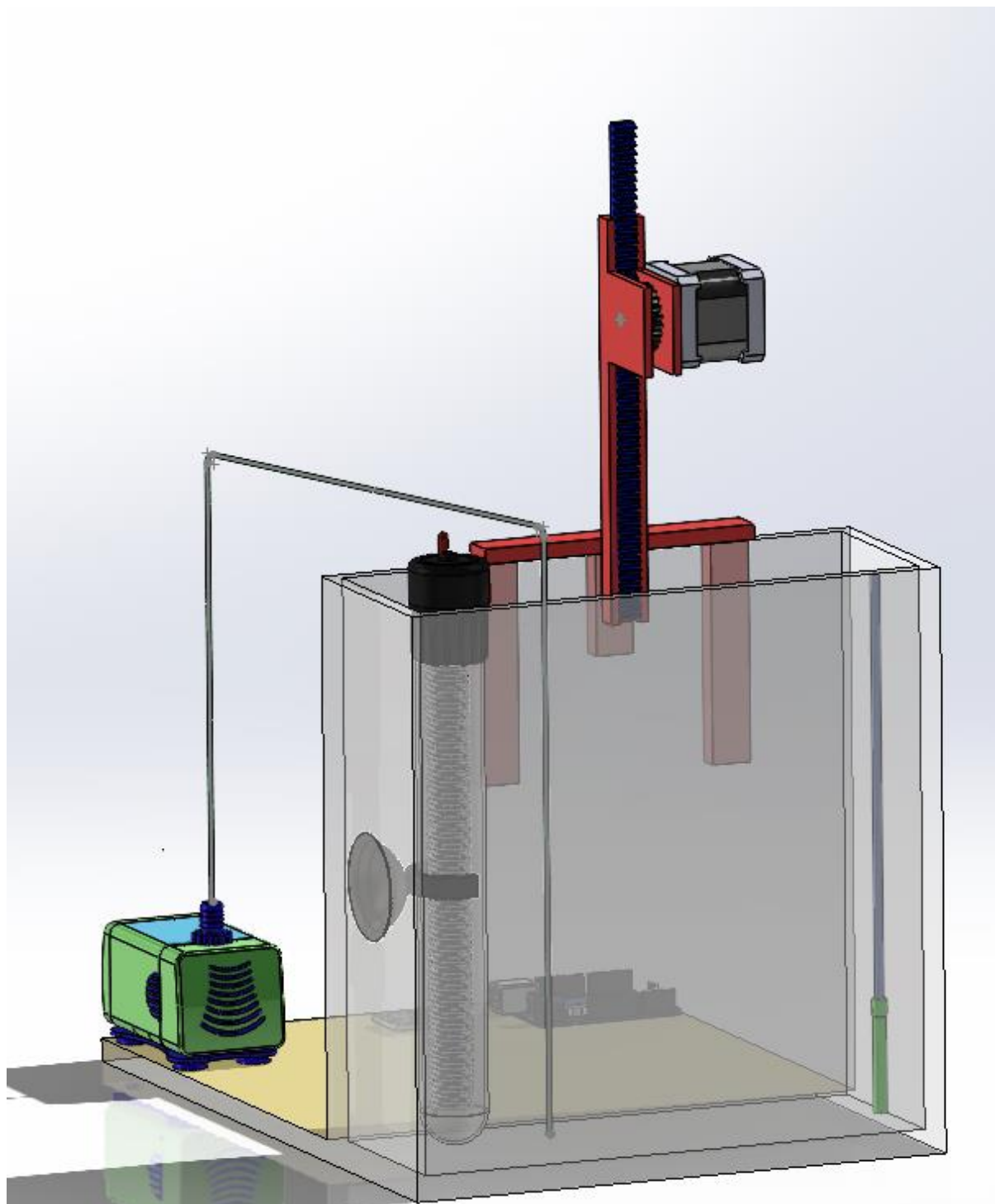


(Figura 3.4.4 – Modelul 3D al senzorului de temperatură)

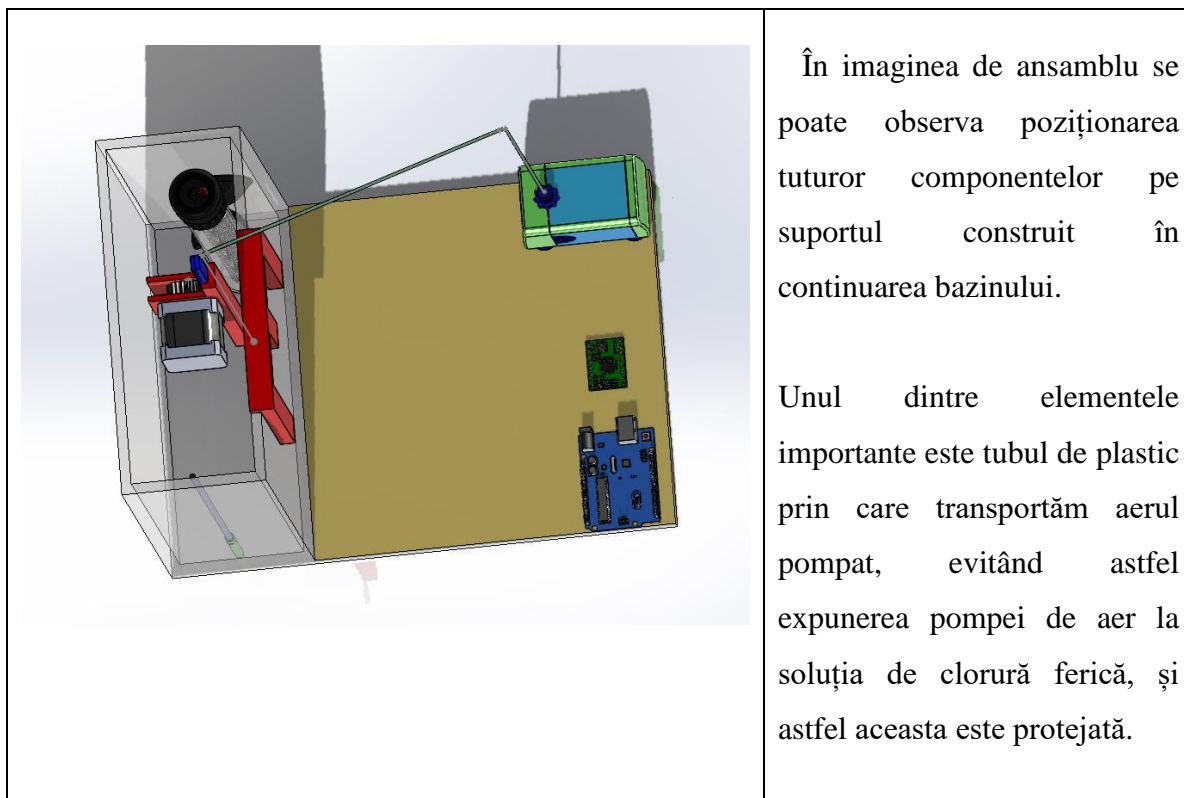
3.5. Modelarea 3D a ansamblului



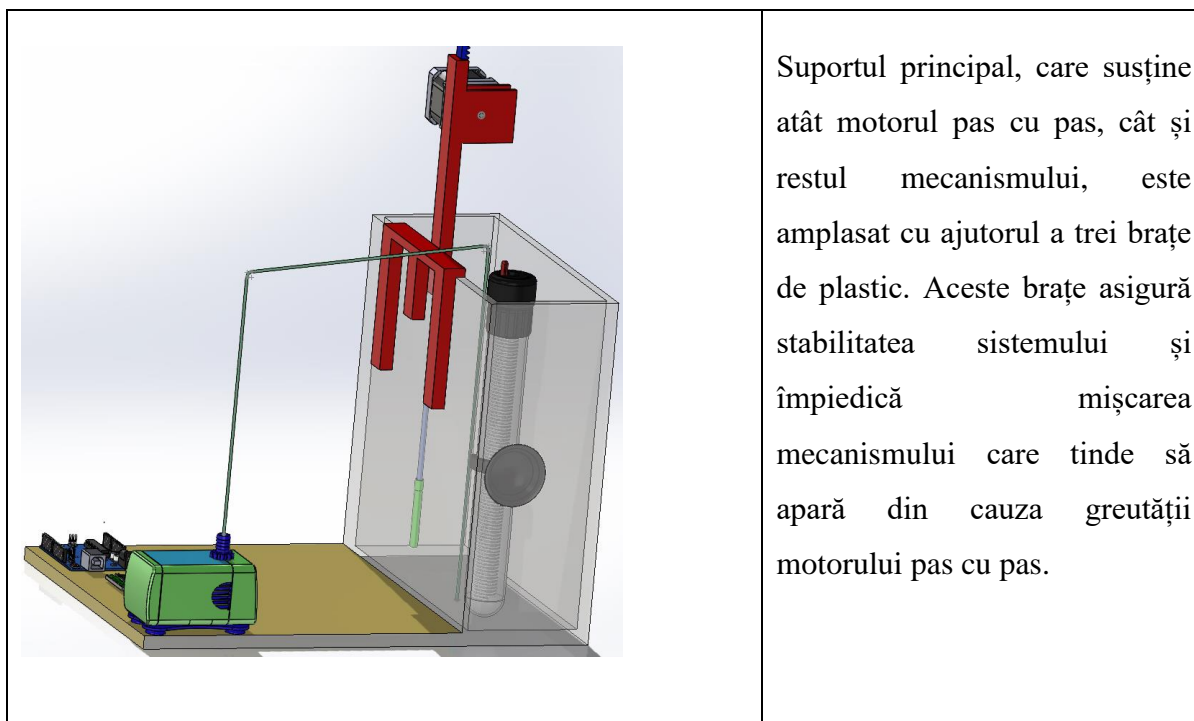
(Figura 3.5.1 – Modelul 3D al ansamblului, vederea 2)



(Figura 3.5.2 - Modelul 3D al ansamblului, vederea 3)



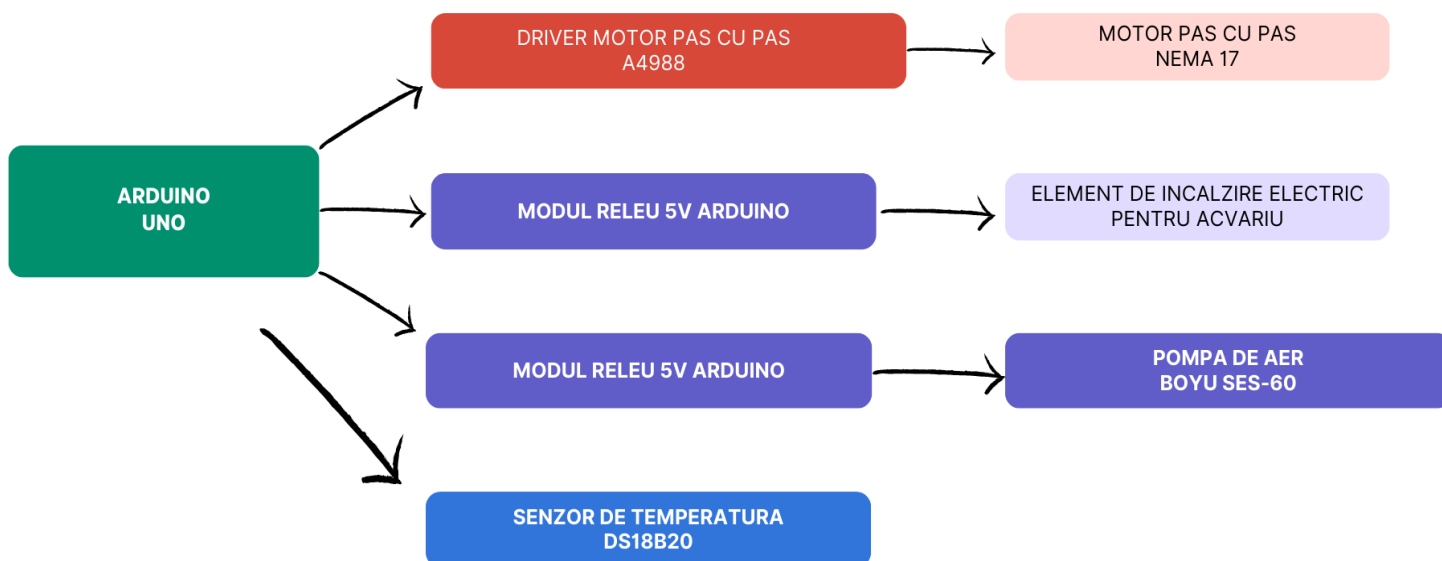
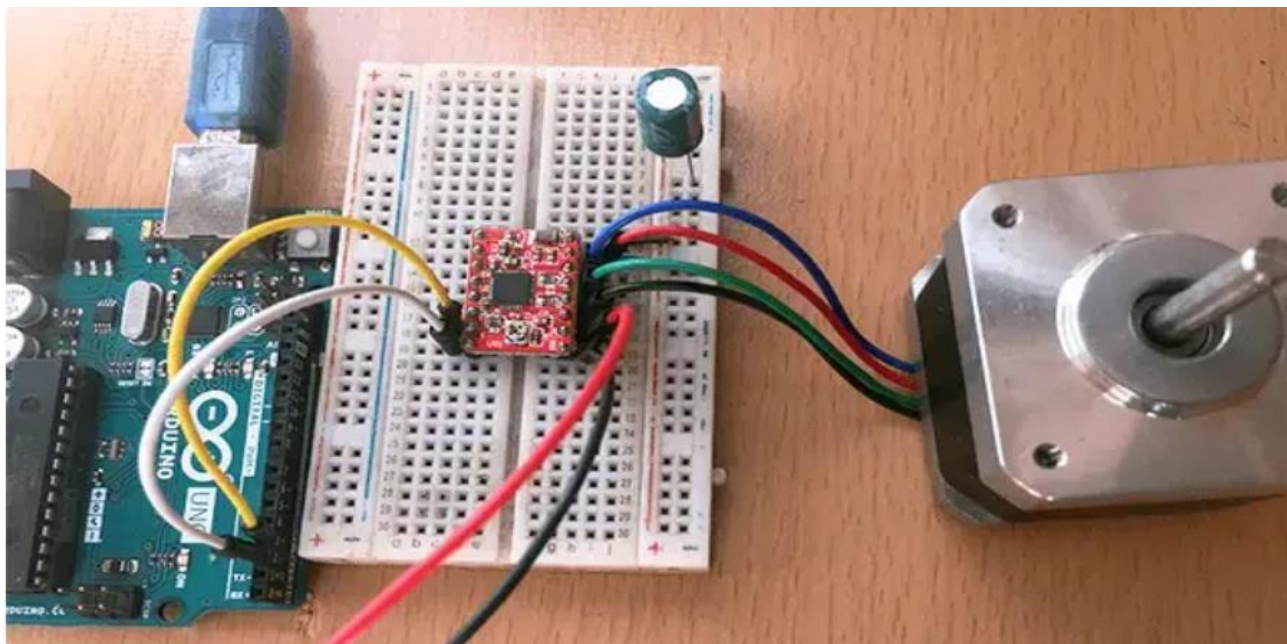
(Figura 3.5.3 - Modelul 3D al ansamblului, vederea 4)



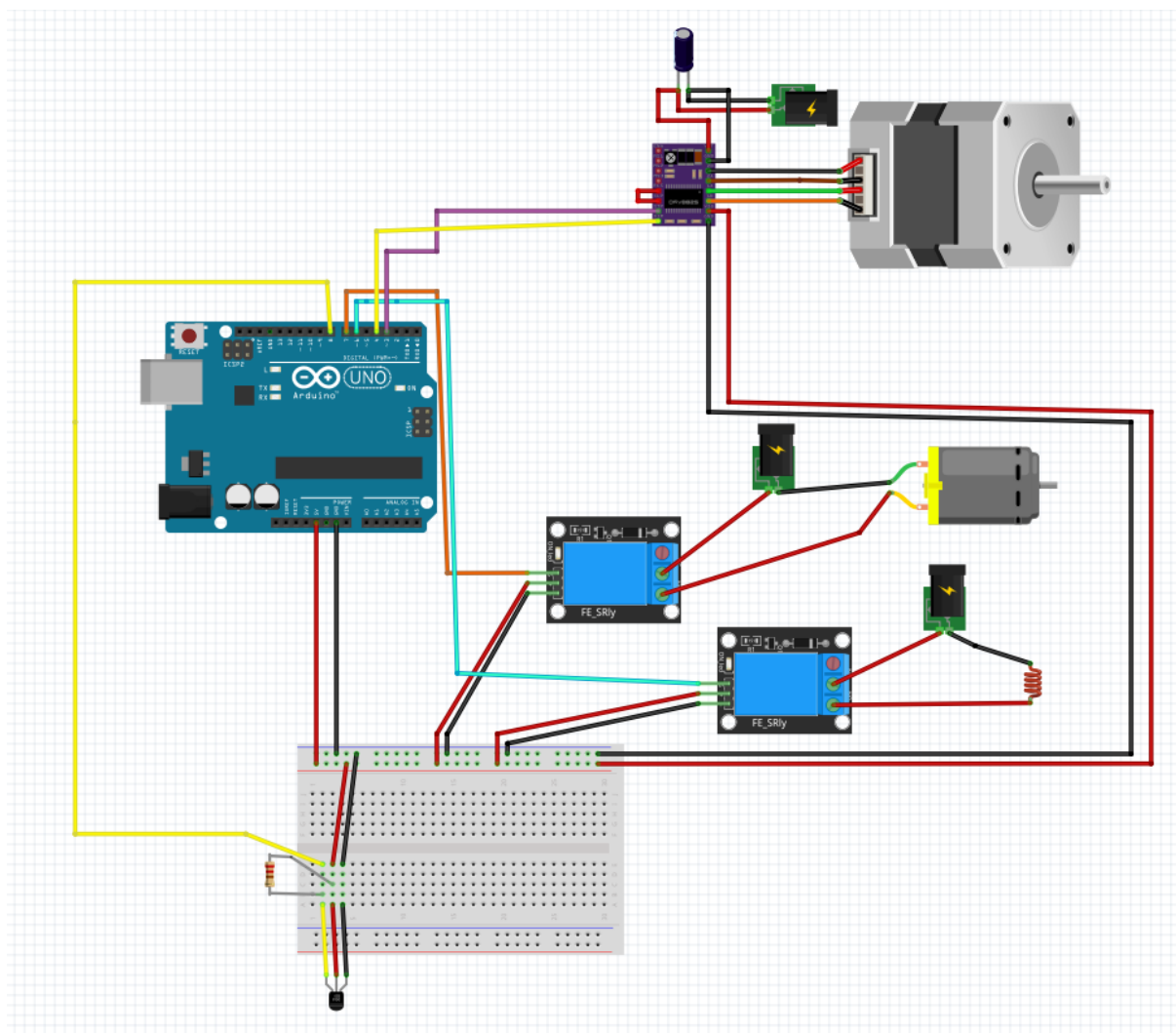
(Figura 3.5.4 - Modelul 3D al ansamblului, vederea 5)

3.6. Schema electrică a soluției

(Figura 3.6.1 – Schema electrică a motorului pas cu pas)



(Figura 3.6.2 – Diagrama bloc privind schema electrică)



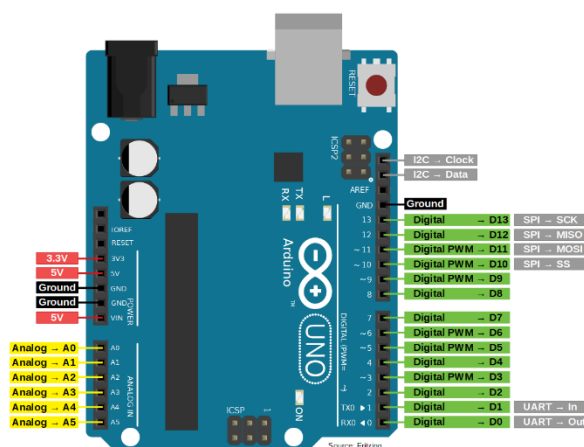
(Figura 3.6.3 – Schema electrică a ansamblului)

Pentru a construi standul experimental, am utilizat o plăcuță breadboard la care am conectat firele de ground și de tensiune pentru a alimenta diverse componente. Pompa de aer și elementul de încălzire al sistemului sunt activate electronic prin intermediul a două relee. Acestea sunt conectate la microcontroller-ul Arduino Uno, permițându-ne să controlăm orice componentă a sistemului prin intermediul codului scris în Arduino.

În viitor, atunci când se dorește construirea fizică a proiectului prezent, toate componentele electrice de control (Arduino, rezistoare, relee, tranzistori și altele) vor fi montate pe un PCB utilizând tehnologia Trough Hole.

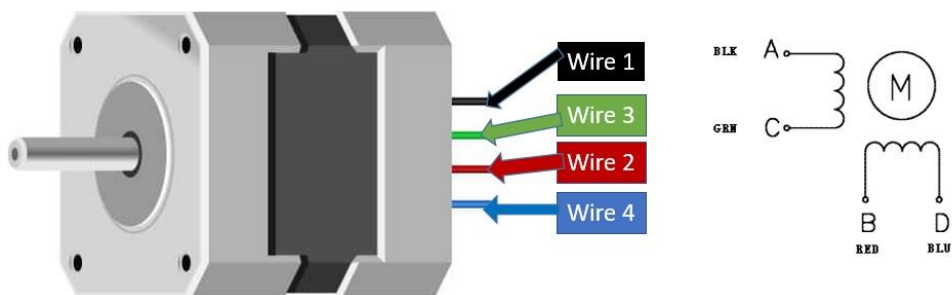
Pentru a alcătui schema electrică prezentă mai sus, am ales următoarele componente:

1. Arduino uno – este un microcontroller versatil, frecvent întâlnit în proiectele de electronică și robotică. Unul dintre principalele avantaje ale utilizării Arduino Uno în acest proiect constă în ușurința programării și în flexibilitatea sa. De asemenea, acesta se evidențiază prin numărul generos de pini disponibili, care permit realizarea simultană a multiple comenzi. [18]



(Figura 3.6.4 – Pinout-ul microcontrolerului Arduino Uno) [18]

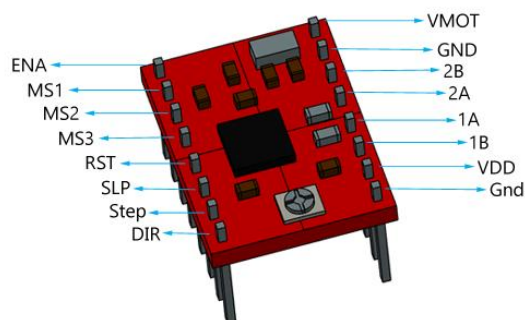
2. NEMA 17 – Motorul pas cu pas Nema 17 a fost ales datorită controlului precis al poziției și mișcării. Este un motor de cuplu mare pentru dimensiunile acestuia și este potrivit pentru multe proiecte din domeniul roboticii. [17]



(Figura 3.6.5 – Motorul pas cu pas Nema 17) [17]

3. Driver motor A4988 – Acest driver este utilizat pentru a controla motorul Nema 17. Principiul său de funcționare se bazează pe convertirea semnalelor digitale primite de la Arduino în semnale de putere necesare pentru controlul unui motor pas cu pas. [\[16\]](#)

Acest tip de driver permite chiar și micropasirea precisă a motorului pas cu pas.



(Figura 3.6.6 – Pinout-ul driverului A4988) [\[16\]](#)

4. Pompa de aer BOYU SES-60 – Am utilizat această pompă deoarece poate funcționa la o presiune mare de 0,3 MPa, depășind astfel cerințele minime calculate pentru proiectul în cauză. Pompa este acționată de un releu clasic de 5V care trimite semnal către Arduino pe pinul digital 7.



(Figura 3.6.7 – Pompa de aer Boyu ses-60)

5. Elementul de încălzit – Acesta este un element de încălzire clasic utilizat în acvariile cu apă. Este fabricat din materiale rezistente la coroziune în clorura ferică, ceea ce l-a recomandat pentru utilizare în proiect. Dispune de un afișaj și un potențiomtru manual pentru reglarea temperaturii dorite pentru încălzirea soluției. Elementul este acționat prin intermediul unui releu de 5V, care transmite semnalul digital pe pinul 6 al Arduino-ului.



(Figura 3.6.8 – Elementul încălzitor)

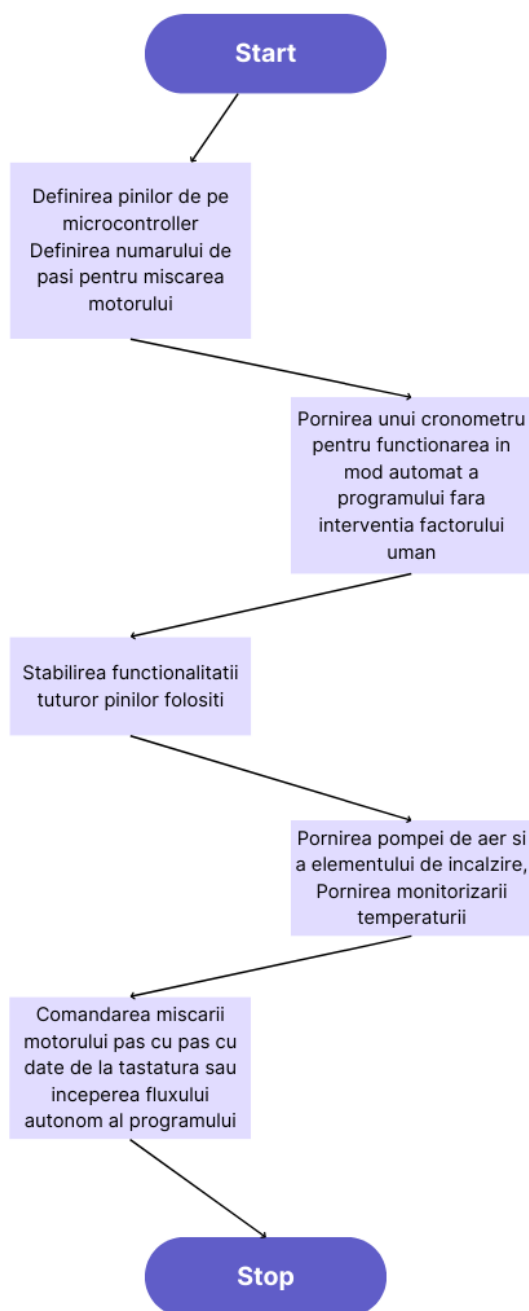
6. Senzorul de temperatură DS18B20 – Am ales acest senzor datorită construcției sale simple și eficiente. De asemenea, senzorul este îmbrăcat într-un material din oțel inoxidabil și plastic, oferind rezistență și durabilitate. Pentru a proteja senzorul în mediu coroziv, am adăugat o carcasă din PTFE, care îi menține performanțele chiar și după scufundarea în clorură ferică. [\[19\]](#)



(Figura 3.6.9 – Senzorul DS18B20) [\[19\]](#)

3.7. Programarea microcontroler-ului Arduino Uno

(Figura 3.7.1 – Diagrama bloc a codului din Arduino IDE)



Pentru partea de programare am ales să folosesc Arduino IDE. Acesta este un mediu de dezvoltare integrat pentru programarea și dezvoltarea de proiecte bazate pe platforma Arduino. În același timp oferă un set bogat de funcții și biblioteci care facilitează dezvoltarea aplicațiilor pentru microcontrolere Arduino.

În ceea ce privește bibliotecile suplimentare folosite „OneWire” și „DallasTemperature”, acestea sunt utilizate pentru a comunica cu senzorul de temperatura DS18B20.

După instalarea bibliotecilor, acestea trebuie introduse în codul dezvoltat:

```
1  #include <OneWire.h>
2  #include <DallasTemperature.h>
```

(Figura 3.7.2 – Includerea bibliotecilor suplimentare)

Aceste linii permit utilizarea claselor și a funcțiilor definite în biblioteci, precum funcția „sensors.requestTemperatures()” și „sensors.getTempCByIndex()” pentru a citi temperatura de la senzorul DS18B20.

În continuare, am repartizat pin-ul digital „8” de pe microcontroler-ul nostru pentru senzorul de temperatură:

```
4  #define ONE_WIRE_BUS 8
5
6  OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
7  DallasTemperature sensors(&oneWire);
8
```

(Figura 3.7.3 – Repartizarea pin-ului pentru senzorul de temperatură)

De asemenea, am introdus anumite constante predefinite pentru a fi mai ușor ulterior să definim pinii microcontrolerului și pentru a-i folosi în întreg programul sub formă de text și nu sub formă unor numere:

```
9    const int pumpPin = 7;
10   const int heaterPin = 6;
11   const int motorStepPin = 3;
12   const int motorDirPin = 4;
13
14   int motorSteps = 300;
15   int motorDelay = 5;
```

(Figura 3.7.4. – Introducerea unor constante în program)

pumpPin este pinul numărul 7 de pe microcontroler și este cel conectat la releul care permite pornirea pompei de aer.

heaterPin este pinul numărul 6 de pe microcontroler și este cel conectat la releul care permite pornirea elementului de încălzire.

motorStepPin și motorDirPin sunt pinii cu numărul 3 și 4 de pe microcontroler și sunt cei conectați la driverul A4988 care controlează motorul pas cu pas Nema 17.

Aceștia sunt responsabili de pornirea motorului și indicarea direcției de deplasare.

motorSteps este o variabilă predefinită și reprezintă numărul de pași necesari pentru ca motorul să angreneze complet mecanismul pinion-cremalieră.

motorDelay este o variabilă predefinită care ne ajută să introducem pauze în program pentru a delimita mișcările motorului.

De asemenea, am creat două variabile care ajută la înregistrarea timpului și, în cazul în care nu avem nicio intrare de la tastatură, programul execută secvențele de ridicare și coborâre a PCB-ului o dată la 20 de minute.

```
17   unsigned long previousMillis = 0;
18   unsigned long interval = 20 * 60 * 1000; // Interval de 20 de minute
```

(Figura 3.7.5. – Măsurarea timpului)

În continuare, vom folosi constantele declarate mai sus pentru a defini pinii microcontrolerului și pentru a iniția mijlocul de transmitere a informațiilor în timp real de la tastatură (Serial Monitor):

```
20 void setup() {
21     Serial.begin(9600);
22     pinMode(pumpPin, OUTPUT);
23     pinMode(heaterPin, OUTPUT);
24     pinMode(motorStepPin, OUTPUT);
25     pinMode(motorDirPin, OUTPUT);
```

(Figura 3.7.6. – Definirea pinilor in program)

De asemenea, la începutul programului pornim pompa de aer si elementul încălzitor si simulam în consolă pornirea acestora prin printarea de text:

```
27 // Porneste pompa de aer si elementul de incalzit
28 digitalWrite(pumpPin, HIGH);
29 digitalWrite(heaterPin, HIGH);
30 Serial.println("Se porneste pompa de aer...");
31 Serial.println("Se porneste elementul incalzitor...");
32 }
```

(Figura 3.7.7. – Pornirea pompei de aer și a elementului încălzitor)

În continuare inițializăm senzorul de temperatură DS18B20 și citim temperatura înregistrată de acesta:

```
34 void loop() {
35     sensors.requestTemperatures();
36     float temperature = sensors.getTempCByIndex(0);
37 }
```

(Figura 3.7.8. – Citirea temperaturii)

De asemenea, am conceput un algoritm care monitorizează temperatura sistemului și, în funcție de aceasta, trimite o comandă de oprire sau de pornire către releul care acționează elementul încălzitor.

Temperatura optimă pentru corodarea plăcuțelor de cablaje imprimate este de 45 de grade Celsius. Deși menținerea unei temperaturi fixe de 45 de grade este puțin probabilă, programul menține o temperatură cuprinsă între 40 și 50 de grade Celsius.

În același timp, pentru simularea corectă a procesului, am introdus comenzi de afișare în consolă a momentelor de oprire și pornire a elementului încălzitor.

```
38 // Monitorizeaza temperatura
39 if (temperature >= 50.0) {
40     digitalWrite(heaterPin, LOW);
41     Serial.println("Temperatura este peste 50 de grade. Se opreste elementul incalzitor...");
42 } else if (temperature <= 40.0) {
43     digitalWrite(heaterPin, HIGH);
44     Serial.println("Temperatura este sub 40 de grade. Se porneste elementul incalzitor...");
45 }
```

(Figura 3.7.9. – Controlul temperaturii)

Temperatura soluției de clorură ferică este un factor crucial în procesul de corodare pentru cablaje imprimate, deoarece influențează în mod direct viteza și uniformitatea corodării. De obicei, o temperatură mai mare este asociată cu o corodare mai rapidă a plăcuței de cablaje imprimate.

Aceasta poate fi benefică pentru că micșorează timpul de corodare, însă bazinul cu care lucrăm este construit dintr-un material plastic de acrilic, acest lucru însemnând că la o temperatură prea mare acesta se poate deforma.

Pentru a evita aceste situații, păstrăm sistemul la o temperatură de maximum 50 de grade Celsius, ceea ce înseamnă o marjă de eroare de 20 de grade Celsius până la temperatura la care pot apărea probleme cu bazinul sau chiar și cu alte componente ale sistemului.

Temperatura adecvată asigură, de asemenea, o corodare uniformă pe toată suprafața de lucru. Dacă temperatura nu este controlată corespunzător, pot apărea variații de corodare, ceea ce poate duce la probleme precum îngroșarea sau subțierea neuniformă a liniilor de cupru.

În continuarea programului, am creat o funcție numită "moveMotor" pentru a o apela și a face mai facil controlul motorului pas cu pas.

Această funcție are ca parametri de intrare o variabilă de tip integer numită "steps", care reprezintă numărul de pași pe care vrem ca motorul să îi execute, și o altă variabilă de tip boolean numită "direction", care indică sensul de mers al motorului pas cu pas.

```
67 void moveMotor(int steps, boolean direction) {  
68     digitalWrite(motorDirPin, direction);  
69  
70     for (int i = 0; i < steps; i++) {  
71         digitalWrite(motorStepPin, HIGH);  
72         delay(motorDelay);  
73         digitalWrite(motorStepPin, LOW);  
74         delay(motorDelay);  
75     }
```

(Figura 3.7.10. – Funcția moveMotor)

Pentru controlul motorului pas cu pas se citește o variabilă de la tastatură. În funcție de această variabilă, se stabilește sensul de rotație a motorului, care va determina dacă mecanismul pinion-cremalieră, care transformă mișcarea de rotație în mișcare de translație, va deplasa plăcuța de cablaje imprimate în sus sau în jos, după cum urmează:

1. Când valoarea citită este egală cu 1, motorul se deplasează 300 de pași în sensul acelor de ceasornic, însemnând 1.5 rotații complete.
2. Când valoarea citită este egală cu 2, motorul se deplasează 300 de pași în sensul invers acelor de ceasornic, însemnând 1.5 rotații complete.

```
47 // Control motor pas cu pas
48 if (Serial.available() > 0) {
49     int value = Serial.parseInt();
50     if (value == 1) {
51         Serial.println("Se comanda miscarea motorului cu 300 de pasi...");
52         moveMotor(motorSteps, HIGH);
53     } else if (value == 2) {
54         Serial.println("Se comanda miscarea motorului cu 300 de pasi...in directia opusa...");
55         moveMotor(motorSteps * 10, LOW);
56     }
57 }
```

(Figura 3.7.11. – Acționarea motorului pas cu pas)

Ultima parte a codului reprezintă secvența în care nu se introduce de la tastatură nicio valoare pentru controlul motorului pas cu pas. În acest caz, programul execută autonom comanda motorului în felul următor:

Se măsoară timpul în care rulează programul și dacă au trecut 20 de minute în care nu s-a introdus o variabilă de la tastatură, acesta comandă ca motorul să execute 300 de pași în direcția opusă față de ultima comandă trimisă.

```
57     } else {
58         unsigned long currentMillis = millis();
59         if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
60             Serial.println("Incepere sistem autonom...");
61             moveMotor(motorSteps, HIGH);
62             previousMillis = currentMillis;
63         }
64     }
65 }
66 }
```

(Figura 3.7.12. – Intervalul de inactivitate)

```
77     Serial.println("Motorul a executat pasii in mod autonom...");
78 }
```

(Figura 3.7.13. – Simularea în consolă a deplasării)

4. Eficiența economică

Pentru a calcula prețul unui ansamblu ca și cel prezentat anterior, este important să se cunoască prețul tuturor componentelor în parte. Pe lângă componentele achiziționate, există și componente printate 3D în urma modelării acestora în SolidWorks. Pentru a calcula prețul acestor componente avem nevoie de mai mulți parametri precum: materialul din care sunt făcute aceste componente, durata de timp în care acestea pot fi printate, prețul materialului cu care se printează, prețul curentului pe care o imprimantă 3D îl folosește în timpul printării.



(Figura 4.1. – Printarea 3D a componentelor)

În urma calculului total al prețului ansamblului, îl voi clasifica în funcție de prețul soluțiilor deja studiate și voi trage o concluzie. Se va ține cont și de faptul că prezentul proiect are multe elemente suplimentar adăugate față de o instalație de corodare clasică.



În primul rând, se va alcătui o listă cu componentele necesare și vom avea în vedere care sunt componentele de achiziționat și care sunt cele pe care le vom printa 3D:

Componente de achiziționat:

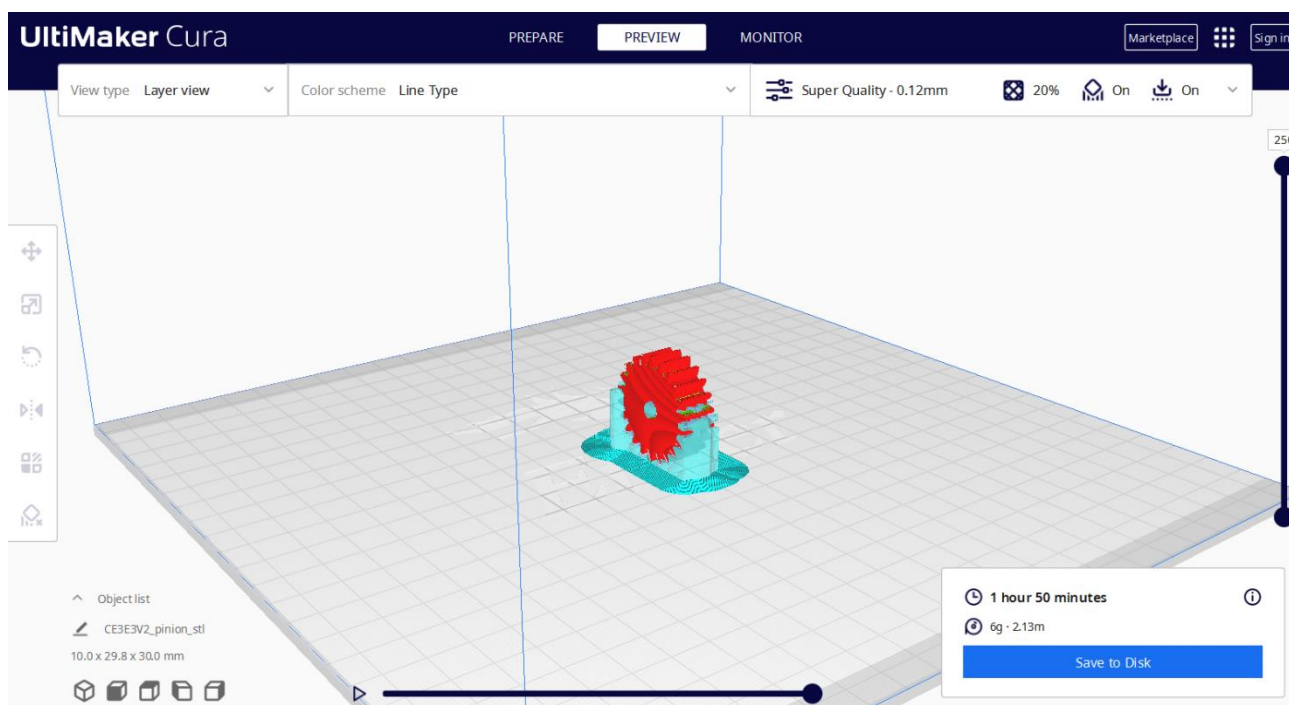
1. Microcontroler Arduino UNO – 196.21 RON
2. Driver motor pas cu pas A4988 – 10.55 RON
3. Motor pas cu pas Nema 17 – 56.55 RON
4. 2x Modul releu 5V Arduino – 2x 16.73 RON
5. Pompă de aer BOYU SES-60 – 639 RON
6. Element încălzitor acvariu cu termostat – 58.91 RON
7. Condensator 100uF – 1.40 RON
8. Rezistor 1 k Ω – 0.36 RON
9. Breadboard – 5.53 RON
10. Pachet Fire Breadboard – 9.52 RON
11. Senzor temperatură DS18B20 – 8.33 RON
12. 4x Șuruburi M3 x 5mm – 4x 0.22 RON
15. Bazin – O placă de acrilic 1000 x 500 mm – 78 RON

Componente de printat:

1. Pinion
2. Cremalieră
3. Suport

Pentru a calcula timpul necesar printării 3D a pieselor și cantitatea de material necesară, am folosit software-ul Ultimaker Cura pentru imprimante 3D. Am introdus piesele pe rând iar în acest program se specifică masa de filament folosită și timpul aproximativ de printare.

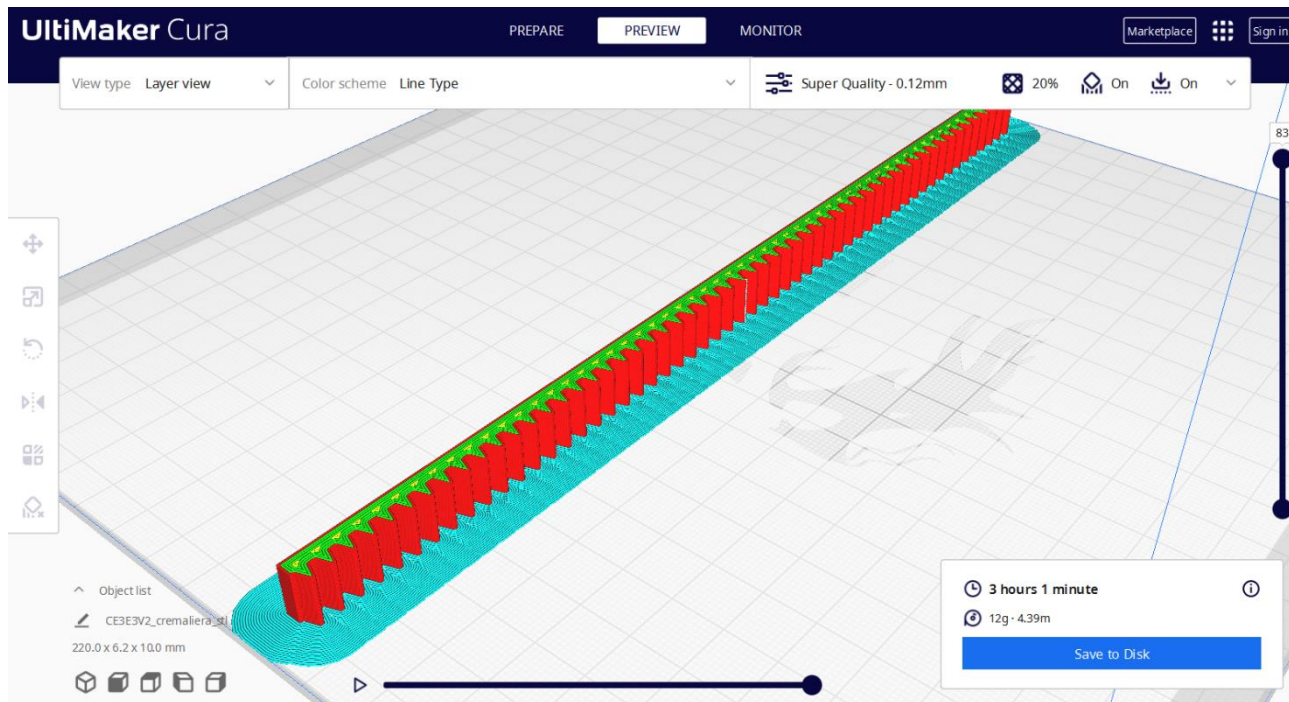
1. Pinionul



(Figura 4.2 – Simulare printare 3D pinion)

- Timp de printare: 1 oră și 50 de minute
- Masa materialului folosit: 6g
- Material: ABS
- Imprimantă 3D: Creality Ender 3 V2 Neo
- Consum de curent: $0.12 \text{ kW/ora} = 0.22 \text{ kW/ 1 oră și 50 de minute.}$
- $\text{Preț} = 0.22 \text{ kW} + 6\text{g ABS} = 0.29 \text{ RON} + 0.57 \text{ RON} = 0.86 \text{ RON}$
- $\text{Preț pinion} = 0.86 \text{ RON}$

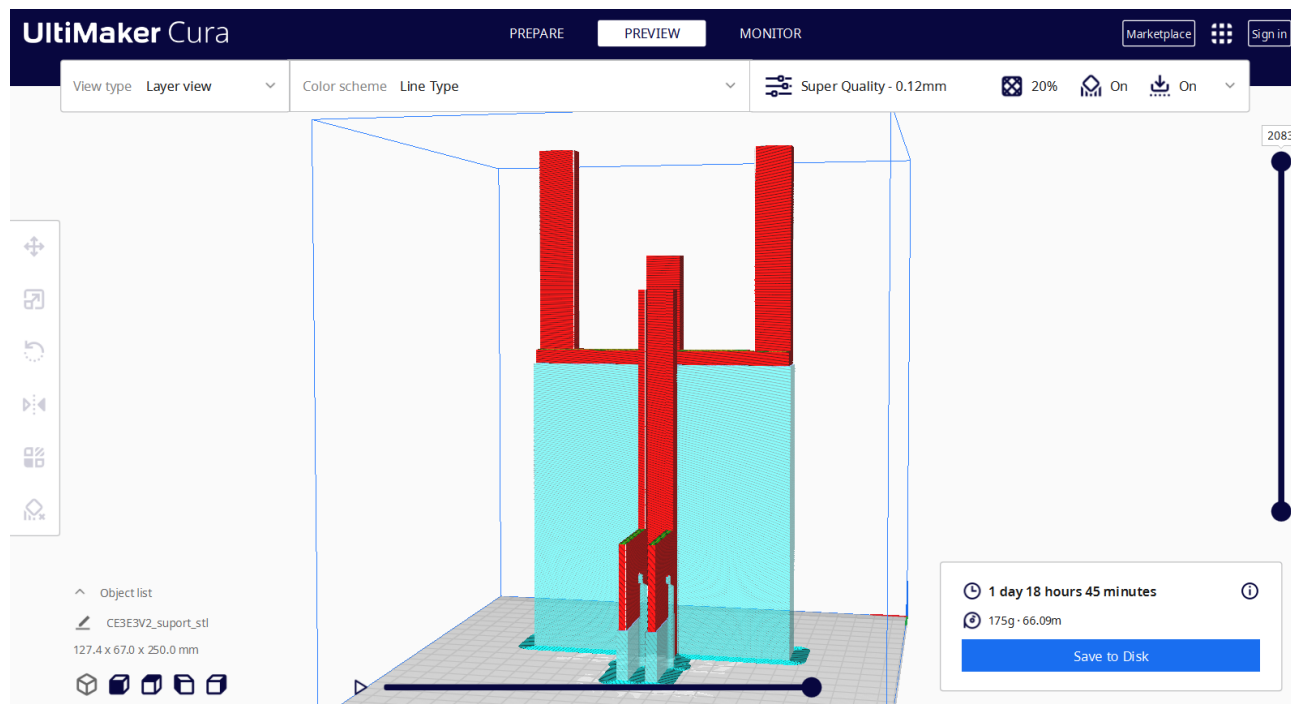
2. Cremalieră



(Figura 4.3 – Simulare printare 3D cremalieră)

- Timp de printare: 3 ore și 1 minut
- Masa materialului folosit: 12g
- Material: ABS
- Imprimantă 3D: Creality Ender 3 V2 Neo
- Consum de curent: $0.12 \text{ kW/ora} = 0.36 \text{ kW/ 181 minute}$
- $\text{Preț} = 0.36 \text{ kW} + 12\text{g ABS} = 0.46 \text{ RON} + 1.14 \text{ RON} = 1.6 \text{ RON}$
- $\text{Preț cremalieră} = 1.6 \text{ RON}$

3. Suport



(Figura 4.4 – Simulare printare 3D suport)

- Timp de printare: 1 zi, 18 ore și 45 de minute
- Masa materialului folosit: 175g
- Material: ABS
- Imprimantă 3D: Creality Ender 3 V2 Neo
- Consum de curent: $0.12 \text{ kW/ora} = 5.13 \text{ kw} / 2565 \text{ minute}$
- $\text{Preț} = 5.13 \text{ kW} + 175\text{g ABS} = 6.66 \text{ RON} + 16.62 = 23.28 \text{ RON}$
- $\text{Preț suport} = 23.28 \text{ RON}$



Preț componente printate 3D = 0.86 RON + 1.6 RON + 23.28 RON

Preț componente printate 3D = 25.74 RON

Preț componente de achiziționat = 196.21 + 10.55 + 56.55 + 2 x 16.73 + 639 + 58.91 + 1.40 + 0.36 + 5.53 + 9.52 + 8.33 + 4 x 0.22 + 78

Preț componente de achiziționat = 1098.7 RON

Preț ansamblu = Preț componente printate 3D + Preț componente de achiziționat

Preț ansamblu = 25.74 + 1098.7 RON

Preț ansamblu = 1124.44 RON

Prețul soluției proprii în comparație cu soluțiile prezentate în stadiul actual:

TONIFISHI - 262.95 RON
AC220 KINSTEN - 306 RON
HK 2030 - 318.28 RON
HK 2735 - 437.26 RON
PROMA 141 030 2000 - 935 RON
SOLUTIA PROPRIE - 1124.44 RON
ASICO AE 834 - 1753 RON
PROMA 141060 - 2705 RON
PROMA 141 070 - 3411 RON
ROTA-SPRAY PLUS - 4320 RON
SUNY-ZFS400 - 4795 RON
PCB 710S - 6752 RON

(Figura 4.5 – Prețul soluției proprii)

5. Concluzii

În concluzie, soluția propusă a fost dezvoltată ca rezultat al efectuării unei analize aprofundate a soluțiilor deja existente pe piață, soluții care au fost supuse testelor și sunt utilizate activ în domeniul corodării cablajelor imprimate. Procesul de dezvoltare a propriei soluții a avut ca punct de plecare o analiză detaliată a schemei de principiu a proiectului, care include toate componentele mecanice și electrice, precum și conexiunile dintre acestea. Elementele mecanice ale proiectului includ mecanismul pinion-cremalieră, suportul motorului pas cu pas, suportul mecanismului și suportul PCB-ului. Componentele electrice ale proiectului includ un microcontroler, motorul pas cu pas, driverul motorului, sursa de alimentare, senzorul de temperatură, elementul încălzitor, 2 relee și un breadboard.

S-a realizat o dimensionare și proiectare a bazinului și a standului pentru a găzdui componentele electrice utilizând material acrilic. Elementul încălzitor este fabricat din plastic, iar ventuza acestuia este confecționată din cauciuc Viton, un tip de cauciuc fluorocarbonat care oferă atât proprietăți elastice specifice ventuzei, cât și rezistență chimică la coroziune. Prin modelare 3D s-a obținut suportul din ABS care asigură fixarea motorului pas cu pas și a mecanismului pinion-cremalieră, ambele realizate din material ABS. Pompa de aer a fost amplasată în afara bazinului pentru a evita interacțiunea cu mediul coroziv, iar un furtun de plastic a fost instalat pentru transportul aerului furnizat de pompă. Pentru a proteja senzorul de temperatură de efectele mediului coroziv, acesta a fost învelit în material PTFE.

Elementul de inovație al proiectului, în comparație cu alte soluții existente, constă în utilizarea unui mecanism pinion-cremalieră pentru a realiza scufundarea automată a plăcilor de cablaje imprimate în bazin. Acest mecanism transformă mișcarea de rotație în mișcare de translație.

În etapa de calcul, s-a început cu dimensionarea pompei de aer, determinând presiunea exercitată de lichid la baza recipientului proiectat. Apoi, s-au calculat forțele tangențiale care acționează asupra pinionului și momentul minim necesar pentru motorul electric, luând în considerare și factorul de siguranță. Rezultatul obținut a fost de 0.046395 Nm, ceea ce a justificat utilizarea unui motor pas cu pas NEMA 17 cu un moment de 0.48 Nm, având în vedere și



posibilitatea viitoare de modificare a mecanismului pinion-cremalieră pentru utilizarea de piese din metal.

Pasul următor a constat în modelarea 3D a componentelor mecanice și electrice, precum și a ansamblului, permițând astfel materializarea soluției propuse.

De asemenea, s-a realizat o schemă electrică pentru a conecta microcontrolerul, driverul motorului, motorul pas cu pas, releele, pompa de aer și elementul încălzitor împreună cu senzorul de temperatură.

În continuare, s-a efectuat programarea întregului sistem. Au fost adăugate bibliotecile suplimentare OneWire și DallasTemperature, necesare pentru utilizarea senzorului de temperatură DS18B20. În cod, s-au inițializat pompa de aer și elementul încălzitor. S-a monitorizat temperatura sistemului și, în funcție de aceasta, elementul încălzitor a fost pornit intermitent pentru a menține temperatura între 40 și 50 de grade Celsius. Tot în cod, s-a programat acționarea motorului pas cu pas pentru ridicarea și coborârea plăcii PCB în bazinul cu clorură ferică. În cazul în care nu se primește nicio comandă de la tastatură, programul rulează autonom, acționând motorul o dată la 20 de minute.

Ultimul pas a constat în realizarea unui calcul economic al soluției propuse. S-au calculat costurile tuturor componentelor achiziționate, precum și costurile componentelor imprimate 3D. S-a ținut cont de cantitatea de material necesară pentru imprimare și de consumul de energie electrică asociat procesului de imprimare. Astfel, prețul final al soluției propuse a fost de 1124.44 RON. Acest preț se situează aproximativ la jumătatea valorii soluțiilor existente analizate până în prezent, cu mențiunea că niciuna dintre acestea nu include o componentă automată care să elimine intervenția umană din execuție.



Bibliografie

- [1] [https://ro.wikipedia.org/wiki/Clorur%C4%83_de_fier_\(III\)](https://ro.wikipedia.org/wiki/Clorur%C4%83_de_fier_(III))
- [2] https://ro.wikipedia.org/wiki/Circuit_imprimat
- [3] https://www.aliexpress.com/item/4000543222757.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.31134146vfRETy&algo_pvid=03d5e23b-e649-4f1a-9d94-dab8711d2be6&algo_exp_id=03d5e23b-e649-4f1a-9d94-dab8711d2be6-3&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2210000002793931586%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21RON%21317.3%21317.3%21%21%21%21%21%402101e9d216685443871986581eb8a2%2110000002793931586%21sea&curPageLogUid=c5ewyI9Dbgmn
- [4] <https://www.conrad.com/p/proma-141060-0000-pcb-etching-station-551937>
- [5] https://www.aliexpress.com/item/4001272010994.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.31134146vfRETy&algo_pvid=03d5e23b-e649-4f1a-9d94-dab8711d2be6&algo_exp_id=03d5e23b-e649-4f1a-9d94-dab8711d2be6-1&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2210000015551996916%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21RON%21262.17%21262.17%21%21%2165.43%21%21%402101e9d216685443871986581eb8a2%2110000015551996916%21sea&curPageLogUid=DSOsuV8DxrFI
- [6] https://www.aliexpress.com/item/4000545605482.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.31134146vfRETy&algo_pvid=03d5e23b-e649-4f1a-9d94-dab8711d2be6&algo_exp_id=03d5e23b-e649-4f1a-9d94-dab8711d2be6-0&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2210000002800461576%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21RON%21435.91%21435.91%21%21%21%21%21%402101e9d216685443871986581eb8a2%2110000002800461576%21sea&curPageLogUid=QNqgs2QRsvn8
- [7] https://wiki.london.hackspace.org.uk/view/Equipment/PCB_etch_station



- [8] <https://www.directindustry.com/prod/u-therm-international-hk-limited/product-65661-2002281.html>
- [9] <https://www.conrad.com/p/proma-141070-0000-pcb-spray-etching-machine-1-520716>
- [10] <https://www.amazon.in/ASICO-AE-834-Etching-Machine/dp/B073W6Q8FN>
- [11] <https://www.conrad.com/p/proma-141-030-2000-pcb-bubble-etching-machine-with-heater-530328>
- [12] https://www.ebay.com/itm/133802651027?norover=1&mkevt=1&mkrid=21572-161791-658771-9&mkcid=2&itemid=133802651027&targetid=1706872446233&device=c&mktype=pla&googleloc=1011795&poi=&campaignid=18453939555&mkgroupid=147420305968&rlsarget=pla-1706872446233&abcId=&merchantid=119648210&gclid=Cj0KCQiAyMKbBhD1ARIsANs7rEFpTY-eJLr8GdqCRZdM6Ul-z9dWiP-2gmx8ISiVGnIfJepCDoO1J0IaAjuKEALw_wcB
- [13] <https://www.rapidonline.com/rota-spray-plus-promotional-kit-34-0757>
- [14] <https://www.nevertebrate.ro/pompa-de-aer-boyu-60l-min-ses-60-35337>
- [15] <http://www.datasheetcafe.com/17hs4401-datasheet-stepper-motor/>
- [16] https://www.google.com/search?q=a4988+pinout&tbm=isch&ved=2ahUKEwii8fz63NX_AhV5gv0HHeQxA-0Q2-cCegQIABAA&oq=a4988+pinout&gs_lcp=CgNpbWcQAzIFCAAQgAQyBggAEAUQHjIGCAAQBRAeMgYIABAFEB4yBggAEAgQHjIGCAAQBRAeOgQIIxAnOgcIABCKBRBDUIUEWL4MYJENaABwAHgAgAFPiAHgBJIBATiYaqCgAQGgAQQnd3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scie nt=img&ei=4aOTZOL8HPmE9u8P5OOM6A4&bih=880&biw=1920#imgrc=bFkW9ZHSasiAtM



- [22] <https://www.apexdyna.nl/en/calculate-rack-and-pinion>
- [23] <https://www.linearmotiontips.com/how-to-size-a-rack-and-pinion-drive/>
- [24] <https://hlhrapid.com/knowledge/what-is-fdm-3d-printing/>
- [25] https://cleste.ro/placa-de-dezvoltare-arduino-uno.html?utm_medium=GoogleAds&utm_campaign=&utm_source=&gclid=Cj0KCQjw7uSkBhDGARIsAMCZNJsSxb5j-tnjb9rUBuwNfAfaa98R_6S9DK1H4DCUXRFXNv7Vq2VwyL0aAthFEALw_wcB
- [26] https://ardushop.ro/ro/printare-3d/100-driver-motor-pas-cu-pas-a4988-2a.html?gclid=Cj0KCQjw7uSkBhDGARIsAMCZNJv0o7-62KPkuWuEenwBVsqG3cOjQtXN9A-aUld2YKkGM-efUP7pq88aAkKQEALw_wcB
- [27] https://ardushop.ro/ro/home/1889-motor-pas-cu-pas-stepper-nema17-18-grade-17a.html?search_query=nema+17&results=298
- [28] https://ardushop.ro/ro/home/667-releu-cu-senzor-de-lumina.html?search_query=releu&results=42
- [29] <https://tropheus.ro/pompe/5554-boyu-ses-60.html>
- [30] https://www.robofun.ro/condensator-electrolitic-aishi-tht-100uf-16vdc.html?gclid=Cj0KCQjw7uSkBhDGARIsAMCZNJtWzSNGsv6Dn4ItD_RXDNrPLm7qfYWpHZ4gDr0Cu-Xa0HFMJ9YOEBkaAj4_EALw_wcB
- [31] https://www.emag.ro/rezistor-1kohm-196fm/pd/DT3J9MMBM/?cmpid=87002&gclid=Cj0KCQjw7uSkBhDGARIsAMCZNJvEIwAl3ECPiQc7JXeYQrPafqMo0M7tWg5BqKBum7ORsFJkdbPcO1oaAtbQEALw_wcB



- [32] https://cleste.ro/breadboard-400-puncte.html?utm_medium=GoogleAds&utm_campaign=&utm_source=&gclid=Cj0KCQjw7uSkBhDGARIsAMCZNJugx05n272M8uLOLhfhOqaFvq1PFes8JdOdEmLYlnxDQhXy9ftMRIaAvx7EALw_wcB
- [33] https://www.sigmanortec.ro/40-Fire-Dupont-20cm-Tata-Tata-p210851325?gclid=Cj0KCQjw7uSkBhDGARIsAMCZNJsv13ewa26kxfZSdNt5K3g7Ed8KXSgPZEj_z440WVNvGFRD6k3TFsaAv41EALw_wcB
- [34] https://www.sigmanortec.ro/Senzor-sonda-temperatura-impermeabil-DS18B20-DSB18B20-p126400819?gclid=Cj0KCQjw7uSkBhDGARIsAMCZNJtkShhTSXrYt6TcBHEwsiS9kuzFB4uOQ-AziIBn3r_5CC-zbSLlksUaAnpREALw_wcB
- [35] https://ardushop.ro/ro/home/2414-surub-philips-cap-inecat.html?gclid=Cj0KCQjw7uSkBhDGARIsAMCZNJsWkEUsoh1ccPHHWgOpXg0dQxJAM7abUHOZfpPX2MZqGsuQrUuvC2UaAr3rEALw_wcB
- [36] <https://www.hornbach.ro/p/placa-bravo-stiren-1000x500x4-mm-transparenta/5845236/>
- [37] <https://grabcad.com/library>



Anexa

Cod Arduino IDE:

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 8
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
const int pumpPin = 7;
const int heaterPin = 6;
const int motorStepPin = 3;
const int motorDirPin = 4;
int motorSteps = 300;
int motorDelay = 5;
unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long interval = 20 * 60 * 1000; // Interval de 20 de minute
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pumpPin, OUTPUT);
  pinMode(heaterPin, OUTPUT);
  pinMode(motorStepPin, OUTPUT);
  pinMode(motorDirPin, OUTPUT);

  // Porneste pompa de aer si elementul de incalzit
  digitalWrite(pumpPin, HIGH);
  digitalWrite(heaterPin, HIGH);
  Serial.println("Se porneste pompa de aer...");
  Serial.println("Se porneste elementul incalzitor...");
}
```



```
void loop() {
    sensors.requestTemperatures();
    float temperature = sensors.getTempCByIndex(0);
    // Monitorizeaza temperatura
    if (temperature >= 50.0) {
        digitalWrite(heaterPin, LOW);
        Serial.println("Temperatura este peste 50 de grade. Se opreste elementul incalzitor...");
    } else if (temperature <= 40.0) {
        digitalWrite(heaterPin, HIGH);
        Serial.println("Temperatura este sub 40 de grade. Se porneste elementul incalzitor...");
    }
    // Control motor pas cu pas
    if (Serial.available() > 0) {
        int value = Serial.parseInt();
        if (value == 1) {
            Serial.println("Se comanda miscarea motorului cu 300 de pasi...");
            moveMotor(motorSteps, HIGH);
        } else if (value == 2) {
            Serial.println("Se comanda miscarea motorului cu 300 de pasi...in directia opusa...");
            moveMotor(motorSteps * 10, LOW);
        }
    }
    } else {
        unsigned long currentMillis = millis();
        if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
            Serial.println("Incepere sistem autonom...");
            moveMotor(motorSteps, HIGH);
            previousMillis = currentMillis;
        }
    }
}
```



```
}  
  
void moveMotor(int steps, boolean direction) {  
    digitalWrite(motorDirPin, direction);  
  
    for (int i = 0; i < steps; i++) {  
        digitalWrite(motorStepPin, HIGH);  
        delay(motorDelay);  
        digitalWrite(motorStepPin, LOW);  
        delay(motorDelay);  
    }  
    Serial.println("Motorul a executat pasii in mod autonom...");  
}
```