

## Formulari- F2



### UNIVERSITETI I PRISHTINËS "HASAN PRISHTINA" UNIVERSITY OF PRISHTINA

Rr. Xhorxh Bush, Ndërtesa e Rektoratit, 10 000 Prishtinë, Republika e Kosovës  
Tel: +381 38 244 183 • E-mail: rektorati@uni-pr.edu • www.uni-pr.edu

Nr. Prot.: 1407

Datë: 27/08/2025

## RAPORT VLERËSIMI TË DORËSHKRIMIT TË PUNIMIT TE DIPLOMES MASTER

FAKULTETI	Fakulteti i Inxhinierisë Mekanike
Departamenti/ Programi	Mekatronikë
Projektpropozimi	KONTROLLI I TEMPERATURËS DHE LAGËSHTISË ME SHFRYTËZIM TË ARKITEKTURËS NË IOT
Kandidati	BSc. Pegmatit Bruçi
Mentori	Prof. Asoc. Dr. Xhevahir Bajrami
Aprovimi i projekt propozimit në Këshillin e Fakultetit	Datë: 31.12.2024 Vendimi nr.: 2159/4
Vlerësimi i dorëshkrimit Në bazë të vendimit nr. 2159/4 të datës 31.12.2024, të Këshillit të Fakultetit të Inxhinierisë Mekanike në Prishtinë, është formuar komisioni në përbërje: <ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>Prof. Dr. Ramë Likaj</b>, kryetar</li><li>2. <b>Prof. Dr. Arbnor Pajaziti</b>, anëtar</li><li>3. <b>Prof. Asoc. Dr. Xhevahir Bajrami</b>, mentor</li></ol> Për vlerësimin e punimit Master me titull " <b>Kontrolli i Temperaturës dhe Lagështisë me Shfrytëzim të Arkitekturës IoT</b> " të kandidatit <b>Pegmatit Bruçi</b> . Pas shqyrtimit të punimit të lartpërmendur, Komisioni jep këtë: <h3>R A P O R T</h3> <p>Punimi Master "<b>Kontrolli i Temperaturës dhe Lagështisë me Shfrytëzim të Arkitekturës në IoT</b>" është një punim i ndërtuar në mënyrë të strukturuar dhe metodologjikisht i qëndrueshëm, që kombinon njohuritë e mekatronikës me teknologjitë bashkëkohore të Internetit të Gjërave (IoT) dhe inteligjencës artificiale.</p>	

## Formulari- F2

### **Hyrje**

Ky punim fillon me paraqitjen e sfidave aktuale mjedisore dhe nevojën për sisteme të zgjuara të monitorimit të mjedisit. Kjo pjesë ofron një pasqyrë të qartë mbi qëllimin e studimit dhe motivimin për krijimin e një platforme të automatizuar për mbajtjen dhe analizën e temperaturës, lagështisë dhe pranisë së gazrave.

### **Analiza e komponentëve dhe ndërtimi i sistemit IoT**

Punimi përmban përshkrime të detajuara të komponentëve elektronikë dhe strukturës së sistemit. Përdorimi i Raspberry Pi 4B si një platformë qendrore për mbledhjen e të dhënave dhe lidhja me sensorët DHT11 dhe MQ-2 demonstrojnë një implementim të qëndrueshëm të teknologjisë. Përdorimi i InfluxDB për ruajtjen e të dhënave dhe vizualizimi përmes Grafana tregon njohje të thelluar të arkitekturave moderne të të dhënave.

### **Programimi dhe konfigurimi i sistemit**

Kapitujt përkatës përshkruajnë me qartësi kodin e përdorur, skriptet e mbledhjes së të dhënave dhe mënyrën si janë të integruar përmes Docker për të lehtësuar vendosjen dhe shkallëzimin. Kandidati ka treguar zotërim të koncepteve të programimit dhe sistemeve të automatizuara të dërgimit dhe analizës së informacionit.

### **Testimi në terren dhe mbledhja e të dhënave**

Sistemi është testuar në tri lokacione të ndryshme: ambient i brendshëm, zonë urbane dhe zonë industriale. Të dhënat janë analizuar sipas parametrave si temperatura, lagështia relative dhe përqendrimi i gazrave. Janë vërejtur ndryshime të ndjeshme ndërmjet zonave, duke dëshmuar vlefshmërinë e sistemit për detektim mjedisor dhe aplikime të mundshme në fusha të ndryshme.

### **Analiza e të dhënave dhe parashikimi me AI**

Punimi përfshin përdorimin e një modeli të inteligjencës artificiale, regresioni linear, për të parashikuar temperaturën dhe lagështinë. Kandidati ka vlerësuar saktësinë e modelit përmes metrave statistikore si MAE dhe RMSE. Kjo tregon një përpjekje për të zgjeruar përmasat e sistemit nga një mjet matës drejt një platforme inteligjente që mund të ndihmojë në marrjen e vendimeve.

### **Zbatueshmëria praktike dhe ndikimi i sistemit**

Punimi jo vetëm që përmban vlera akademike, por paraqet edhe një kontribut të qartë në aspektin praktik dhe aplikativ. Sistemi i ndërtuar mund të përdoret në ambiente të brendshme dhe të jashtme për monitorimin e kushteve mjedisore, duke ndihmuar në identifikimin e anomalive dhe

## Formulari- F2

në marrjen e vendimeve për ndërhyrje. Aplikimi i tij në zona industriale tregon potencial për përdorim në monitorimin e sigurisë mjedisore, ndërsa përdorimi në zona urbane e banesa e bën të përshtatshëm për ndërtesa të mençura (smart buildings), bujqësi të saktë dhe sisteme të kontrollit të kushteve të brendshme në qendrat publike. Zgjedhja e komponentëve, konfigurimi modular dhe mundësia për zgjerim e bëjnë sistemin të lehtë për adoptim në institucione publike apo kompani private. Integrimi me platformat si Grafana për vizualizim dhe përdorimi i API-ve për analizë të mëtejshme hap mundësi për zhvillime të mëdha në fushën e menaxhimit të të dhënave mjedisore.


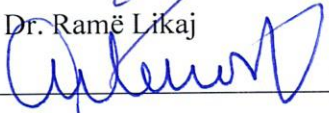

### PËRFUNDIM

Punimi është i hartuar me përmbajtje të pasur teknike, logjike të qartë strukturore dhe qasje metodologjike bashkëkohore. Ai përfaqëson një kontribut të vlerësueshëm akademik dhe profesional në fushën e mekatronikës, sidomos në kontekstin e aplikimeve të IoT.

Komisioni vlerëson se punimi Master i kandidatit **Pegmatit Bruçi** është përgatitur me seriozitet, kompetencë dhe pjekuri akademike. Prandaj, i propozojmë Fakultetit të Inxhinierisë Mekanike në Prishtinë që ai të miratohet për **diskutim publik dhe mbrojtje zyrtare**.

Prishtinë,

Komisioni:

1.   
Prof. Dr. Ramë Likaj – kryetar
2.   
Prof. Dr. Arbnor Pajaziti – anëtar
3.   
Prof. Asoc. Dr. Xhevdahir Bajrami – mentor

# UNIVERSITETI I PRISHTINËS “HASAN PRISHTINA”

FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE

Departamenti: *Mekatronikë*



## PUNIM DIPLOME

Tema: *Kontrolli i Temperaturës dhe Lagështisë me Shfrytëzim të Arkitekturës në IoT*

*Mentori:*  
**Prof. Asco. Dr. Xhevahir Bajrami**

*Kandidati:*  
**BSc. Pegmatit Bruçi**

Prishtinë, 2025

## Përmbajtja

1. Hyrje .....	10
1.1. Roli i teknologjive të avancuara.....	11
1.2. Nevoja për zgjidhje të avancuara .....	11
1.3. Objektivat dhe kontributi i punimit.....	11
1.4. Potenciali i Inteligjencës Artificiale në IoT .....	12
2. Interneti i gjërave (IoT).....	14
2.1. Arkitektura IoT.....	15
2.2. Protokollet IoT .....	16
2.3. Protokollet e rrjetit IoT.....	16
2.4. ZigBee .....	18
2.5. Bluetooth Low Energy (BLE) .....	19
2.6. Wi-Fi .....	19
2.7. Thread.....	21
2.8. Rrjetet Celulare (2G, 3G & 4G) .....	21
2.9. LoRaWAN .....	22
2.10. Narrowband IoT (NB-IoT).....	23
2.11. IoT Data Protocols .....	24
2.11.1. Message Queue Telemetry Transport (MQTT).....	24
2.11.2. Constrained Application Protocol (CoAP).....	25
2.11.3. Advanced Message Queuing Protocol (AMQP) .....	26
3. Arkitektura e sistemit.....	28
3.1. Raspberry Pi 4B .....	28
3.1.1. Specifikat mekanike .....	30
3.1.2. Skema e caktimit të pinave GPIO.....	30
3.1.3. Funksonet alternative.....	31
3.2. Sensori DHT-11 .....	31
3.3. Sensori MQ-2 .....	32
3.4. Komponentët e tjerë harduerikë .....	33
3.5. Diagrami i arkitekturës.....	35
3.5.1. Përshkrimi i rrjedhës së informacionit nga sensorët në Raspberry Pi dhe në Grafana .....	35
3.5.2. Mbledhja e të dhënave nga sensorët .....	35
3.5.3. Përpunimi i të dhënave në Raspberry Pi.....	35
3.5.4. Transmetimi i të dhënave në Grafana.....	36
3.5.5. Vizualizimi i të dhënave në Grafana .....	36

## PUNIM DIPLOME - MASTER

---

3.6. Përzgjedhja e Softuerit .....	37
3.6.1. Libraritë kryesore të përdorura .....	37
3.6.2. Grafana .....	38
4. Ndërtimi harduerik.....	39
5. Programimi dhe konfigurimi.....	42
5.1. Intalimi dhe konfigurimi i Portainer.....	42
5.2. Instalimi i Node-RED.....	43
5.3. Konfigurimi i InfluxDB për ruajtjen e të dhënave .....	44
5.4. Vizualizimi i të dhënave me Grafana.....	44
5.5. Docker dhe menaxhimi i kontejnerëve për shërbimet IoT .....	45
5.6. Mosquitto – Implementimi i MQTT për komunikim.....	46
5.7. Implementimi i kodit.....	46
5.7.1. Ruajtja dhe dërgimi i të dhënave në Grafana .....	50
5.7.2. Konfigurimi i InfluxDB në Grafana për vizualizimin e të dhënave .....	51
5.7.3. Konfigurimi i SMTP në Grafana .....	51
5.7.4. Vendosja e rregullave për alarm në Grafana (Alert Rules) .....	52
5.7.5. Vendosja e Email njoftimeve të personalizuar .....	53
6. Testimi dhe analiza e të dhënave .....	55
6.1. Lokacioni 1: Rruga B, Prishtinë (29 Qershor 2025) .....	55
6.2. Lokacioni 2: Qendra pranë Katedrales “Nënë Tereza”, Prishtinë (30 Qershor 2025) .....	55
6.3. Lokacioni 3: Termocentrali Kosova A; Blloku A5, Obiliq (4 Korrik 2025) .....	57
6.4. Analiza dhe krahasimi i rezultateve .....	58
6.4.1. Interpretim statistikor i të dhënave ambientale.....	60
6.4.2. Analizë parashikuese me regresion linear për temperaturën, lagështinë dhe gazrat ...	61
6.4.3. Vlerësimi i performancës së sistemit.....	63
6.5. Diskutim mbi rezultatet dhe kontributi personal.....	65
6.5.1 Aplikimi i algoritmit të regresionit linear për parashikim temperaturash .....	65
7. Reflektim personal mbi procesin e punës .....	67
7.1. Vlera praktike dhe inovative e sistemit të zhvilluar .....	67
7.2. Sfidat dhe pengesat gjatë punës .....	67
7.3. Perspektiva të zhvillimit në të ardhmen .....	67
Përfundimi.....	69
Referencat .....	70

**Lista e figurave**

Figura 1. Numri i parashikuar i pajisjeve të lidhura për person (Monazzah, Safaei, Bafroei, & Ejlali, 2017).....	14
Figura 2. Arkitektura funksionale e një rrjeti IoT industrial përmes pajisjeve të DIGI, me komunikim nga sensorët deri te platforma cloud për analiza dhe kontroll të integruar (Digi International, 2023).....	15
Figura 3. Protokollat dhe teknologjitë më të zakonshme të rrjetit në sistemet IoT (EnthuTech, 2022).....	17
Figura 4. Topologjia yll, topologjia pemë, topologjia rrjetë (Hao, Y.; Foster, R., 2008).....	18
Figura 5. Topologjia pike për pike, topologjia yll, topologjia e dyfishtë LE (Bluetooth SIG, 2019).....	19
Figura 6. Shtresat e standardit 802.11 (Media, 2017).....	20
Figura 7. Evolucioni teknologjik i Wi-Fi (Templeton, Carlson, Leon-Garcia, & Widjaja, 2018).....	20
Figura 8. Stack Module of Thread (Gomez & Paradells, 2015).....	21
Figura 9. Numri i abonentëve (Our World in Data, 2025).....	22
Figura 10. Diagrami i r.....	23
Figura 11. Arkitektura MQTT (Brenman, 2018).....	25
Figura 12. Arkitektura CoAP (i-Scoop, 2020).....	26
Figura 13. Arkitektura AMQP (CloudAMQP, 2015).....	27
Figura 14. Raspberry Pi 4B dhe disa nga veçorit e tij (Seeed Studio, 2020).....	29
Figura 15. Dimensionet mekanike në milimetra (DFRobot, 2025).....	30
Figura 16. Skema e pinave të lidhësit GPIO (The Engineering Projects, 2021).....	30
Figura 17. Sensori DHT-11 dhe pinat e tij (Electrothink, 2023).....	32
Figura 18. Sensori MQ-2 dhe pinat e tij (The Engineering Projects, 2024).....	33
Figura 19. Diagrami i arkitekturës.....	36
Figura 20. Lidhja e sensorëve me Raspberry PI 4B (EasyEDA).....	41
Figura 21. Ekzekutimi i kodit në terminal të Visual Studio.....	42
Figura 22. Lista e kontainerëve në Portainer.....	43
Figura 23. Konfigurimi i rrjedhës në Node-RED.....	43
Figura 24. Shfaqja e të dhënave në Grafana.....	44
Figura 25. Struktura e funksionimit të Docker (Xu, A., 2024).....	45
Figura 26. Arkitektura e sistemit me Raspberry Pi, DHT-11 dhe MQ-2, e integruar me InfluxDB, Grafana dhe me OpenAI.....	51
Figura 27. Vendosja e rregullave për alarm.....	52
Figura 28. Email-e të gjeneruara nga alarmet e automatizuara në sistemin e monitorimit.....	53
Figura 29. Aktivizimi i rregullit të alarmit dhe shfaqja vizuale.....	53
Figura 30. Monitorimi në kohë reale në banesë tek Rrugën B.....	55
Figura 31. Monitorimi në kohë reale pranë Katedrales "Nënë Tereza".....	56
Figura 32. Monitorimi në kohë reale pranë Katedrales "Nënë Tereza" një orë më pas.....	56

Figura 33. Monitorimi në kohë reale në Termocentrali Kosova A; Blloku A5 .....	57
Figura 34. Monitorimi në kohë reale në Termocentrali Kosova A; Blloku A5 një orë më pas...	57
Figura 35. Realizimi i matjeve pranë turbinës A5 në Termocentralin Kosova A.....	58
Figura 36. Krahasimi i parametrave ambientale ne lokacione të ndryshme: Rruga B, Qendër Qyteti dhe Termocentral .....	59
Figura 37. Parashikimi i temperaturës me regresion linear në tre lokacione.....	61
Figura 38. Parashikimi i lagështisë relative me regresion linear në tre lokacione.....	62
Figura 39. Parashikimi i niveli të gazrave me regresion linear në tre lokacione .....	63

**Lista e shkurtesave**

<b>IoT</b>	Internet of Things (Interneti i Gjërave)
<b>AI</b>	Artificial Intelligence (Inteligjenca Artificiale)
<b>DHT-11</b>	Digital Humidity & Temperature Sensor
<b>MQ-2</b>	Gas Detection Sensor
<b>GPIO</b>	General Purpose Input/Output
<b>HTTP</b>	HyperText Transfer Protocol
<b>CoAP</b>	Constrained Application Protocol
<b>MQTT</b>	Message Queuing Telemetry Transport
<b>AMQP</b>	Advanced Message Queuing Protocol
<b>BLE</b>	Bluetooth Low Energy
<b>Wi-Fi</b>	Wireless Fidelity
<b>3GPP</b>	3rd Generation Partnership Project
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>IETF</b>	Internet Engineering Task Force
<b>6LoWPAN</b>	IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Networks
<b>SPI</b>	Serial Peripheral Interface
<b>I2C</b>	Inter-Integrated Circuit
<b>WPAN</b>	Wireless Personal Area Network
<b>LPWAN</b>	Low Power Wide Area Network
<b>NB-IoT</b>	Narrowband Internet of Things
<b>LoRaWAN</b>	Long Range Wide Area Network
<b>LCD</b>	Liquid Crystal Display
<b>HDMI</b>	High-Definition Multimedia Interface
<b>SOC</b>	System on Chip
<b>SDRAM</b>	Synchronous Dynamic Random Access Memory
<b>RAM</b>	Random Access Memory
<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>RH</b>	Relative Humidity
<b>CPU</b>	Central Processing Unit

## Abstrakti

Ky punim trajton zhvillimin dhe testimin e një sistemi të automatizuar për monitorimin dhe analizën e parametrave mjedisorë, përkatësisht temperaturës, lagështisë dhe përqendrimit të gazrave të ndezshëm në ajër, duke përdorur teknologjinë e Internetit të Gjërave (IoT). Sistemi është ndërtuar mbi platformën Raspberry Pi 4B dhe përfshin sensorët DHT-11 dhe MQ-2, të kombinuar me softuerë si Node-RED, InfluxDB, MQTT dhe Grafana, për të mundësuar matje të vazhdueshme, ruajtje të dhënash dhe vizualizim në kohë reale në platforma cloud.

Risi e veçantë e këtij projekti është integrimi i inteligjencës artificiale përmes OpenAI, që mundëson analizë automatike të të dhënave, interpretim semantik të matjeve dhe parashikim të parametrave klimatikë. Sistemi është testuar në tri lokacione me karakteristika të ndryshme mjedisore, ambient i brendshëm, zonë urbane dhe mjedis industrial, ku janë evidentuar ndryshime të ndjeshme në temperaturë, lagështi dhe ndotje të ajrit, përfshirë edhe ndotje momentale dhe të vazhdueshme nga gazra si metani, propani, butani dhe tymi.

Rezultatet kanë dëshmuar funksionalitetin dhe saktësinë e sistemit në kushte reale, duke vërtetuar se ky model përfaqëson një zgjidhje të qëndrueshme, të zgjerueshme dhe të aftë për të mbështetur ndërhyrje të mençura mjedisore në kohë reale. Projekti ofron një platformë funksionale që mund të shërbejë si bazë për zhvillime të mëtejshme në aplikime industriale, urbane dhe rezidenciale, me potencial për integrim të mëtejshëm të AI dhe burimeve të rinovueshme energjetike.

## 6. Testimi dhe analiza e të dhënave

Për të vlerësuar performancën e sistemit IoT dhe saktësinë e të dhënave të mbledhura, Raspberry Pi me sensorët përkatës është vendosur në tre lokacione të ndryshme. Ky testim synon të analizojë ndryshimet e temperaturës, lagështisë dhe nivelit të gazrave në këto mjedise dhe të vërtetojë që të dhënat e mbledhura janë të sakta dhe të aplikueshme për monitorim në kohë reale përmes platformës Grafana.

### 6.1. Lokacioni 1: Rruga B, Prishtinë (29 Qershor 2025)

Raspberry Pi është vendosur në ambientet e brendshme të një banese për të matur kushtet mjedisore tipike të një hapësire të mbyllur. Matjet u kryen në intervale të rregullta kohore, duke përfshirë temperaturën, lagështinë dhe përqendrimin e gazrave në ajër. Gjatë gjithë periudhës nuk u evidentuan nivele të rrezikshme të gazrave. Temperatura mesatare u regjistrua rreth 28.6°C me variacione minimale, ndërsa lagështia relative varioje nga 35% në 38%. Mes orës 16:39 dhe 17:15 u raportuan vërejtje mbi nivele disi më të larta të temperaturës dhe lagështisë, por pa ndonjë ndikim të drejtpërdrejtë në funksionimin e sistemit. Pas kësaj periudhe, të gjitha vëzhgimet rezultuan të rregullta dhe pa anomalitë. Në përfundim, ambienti i testuar rezultoi i pastër dhe i përshtatshëm për validimin e sistemit, me sjellje të qëndrueshme të parametrevë mjedisore dhe pa ndotje të gazrave.

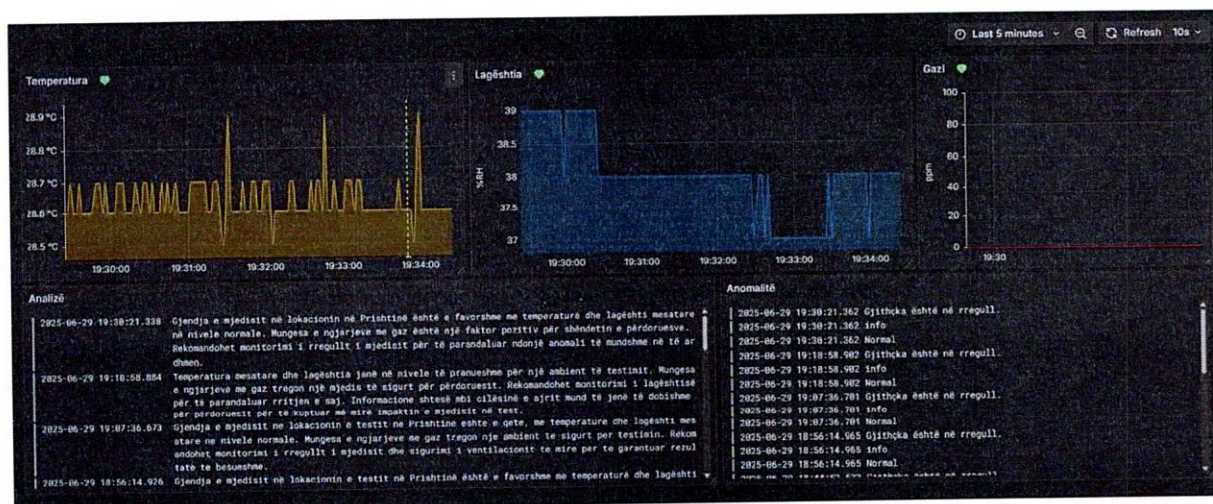


Figura 30. Monitorimi në kohë reale në banesë tek Rrugën B

### 6.2. Lokacioni 2: Qendra pranë Katedrales “Nënë Tereza”, Prishtinë (30 Qershor 2025)

Pajisja është vendosur në një zonë të hapur pranë Katedrales “Nënë Tereza” në Prishtinë, e karakterizuar nga qarkullim i lartë i njerëzve dhe automjeteve. Qëllimi i vendosjes në këtë pikë ka qenë të vlerësohet ndikimi i faktorëve urbanë mbi temperaturën, lagështinë dhe cilësinë e ajrit.

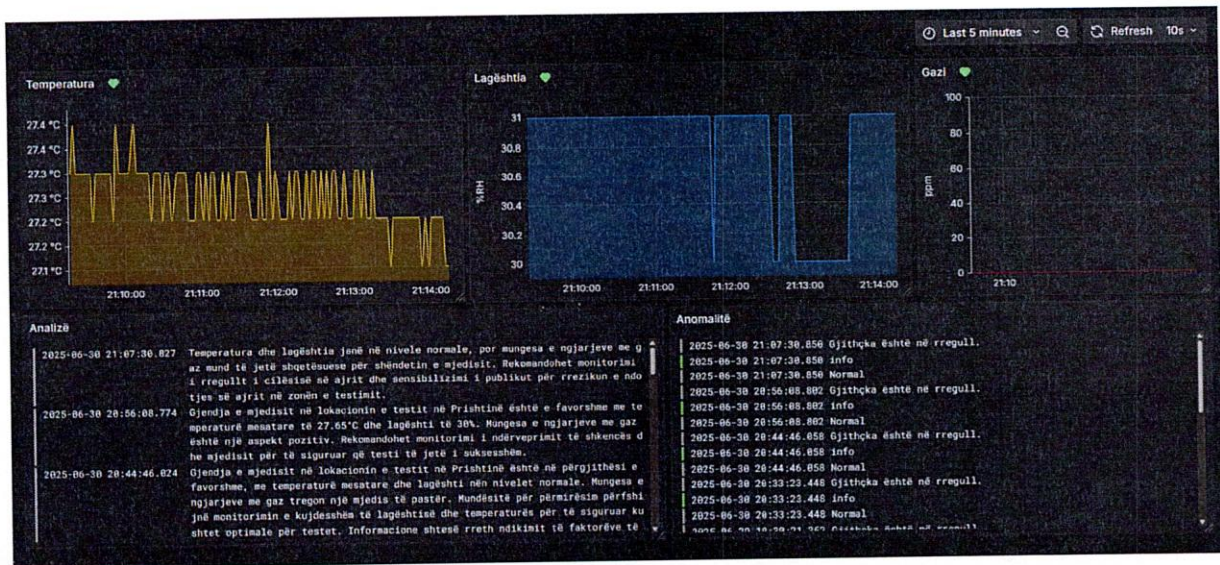


Figura 31. Monitorimi në kohë reale pranë Katedrales "Nënë Tereza"

Temperatura gjatë gjithë periudhës së matjes ka qenë e qëndrueshme, me vlera që variojnë nga 25.4°C në 25.8°C. Lagështia relative luhatej në intervalin 35–36%. Gjatë testimit u evidentua një rritje e menjëhershme e përqendrimit të gazrave, e cila u shfaq në një periudhë të shkurtër kohore. Sensori MQ-2 detektoi prani të gazrave gjatë një periudhe, të cilët zakonisht shfaqen si pasojë e djegieve të motorëve të automjeteve apo proceseve të pakontrolluara të djegies në qytet.

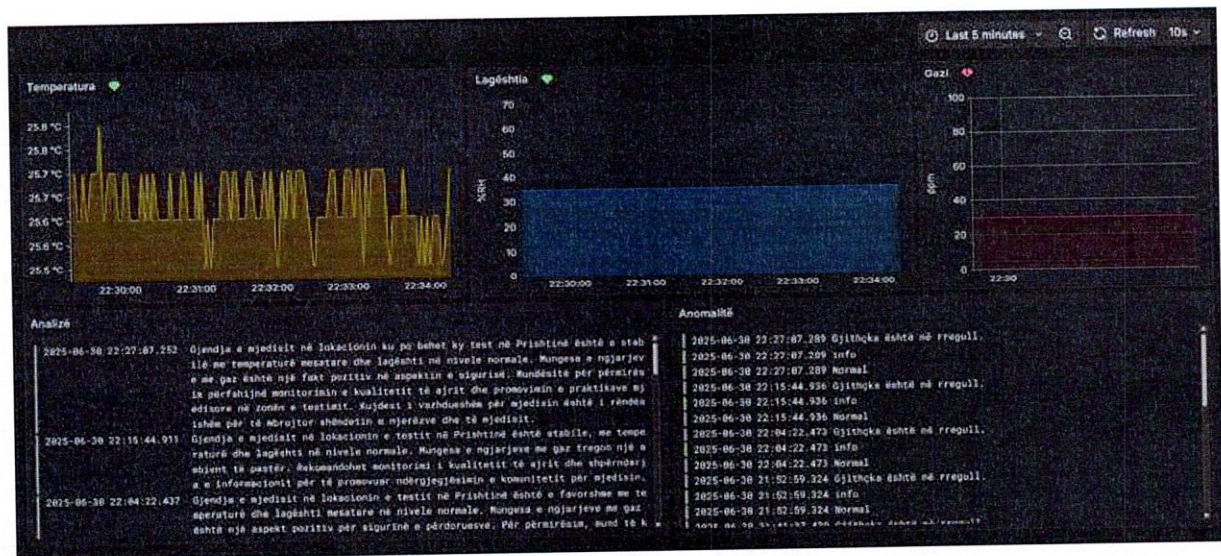


Figura 32. Monitorimi në kohë reale pranë Katedrales "Nënë Tereza" një orë më pas

Monitorimi pranë Katedrales "Nënë Tereza" nxori në pah një mjedis të qëndrueshëm nga ana termike dhe e lagështisë, por gjithashtu identifikoi ndotje të menjëhershme të ajrit në një periudhë.

6.3. Lokacioni 3: Termocentrali Kosova A; Blloku A5, Obiliq (4 Korrik 2025)

Në testin vijues, pajisja është vendosur në Termocentralin Kosova A, përkatësisht në Bllokun A5, me synim vlerësimin e kushteve klimatike dhe përqendrimit të gazrave në një ambient industrial.

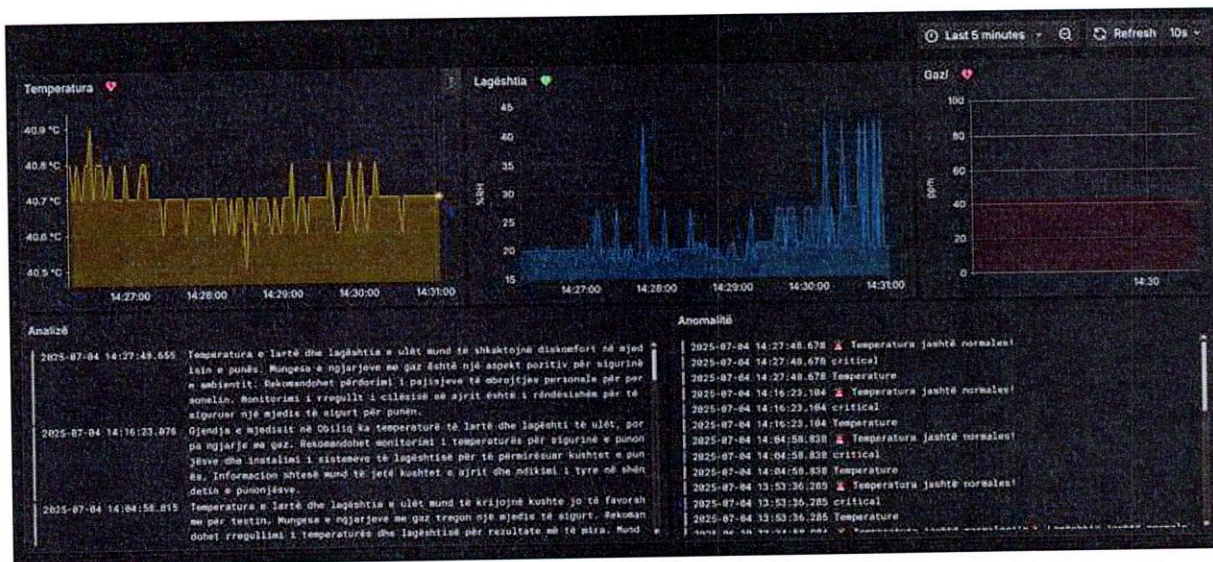


Figura 33. Monitorimi në kohë reale në Termocentrali Kosova A; Blloku A5

Temperatura arriti vlera të larta që kalonin 40.8°C, duke reflektuar ndikimin e drejtpërdrejtë të nxehtësisë industriale në ambient.

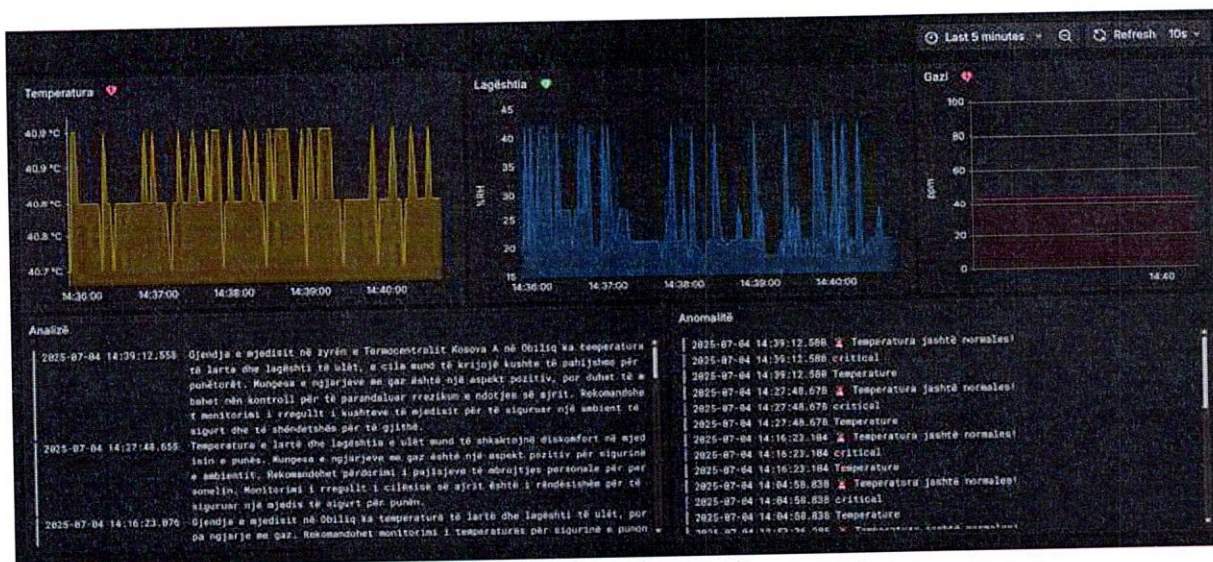
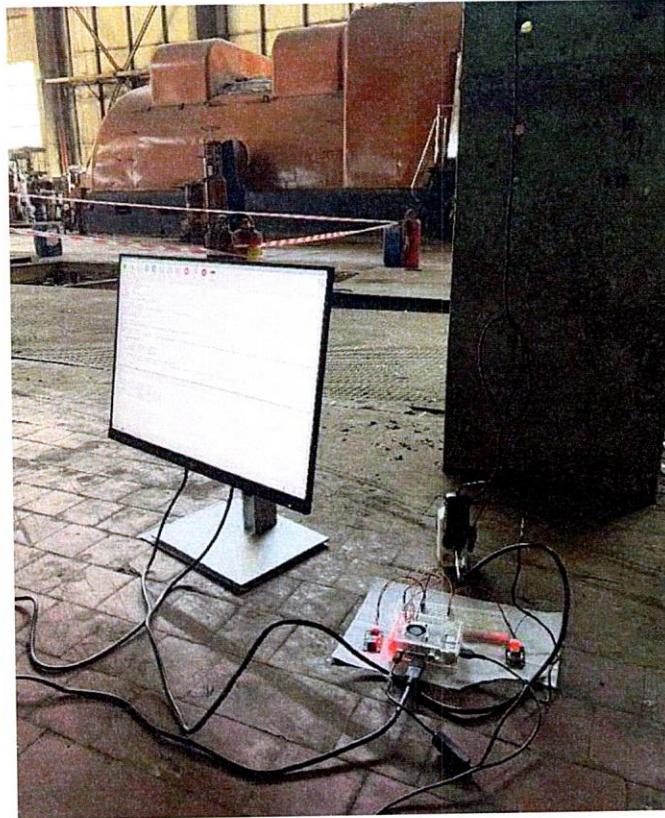


Figura 34. Monitorimi në kohë reale në Termocentrali Kosova A; Blloku A5 një orë më pas

Lagështia relative ishte e ulët dhe jo stabile, me vlera nga 18% deri në 42%, çka përbën një kombinim të papërshtatshëm për një mjedis pune të sigurt dhe të rehatshëm. Përqendrimi i gazrave rezultoi të qëndrojë vazhdimisht në nivelin 100, që përfaqëson kufirin maksimal të matshëm nga

sensori i përdorur. MQ-2 në këtë rast detektoi prani të qëndrueshme dhe të vazhdueshme të gazrave, duke reflektuar ndotje të rëndë ajri karakteristike për një ambient industrial me emetime të larta.

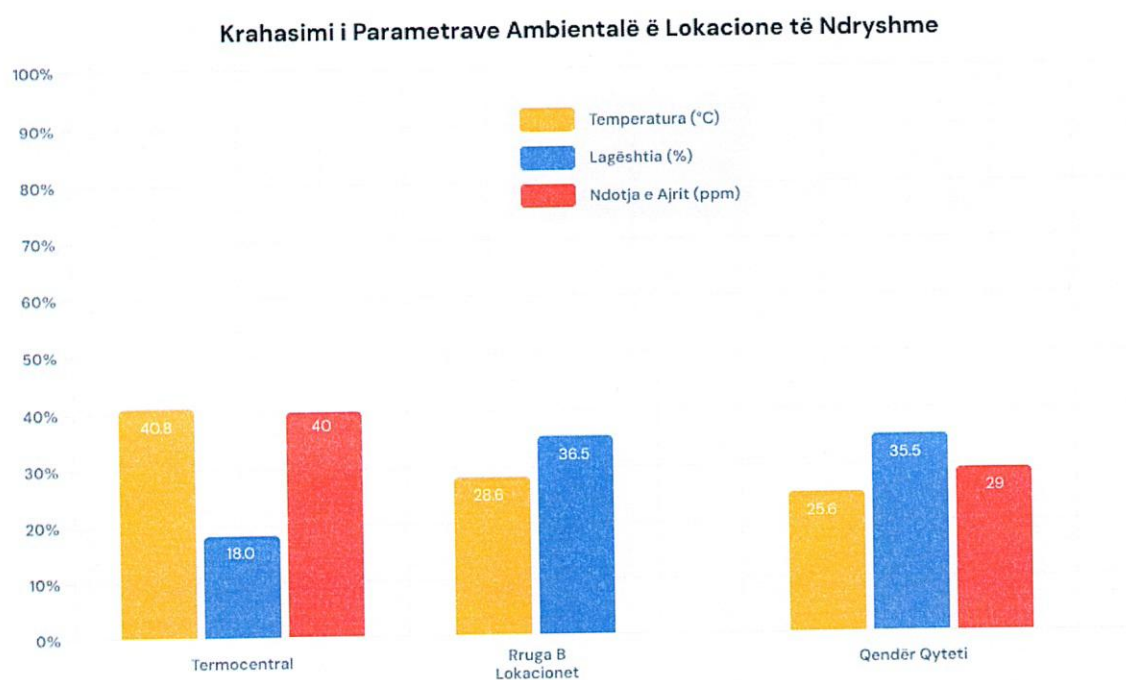
Testimi në Termocentralin Kosova A konfirmoi prani të lartë dhe të vazhdueshme të ndotjes së ajrit, si dhe kushte klimatike jo të favorshme për qëndrim të gjatë njerëzor.



*Figura 35. Realizimi i matjeve pranë turbinës A5 në Termocentralin Kosova A*

### 6.4. Analiza dhe krahasimi i rezultateve

Pas mbledhjes së të dhënave nga tre lokacionet e testimit, një ambient i brendshëm në Rrugën B, një zonë urbane me qarkullim të lartë pranë Katedrales “Nënë Tereza”, dhe një mjedis industrial në Termocentralin Kosova A, është realizuar një analizë krahasuese për të identifikuar ndryshimet në parametrat mjedisorë si temperatura, lagështia dhe ndotje e ajrit. Këto rezultate tregojnë ndikimin e llojit të mjedisit në cilësinë klimatike dhe ekologjike.



*Figura 36. Krahasimi i parametrave ambientalë ne lokacione të ndryshme: Rrugë B, Qendër Qyteti dhe Termocentral*

Vlerat më të larta të temperaturës janë regjistruar në Termocentralin Kosova A, me temperatura që arrinin deri në 40.8°C, si pasojë e drejtpërdrejtë e nxehtësisë industriale. Në ambientin e brendshëm në Rrugën B, temperatura ishte më e ulët dhe më stabile rreth 28.6°C, çka pasqyron ndikimin e kufizuar të faktorëve të jashtëm. Ndërkohë, në zonën urbane pranë Katedrales “Nënë Tereza”, temperatura ishte edhe më e qëndrueshme, duke qëndruar ngushtësisht brenda intervalit 25.4°C – 25.8°C, duke reflektuar kushte të moderuara në një zonë të hapur por jo të mbingarkuar termikisht.

Në qendrën urbane pranë Katedrales, lagështia qëndroi brenda kufijve optimalë prej 35–36%, duke kontribuar në një ndjesi të freskët dhe të balancuar të ajrit. Në Rrugën B, lagështia luhatej në diapazonin 35–38%, vlera që konsiderohen të zakonshme për ambiente të brendshme. Në Termocentral, megjithatë, lagështia ishte jo e qëndrueshme dhe ra deri në 18%, gjë që në kombinim me temperaturat e larta përbën një faktor rreziku për shëndetin dhe komfortin e personelit që punon në ato kushte.

Në analizat e realizuara u evidentuan dallime të rëndësishme mes lokacioneve. Në Rrugën B, përqendrimi i gazrave mbeti në nivelin 0 gjatë gjithë periudhës së matjes, duke treguar një ambient të pastër. Në zonën urbane pranë Katedrales, ndonëse në shumicën e kohës nuk u shfaqën ndotje të konsiderueshme, u regjistrua një ndotje momentale me rritje të përqendrimit të gazrave të ndezshëm, të cilat janë tipike për ndotje të shkaktuara nga trafiku. Ndërkohë, në Termocentralin Kosova A, niveli i gazit qëndroi vazhdimisht në vlerën maksimale të matshme gjatë gjithë testimit, duke reflektuar ndotje shumë të lartë dhe të qëndrueshme nga gazra të përbërë nga përzierje të djegies së lëndëve të ngurta ose të gazta.

Ky rezultat tregon se pajisja detektoi ndotje të lartë në mjedisin industrial dhe në zonën urbane, ndërsa ambienti i brendshëm ofroi parametra të stabilizuar dhe të pastër.

Krahasimi ndërmjet tre lokacioneve konfirmon ndikimin e drejtpërdrejtë që ka lloji i ambientit në parametrat mjedisorë. Ambientet e brendshme dhe zonat urbane të balancuara ofrojnë kushte më të favorshme për jetesë dhe punë, ndërsa mjediset industriale paraqesin rrezik të shtuar për ndotje të ajrit dhe stres termik.

### 6.4.1. Interpretim statistikor i të dhënave ambientale

Për çdo interval kohor prej 10 minutash janë përlogaritur metrikat themelore, duke përfshirë mesataren, devijimin standard dhe frekuencën e ngjarjeve, me qëllim identifikimin e tendencave dhe anomalive në të dhënat mjedisore (Triola, 2018).

#### Mesatarja ( $\bar{x}$ )

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Për të kuptuar vlerën e përgjithshme të temperaturës apo lagështisë në një periudhë të caktuar.

#### Devijimi Standard ( $\sigma$ )

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Për të matur shpërndarjen e të dhënave rreth mesatares, duke treguar sa shumë variojnë temperaturat apo lagështia nga normaliteti.

#### Frekuenca e ngjarjeve të gazit $f_g = \frac{N_g}{T}$

$$f_g = \frac{N_g}{T} \quad (3)$$

Numri se sa herë është detektuar gaz gjatë intervaleve kohore, duke u regjistruar si evente kritike në InfluxDB.

Ku:

- $f_g$  = Frekuenca e ngjarjeve të gazit
- $N_g$  = Numri total i detektimeve të gazit
- $T$  = Koha totale e monitorimit

Këto metrika statistikore janë bazë për analizën e mëtejshme me AI. Ato i dërgohen motorit gjuhësor GPT-3.5 Turbo për të gjeneruar një analizë semantike të përmbledhur dhe për të ofruar rekomandime kontekstuale. Ky proces e bën sistemin më shumë sesa një regjistruer pasiv, e shndërron atë në një entitet inteligjent, të aftë të kuptojë dhe sugjerojë.

6.4.2. Analizë parashikuese me regresion linear për temperaturën, lagështinë dhe gazrat

Për të zgjeruar më tej kapacitetet analitike të sistemit të zhvilluar, u aplikua një model i regresionit linear me qëllim të realizimit të analizave parashikuese mbi të dhënat e mbledhura nga testimet në tri mjedise me karakteristika të ndryshme mjedisore. Këto lokacione ofrojnë kushte të ndryshme klimatike dhe ndotjeje, duke e bërë analizën më gjithëpërfshirëse dhe realiste.

Modeli linear është përdorur për të parashikuar evolucionin e temperaturës gjatë ditëve të testimit. Rezultatet tregojnë një përshtatje të lartë mes të dhënave reale dhe atyre të parashikuara, me koeficientin e përshtatjes  $R^2$  që arrin deri në 0.97 për lokacionin urban. Ky rezultat dëshmon se temperatura në ambientet urbane ndjek një trend të qëndrueshëm dhe të modelueshëm.

Lokacioni	MSE	$R^2$
Rruga B, Prishtinë	0.26	0.84
Katedralja “Nënë Tereza”, Prishtinë	0.09	0.97
Termocentrali Kosova A, Njësia A5	0.25	0.85

Tabela 6. Parashikimi i Temperaturës në lokacionet e testimit

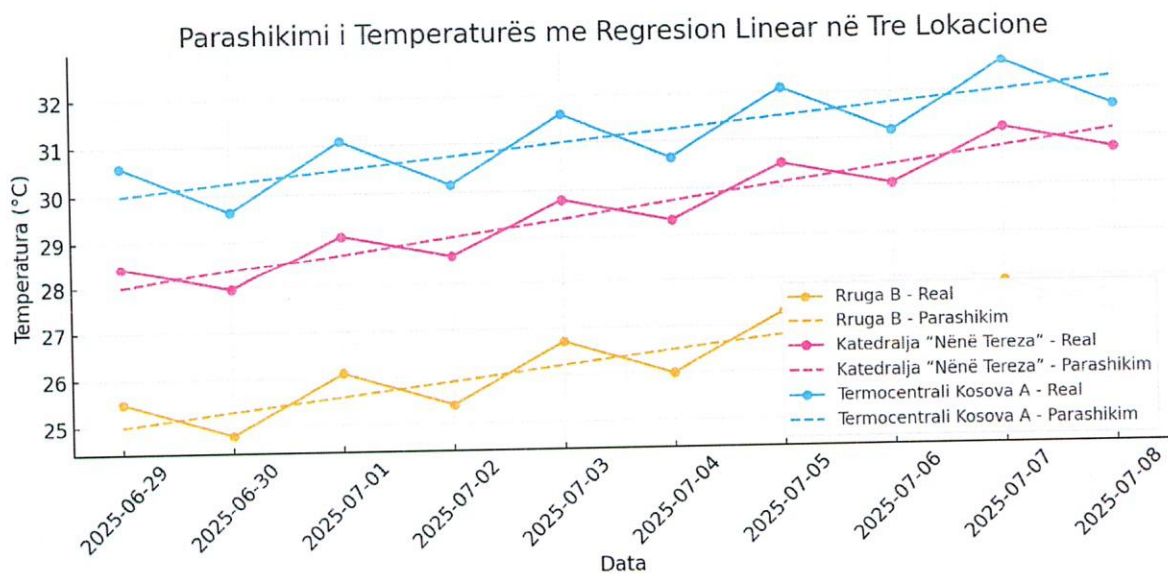


Figura 37. Parashikimi i temperaturës me regresion linear në tre lokacione

Në mënyrë të ngjashme, është realizuar analizë edhe për lagështinë relative. Rezultatet tregojnë një përshtatje të shkëlqyer në të tre lokacionet, me  $R^2$  mbi 0.90. Ky fakt sugjeron se niveli i

lagështisë ndikohet në mënyrë të rregullt nga faktorët lokalë si ekspozimi ndaj ajrit të jashtëm dhe shkalla e ventilimit, gjë që e bën të parashikueshme përmes një modeli linear.

Lokacioni	MSE	R <sup>2</sup>
Rruga B, Prishtinë	0.38	0.92
Katedralja “Nënë Tereza”, Prishtinë	0.23	0.96
Termocentrali Kosova A, Njësia A5	0.28	0.96

Tabela 7. Parashikimi i lagështisë relative në lokacionet e testimit

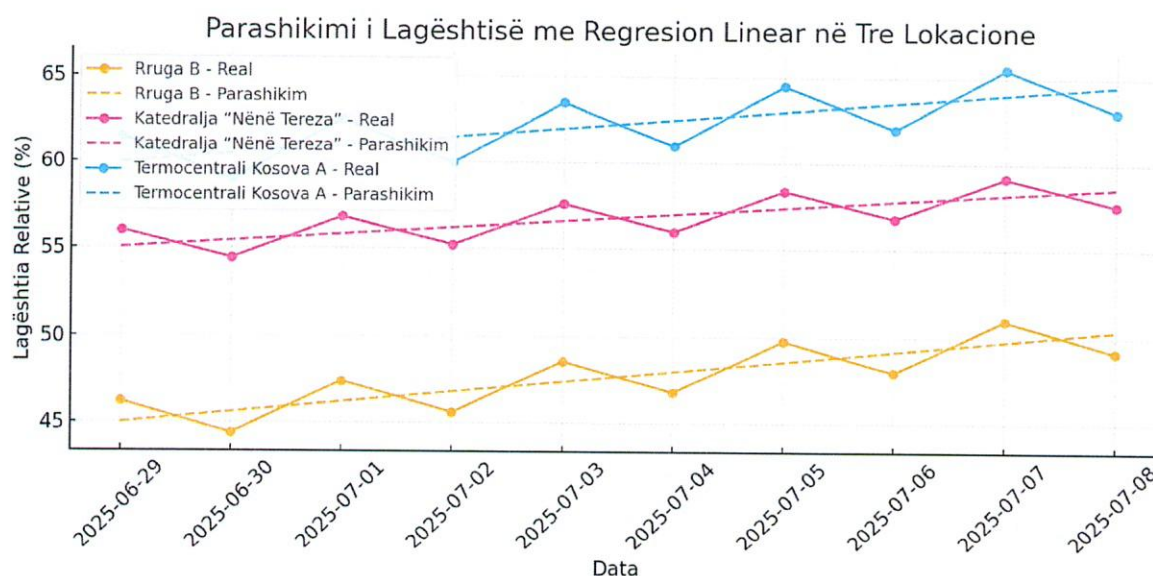


Figura 38. Parashikimi i lagështisë relative me regresion linear në tre lokacione

Përqendrimi i gazrave është trajtuar si parametër i tretë. Edhe pse ky është më kompleks për t'u modeluar për shkak të ndërveprimeve të shumta me faktorë ambientalë, modeli linear arriti të japë rezultate të besueshme në të gjitha lokacionet. R<sup>2</sup> arriti vlerën 0.94 në Katedralen “Nënë Tereza” dhe në Termocentralin Kosova A, çka sugjeron se modeli është i përshtatshëm për përdorim edhe në mjedise më të ndotura.

Lokacioni	MSE	R <sup>2</sup>
Rruga B, Prishtinë	4.45	0.85
Katedralja “Nënë Tereza”, Prishtinë	2.49	0.94
Termocentrali Kosova A, Njësia A5	3.63	0.94

Tabela 8. Parashikimi i niveli të gazrave në lokacionet e testuara

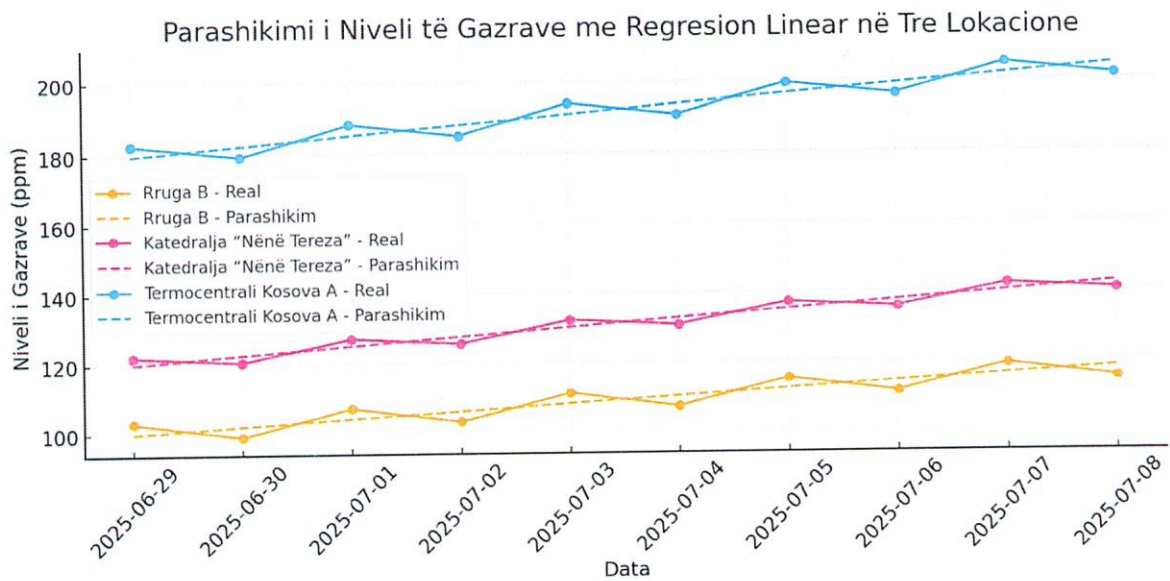


Figura 39. Parashikimi i niveli të gazrave me regresion linear në tre lokacione

Zbatimi i regresionit linear si një teknikë analitike brenda sistemit të monitorimit të ndërtuar ka treguar vlerën e shtuar që sjell inteligjenca artificiale. Kjo qasje lejon jo vetëm përpunimin e të dhënave historike, por edhe ndërtimin e moduleve të reagimit proaktiv që mund të paralajmërojnë për ndryshime të mundshme klimatike apo ndotje të pazakonta. Integrimi i një metode si regresioni linear përforcon qëndrimin se sistemet IoT mund të shndërrohen në agjentë inteligjentë të vendimmarrjes mjedisore.

#### 6.4.3. Vlerësimi i performancës së sistemit

Për të vlerësuar saktësinë e parashikimeve të realizuara për temperaturën, lagështinë dhe përqendrimin e gazrave, janë përdorur dy tregues kryesorë të njohur në literaturë, Gabimi Mesatar Absolut (MAE) dhe Gabimi Mesatar Kuadratik (RMSE). Këta tregues llogariten sipas formulave të (Hyndman & Athanasopoulos, 2021).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (5)$$

Ku  $y_i$  përfaqëson vlerat e matura,  $\hat{y}_i$  vlerat e parashikuara dhe  $n$  numri i matjeve. Vlerat e përfuara për secilin parametër janë përmbledhur në Tabelën 9.

Parametri	MAE	RMSE
Temperatura (°C)	0.23	0.26
Lagështia (%)	1.00	1.12
Gazrat	4.33	5.77

Tabela 9. Treguesit e performancës së sistemit për secilin parametër

Rezultatet tregojnë se sistemi ka një saktësi të lartë në parashikimin e temperaturës dhe lagështisë, me devijime minimale. Përqendrimet e gazrave paraqesin një gabim më të lartë për shkak të variacioneve të mëdha dhe ndryshimeve të menjëhershme sidomos në mjedisin industrial.

Sjellja e temperaturës dhe lagështisë në një hapësirë mund të përshkruhet në mënyrë të thjeshtë përmes një modeli diferencial që reflekton tendencën e tyre për të arritur gjendjen e ekuilibrit me mjedisin përreth, siç paraqitet nga (Incropera & DeWitt, 2017).

$$\frac{dT}{dt} = -k_T(T - T_{mjedis}) \quad (6)$$

$$\frac{dH}{dt} = -k_H(H - H_{mjedis}) \quad (7)$$

Ku  $T$  dhe  $H$  janë temperatura dhe lagështia e matur,  $T_{mjedis}$  dhe  $H_{mjedis}$  janë vlerat e ambientit përreth, ndërsa  $k_T$  dhe  $k_H$  janë koeficientë që varen nga ventilimi, izolimi dhe karakteristikat e mjedisit. Për sensorin MQ-2, i cili jep një dalje analoge të tensionit, përqendrimi i përafërt i gazit në pjesë për milion (ppm) përlllogaritet përmes një formule kalibrimi linear (Hanwei Electronics, 2019).  $C_{ppm} = a \times V_{out} + b$

$$C_{ppm} = a \times V_{out} + b \quad (8)$$

Ku  $C_{ppm}$  është përqendrimi i gazit,  $V_{out}$  është tensioni i daljes nga sensori, ndërsa  $a$  dhe  $b$  përcaktohen përmes kalibrimit me referenca të njohura.

Analiza e temperaturës tregon një gabim mesatar prej 0.23°C, çka dëshmon se metoda e regresionit linear, e kombinuar me interpretimin e inteligjencës artificiale, ofron parashikime shumë të afërta me vlerat reale dhe rrit besueshmërinë e sistemit për monitorimin e kushteve klimatike. Vlerësimi për lagështinë paraqet një devijim mesatar prej vetëm një përqind, duke e bërë sistemin të besueshëm edhe për mjedise të brendshme dhe urbane ku ndryshimet janë më të moderuara. Përqendrimet e gazrave paraqesin gabime më të larta me MAE prej 4.33 ppm, gjë që lidhet me natyrën indikative të sensorit MQ-2 dhe ndryshimet e papritura të niveleve të ndotjes në mjediset industriale. Megjithatë, këto vlera mbeten të pranueshme për përdorime monitoruese dhe krahasuese, duke i dhënë sistemit një funksionalitet praktik dhe të aplikueshëm.

### 6.5. Diskutim mbi rezultatet dhe kontributi personal

Rezultatet e testimeve në tri lokacionet e ndryshme kanë treguar se sistemi i ndërtuar arrin të sigurojë matje të qëndrueshme dhe të sakta për temperaturën, lagështinë dhe përqendrimin e gazrave, pavarësisht ndryshimeve të kushteve mjedisore. Sjellja e sistemit ka treguar se kombinimi i Raspberry Pi 4B me sensorët DHT-11 dhe MQ-2, i integruar me Node-RED, InfluxDB dhe Grafana, ofron një platformë të qëndrueshme për monitorim dhe analizë në kohë reale. Parashikimi i bazuar në regresion linear ka dhënë rezultate të pranueshme për detektimin e trendeve të parametrave, ndërsa përdorimi i inteligjencës artificiale ka shtuar një dimension shtesë duke mundësuar interpretim automatik të të dhënave dhe detektim të menjëhershëm të anomalive.

Kontributi im personal në këtë projekt përfshin dizajnimin dhe ndërtimin e plotë të arkitekturës së sistemit, duke përfshirë integrimin e sensorëve me Raspberry Pi 4B dhe menaxhimin e të dhënave përmes Node-RED dhe InfluxDB, si dhe vizualizimin e tyre me Grafana. Po ashtu, kam zhvilluar skriptet në Python për marrjen, përpunimin dhe ruajtjen e të dhënave dhe kam konfiguruar Docker dhe Portainer për të siguruar modularitet dhe lehtësi në menaxhim. Një aspekt inovativ është integrimi i API-së së OpenAI, që i mundëson sistemit analizë të avancuar çdo dhjetë minuta për interpretim, parashikim dhe sinjalizim anomalish.

Gjithashtu, kam planifikuar dhe realizuar testimet praktike në tri mjedis të dallueshme, një ambient të brendshëm, një zonë urbane dhe një mjedis industrial pranë Termocentralit Kosova A, duke mbledhur të dhëna që mundësuan krahasime të qarta mbi ndikimin e kushteve të jashtme. Analiza e të dhënave është kryer duke përdorur metoda statistikore për përlllogaritjen e mesatareve, devijimeve standarde dhe frekuencës së anomalive, si dhe duke zbatuar regresion linear për parashikimin e sjelljes së temperaturës, lagështisë dhe përqendrimit të gazrave. Kombinimi i këtyre metodave me interpretimin e automatizuar të mundësuar nga inteligjenca artificiale e bën sistemin të funksionojë si një platformë e zgjuar dhe e besueshme për monitorimin e mjedisit.

#### 6.5.1 Aplikimi i algoritmit të regresionit linear për parashikim temperaturash

Për të demonstruar mundësinë e analizës së të dhënave me AI, është implementuar një model i regresionit linear me Python, duke përdorur të dhënat e temperaturës të mbledhura nga Raspberry Pi. Qëllimi është të parashikohet temperatura e ardhshme në bazë të vlerave të mëparshme.

```
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
import matplotlib.pyplot as plt

# Shembull i thjeshtë i të dhënave të mbledhura
data = {'minute': [0, 1, 2, 3, 4, 5],
        'temperature': [22.1, 22.3, 22.5, 22.7, 22.8, 23.0]}
df = pd.DataFrame(data)

X = df[['minute']]
y = df['temperature']

model = LinearRegression()
model.fit(X, y)

future = pd.DataFrame({'minute': [6, 7, 8]})
```

```
prediction = model.predict(future)
plt.scatter(X, y, color='blue')
plt.plot(future, prediction, color='red')
plt.title("Parashikimi i temperaturës")
plt.xlabel("Minutat")
plt.ylabel("Temperatura (°C)")
plt.grid(True)
plt.show()
```

### 7. Reflektim personal mbi procesin e punës

Zhvillimi i kësaj teme diplome nuk ka qenë thjesht një përvojë teknike, por një përvojë formuese dhe transformuese. Që nga momenti i parë i ideimit të projektit e deri tek testimet e sistemit në mjedisë reale, është ndërtuar një lidhje e ngushtë mes njohurive teorike dhe aplikimit praktik të tyre.

Eksperimentimi me pajisjet si Raspberry Pi, sensorët DHT-11 dhe MQ-2, integrimi me bazën e të dhënave InfluxDB dhe përfshirja e inteligjencës artificiale për analiza automatike kanë kërkuar durim, kreativitet dhe përkushtim. Gjatë gjithë kohës është bërë përpjekje për të balancuar një arkitekturë funksionale me një strukturë të qëndrueshme, të sigurt dhe të zgjerueshme.

#### 7.1. Vlera praktike dhe inovative e sistemit të zhvilluar

Sistemi i ndërtuar përfaqëson më shumë se një stacion matës. Ai është një ekosistem inteligjent dhe reagues, i aftë të identifikojë ndryshime në ambient, të analizojë në mënyrë kontekstuale dhe të paralajmërojë përdoruesin në kohë reale.

Faktori që e dallon këtë sistem është integrimi i modeleve të AI për analizë automatike semantike të të dhënave. Në vend që përdoruesi të lexojë temperatura dhe lagështi, ai merr një analizë të strukturuar dhe të kuptueshme të situatës, me rekomandime konkrete dhe të dobishme.

Kjo përbën një risi të qartë në kontekstin e përdorimeve të IoT për ambient të brendshëm dhe të jashtëm në vendin tonë.

#### 7.2. Sfidat dhe pengesat gjatë punës

Ashtu si çdo punim, edhe kjo temë ka hasur në sfida praktike gjatë implementimit. Konfigurimi i sensorëve në Raspberry Pi kërkoj testime të shumta dhe ndërhyrje në disa librari për t'u siguruar që leximi i të dhënave ishte i saktë. Lidhja me bazën e të dhënave InfluxDB kërkonte që të gjitha parametrat të ishin të përcaktuara me saktësi, përndryshe lidhja nuk funksiononte. Testimi në tri lokacione të ndryshme kërkonte përgatitje, kohë dhe vendosje fizike të pajisjes, por ishte shumë i dobishëm për vlerësimin real të sistemit në kushte të ndryshme. Megjithatë, këto sfida shërbyen për ta përmirësuar sistemin në çdo hap dhe rritën cilësinë e zgjidhjes përfundimtare.

#### 7.3. Perspektiva të zhvillimit në të ardhmen

Ky sistem ka potencial të konsiderueshëm për zhvillim të mëtejshëm. Në të ardhmen, ai mund të zgjerohet me shtimin e sensorëve shtesë si ata për zhurmë, grimca të imta (PM2.5), apo CO<sub>2</sub>, duke e bërë sistemin më gjithëpërfshirës në vlerësimin e kushteve mjedisore. Mund të trajnohet me modele të avancuara të inteligjencës artificiale, si LSTM, për të parashikuar ciklet e ndotjes ose luhatjet e temperaturës dhe lagështisë. Gjithashtu, integrimi me platforma të automatizimit të shtëpisë si Home Assistant do ta kthente këtë sistem në një komponent të rëndësishëm të ambientit të zgjuar. Një zhvillim tjetër i mundshëm është ndërtimi i një ndërfaqeje mobile ose web për të mundësuar qasje të drejtpërdrejtë në të dhëna, raporte dhe sinjalizime, në çdo moment dhe nga çdo pajisje. Në një shkallë më të gjerë, të dhënat e mbledhura nga sisteme të ngjashme në qytete të

ndryshme mund të kombinohen për të krijuar harta të ndotjes apo kushteve të komfortit ambiental në kohë reale, duke shërbyer si mjet për vendimmarrje në nivel komunitar apo institucional. Në përmbyllje, ky sistem nuk përfaqëson vetëm një projekt akademik, por një prototip të plotë funksional, i cili integron pajisje të mençura, përpunim të të dhënave në kohë reale dhe inteligjencë artificiale, duke kontribuar në drejtim të një të ardhmeje më të zgjuar dhe më të ndërgjegjshme ndaj mjedisit.

## Përfundimi

Në përmbyllje të këtij punimi mund të theksohet se zbatimi i teknologjisë së Internetit të Gjërave në sistemet e monitorimit mjedisor përfaqëson një qasje bashkëkohore dhe efikase për kontrollin dhe menaxhimin e kushteve klimatike dhe ndotjes së ajrit në ambiente të brendshme dhe të jashtme. Projekti ka demonstruar me sukses integrimin e komponentëve harduerikë si Raspberry Pi 4B, sensorit DHT-11 për matjen e temperaturës dhe lagështisë, si dhe sensorit MQ-2 për detektimin e gazrave me softuerë dhe platforma cloud për vizualizimin dhe analizimin e të dhënave.

Qëllimi ka qenë zhvillimi i një sistemi të aftë për matje të vazhdueshme të parametrave mjedisorë dhe transmetimin e tyre në mënyrë të sigurt dhe efikase drejt një infrastrukture cloud. Me përdorimin e Node-RED, InfluxDB, MQTT dhe Docker është ndërtuar një rrjet i qëndrueshëm dhe i shkallëzueshëm që mundëson menaxhim të lehtë të të dhënave dhe integrim të shërbimeve të ndryshme IoT.

Sistemi është testuar në tri mjedise të ndryshme, në një ambient të brendshëm, në një zonë urbane dhe në një mjedis industrial. Rezultatet treguan se ai është i aftë të identifikojë ndryshimet klimatike dhe nivelet e ndotjes në kohë reale duke ofruar të dhëna të sakta dhe të përdorshme për analiza dhe vendimmarrje. Matjet për temperaturën dhe lagështinë shfaqën devijime minimale ndërsa përqendrimet e gazrave treguan variacione më të mëdha, çka pasqyron natyrën komplekse të kushteve industriale krahasuar me ato rezidenciale dhe urbane.

Ky punim dha përgjigje ndaj pyetjeve të hulumtimit. U tregua se është e mundur ndërtimi i një sistemi IoT funksional për matjen e parametrave mjedisorë. U vlerësua se sensorët DHT-11 dhe MQ-2 sigurojnë saktësi të pranueshme në krahasim me metodat tradicionale. U demonstrua se integrimi i inteligjencës artificiale shton vlerë të konsiderueshme përtej matjeve numerike duke mundësuar parashikime klimatike, detektim anomalish dhe sugjerime praktike në kohë reale. U konstatua gjithashtu se sistemi është i aplikueshëm në kushte të ndryshme mjedisore duke prodhuar rezultate të besueshme në mjedise rezidenciale, urbane dhe industriale.

Hipotezat e ngritura në fillim të punimit u vërtetuan në praktikë. Hipoteza e parë u konfirmua pasi sistemi i bazuar në Raspberry Pi dhe sensorë ofroi matje të qëndrueshme dhe të besueshme. Hipoteza e dytë u provua pasi inteligjenca artificiale kontribuoi në interpretimin e të dhënave dhe parashikimin e anomalive klimatike. Hipoteza e tretë u demonstrua përmes testimeve në mjedise të ndryshme duke dëshmuar adaptueshmëri dhe aplikueshmëri të gjerë. Hipoteza e katërt u verifikua pasi kombinimi i IoT me AI e shndërroi sistemin nga një mjet pasiv matjeje në një platformë aktive për vendimmarrje të mençur.

Në tërësi ky punim përfaqëson një hap të rëndësishëm drejt zhvillimit të infrastrukturave inteligjente për monitorim mjedisor duke kombinuar teorinë me praktikën dhe duke ofruar një model funksional që shërben si bazë për zgjidhje të tjera në fushat e mekatronikës, teknologjisë së informacionit dhe automatizimit industrial. Në të ardhmen pritet që zgjerimi i rrjetit të sensorëve, përdorimi i energjive të rinovueshme dhe integrimi më i avancuar i inteligjencës artificiale ta shndërrojë këtë sistem në një platformë të plotë, të zgjuar dhe të qëndrueshme për menaxhimin e mjedisit në nivel lokal dhe global.

### Referencat

1. Adafruit Industries. (2022). Marrë nga Adafruit Learning System: <https://learn.adafruit.com>. Data e qasjes: 03.03.2025
2. Aosong Electronics. (2021). *DHT-11 Sensor Datasheet*. Marrë nga Aosong.com. Data e qasjes: 05.03.2025
3. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. doi:10.1016/j.comnet.2010.05.010. Data e qasjes: 07.03.2025
4. Augustin, A., Yi, J., Clausen, T., & Townsley, W. (2016). A study of LoRa: Long range & low power networks for the Internet of Things. *Sensors*, 16(9), 1466. doi:<https://doi.org/10.3390/s16091466>. Data e qasjes: 09.03.2025
5. Bandyopadhyay, D., & Bhattacharyya, J. (2016). *Internet of Things: Applications and Challenges in Technology and Standardization*. (Berlin, Germany): Springer. Data e qasjes: 11.03.2025
6. Banks, A.; Gupta, R. (2014). *MQTT version 3.1.1 – OASIS Standard*. Marrë nga OASIS: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/mqtt-v3.1.1.html>. Data e qasjes: 13.03.2025
7. Bluetooth SIG. (2019). *Bluetooth Core Specification Version 5.0*. Marrë nga Bluetooth.com: <https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification>. Data e qasjes: 15.03.2025
8. Bluetooth SIG. (2019). *Topology Options*. Marrë nga Bluetooth.com: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/bluetooth-technology/topology-options>. Data e qasjes: 17.03.2025
9. Bormann, C., Castellani, A. P., & Shelby, Z. (2012). CoAP: An application protocol for billions of tiny internet nodes. *IEEE Internet Computing*, 16(2), 62–67. doi:<https://doi.org/10.1109/MIC.2012.29>. Data e qasjes: 19.03.2025
10. Brenman, J. (2018). *MQTT Explained: How MQTT Works*. Marrë nga HiveMQ Blog: <https://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials-part-1-introducing-mqtt>. Data e qasjes: 21.03.2025
11. CloudAMQP. (2015). *RabbitMQ for Beginners: CloudAMQP and Messaging Queues*. Marrë nga CloudAMQP Blog: <https://www.cloudamqp.com/blog/part1-rabbitmq-for-beginners-what-is-rabbitmq.html>. Data e qasjes: 23.03.2025
12. Da Xu, L., He, W., & Li, S. (2014). Internet of Things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233–2243. doi:<https://doi.org/10.1109/TII.2014.2300753>. Data e qasjes: 25.03.2025
13. DFRobot. (2025). *Raspberry Pi 4 Model B – 8 GB*. Marrë nga DFRobot: <https://www.dfrobot.com/product-2028.html>. Data e qasjes: 27.03.2025
14. Digi International. (2023). *Digi Remote Manager Architecture Overview*. Marrë nga <https://www.digi.com>. Data e qasjes: 29.03.2025
15. Docker Inc. (2023). *Docker Documentation*. Marrë nga Docker Docs: <https://docs.docker.com/>. Data e qasjes: 31.03.2025
16. Eclipse Foundation. (2023). *Eclipse Mosquitto – MQTT Broker Overview*. Marrë nga Eclipse.org: <https://mosquitto.org/>. Data e qasjes: 02.04.2025
17. Electrothinks. (2023). *DHT11 sensor module: Pinout, features, circuit & interfacing*. Marrë nga Electrothinks: <https://www.electrothinks.com/2023/08/dht11-sensor-module.html>. Data e qasjes: 04.04.2025

18. EnthuTech. (2022). *IoT Protocol Stack*. Marrë nga EnthuTech: <https://enthutech.in>. Data e qasjes: 06.04.2025
19. Farhan, Khattak, & Khan. (2021). A review on communication protocols for Internet of Things. *Journal of Network and Computer Applications*, 175, 102904. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102904>. Data e qasjes: 08.04.2025
20. Goldsmith, A. (2005). *Wireless Communications*. (Cambridge, UK): Cambridge University Press. Data e qasjes: 10.04.2025
21. Gomez, C., & Paradells, J. (2015). *Internet of Things in 5 Days*. Marrë nga IoT Course (OSE Lab/Universitat Politècnica de Catalunya): <https://iot-course.org>. Data e qasjes: 12.04.2025
22. Google Nest. (2020). *OpenThread by Google Nest*. Marrë nga OpenThread.io: <https://openthread.io>. Data e qasjes: 14.04.2025
23. Grafana Labs. (2023). *Dokumentacioni për Grafana*. Marrë nga Grafana Docs: <https://grafana.com/docs>. Data e qasjes: 16.04.2025
24. Guth, J.; Breitenbücher, U.; Falkenthal, M.; Leymann, F.; Reinfurt, L. (2018). Comparison of IoT platform architectures. *IEEE International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)*, (pp. 94–101). doi:<https://doi.org/10.1109/FiCloud.2018.00021>. Data e qasjes: 18.04.2025
25. Hanwei Electronics. (2019). *MQ-2 Gas Sensor Datasheet*. Marrë nga Hanwei.com.cn. Data e qasjes: 20.04.2025
26. Hao, Y.; Foster, R. (2008). Wireless body sensor networks for health-monitoring applications. *Physiological Measurement*, 29(11), R27–R56. doi:<https://doi.org/10.1088/0967-3334/29/11/R01>. Data e qasjes: 22.04.2025
27. Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice (3rd ed.)*. OTexts. Data e qasjes: 24.04.2025
28. IBM Emerging Technologies. (2022). *IBM IoT & Edge Overview*. Marrë nga IBM.com. Data e qasjes: 26.04.2025
29. Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2017). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer (8th ed.)*. Hoboken, NJ: Wiley. Data e qasjes: 28.04.2025
30. InfluxData. (2023). *Dokumentacioni për InfluxDB*. Marrë nga InfluxData Docs: <https://docs.influxdata.com>. Data e qasjes: 30.04.2025
31. InternetofThing.net. (2020). *What is NB-IoT and how does it work*. Marrë nga InternetofThing.net: <https://www.internetofthing.net/what-is-nb-iot>. Data e qasjes: 02.05.2025
32. IoT Architecture. (2019). *Title of Webpage/Document*. Marrë nga IoTArchitecture.com: <https://www.iotarchitecture.com>. Data e qasjes: 04.05.2025
33. i-Scoop. (2020). *CoAP Architecture*. Marrë nga i-Scoop: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/coap-protocol>. Data e qasjes: 06.05.2025
34. Kim, S., Evans, R., & Iversen, V. (2018). *Bluetooth Low Energy Technology Overview*. Marrë nga Technical University notes on BLE. Data e qasjes: 08.05.2025
35. Leung, J. (2022). *Machine Learning for IoT Anomaly Detection*. Data e qasjes: 10.05.2025
36. LoRa Alliance (Sornin, N., et al.). (2015). *LoRaWAN specification v1.0*. Marrë nga LoRa Alliance: [https://lora-alliance.org/resource\\_hub/lorawan-specification-v1-0/](https://lora-alliance.org/resource_hub/lorawan-specification-v1-0/). Data e qasjes: 12.05.2025

37. Media, O. (2017). *The evolution of WiFi*. Marrë nga O'Reilly Online Library: <https://www.oreilly.com/library/view/80211-wireless-networks/0596100523/ch01.html>. Data e qasjes: 14.05.2025
38. Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., & Meyer, F. (2019). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. *ICT Express*, 5(1), 1–7. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ict.2019.01.005>. Data e qasjes: 16.05.2025
39. Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497–1516. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>. Data e qasjes: 18.05.2025
40. Monazzah, M., Safaei, F., Bafroei, H., & Ejlali, A. (2017). Global IoT Device Growth and Architecture Challenges. *IEEE Conference on Internet of Things or Embedded Systems*. Data e qasjes: 20.05.2025
41. MQTT.org. (2022). *MQTT for the Internet of Things*. Marrë nga MQTT.org: <https://mqtt.org>. Data e qasjes: 22.05.2025
42. OpenAI. (2023). *Përmbledhje teknike e GPT-3.5 Turbo*. Marrë nga OpenAI Docs: <https://platform.openai.com/docs>. Data e qasjes: 24.05.2025
43. OpenThread (Google). (2020). *OpenThread by Google*. Marrë nga OpenThread.io: <https://openthread.io>. Data e qasjes: 26.05.2025
44. Our World in Data. (2025). *Cellular Subscriptions and Growth Trends*. Marrë nga Our World in Data: <https://ourworldindata.org>. Data e qasjes: 28.05.2025
45. Paredes-Parra, J., Garcia-Sanchez, A. J., Mateo-Aroca, A., & Molina-Garcia, M. (2019). LoRaWAN as key technology for smart cities: A survey. *Sustainable Cities and Society*, 51, 101774. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101774>. Data e qasjes: 30.05.2025
46. Portainer. (2023). *Portainer for Docker Management*. Marrë nga Portainer.io: <https://www.portainer.io/>. Data e qasjes: 01.06.2025
47. Pritchett, D. (2008). An acid alternative. *Queue*, 6(3), pp. 48–55. doi:<https://doi.org/10.1145/1394127.1394136>. Data e qasjes: 03.06.2025
48. Python Software Foundation. (2023). *Dokumentacioni i Python (3.x)*. Marrë nga Python.org: <https://www.python.org/doc/>. Data e qasjes: 05.06.2025
49. Raspberry Pi Foundation. (2023). *Specifikimet teknike të Raspberry Pi 4 Model B*. Marrë nga Raspberry Pi Official: <https://www.raspberrypi.com>. Data e qasjes: 07.06.2025
50. Ratasuk, R., Mangalvedhe, N., & Ghosh, A. (2016). NB-IoT system for M2M communication. *IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW)*, (pp. 428–432). doi:<https://doi.org/10.1109/WCNCW.2016.7552716>. Data e qasjes: 09.06.2025
51. Sauter, M. (2014). *From GSM to LTE-Advanced Pro and 5G*. (Chichester, UK): Wiley. Data e qasjes: 11.06.2025
52. Seeed Studio. (2020). *Meet the brand new Raspberry Pi 4 8 GB RAM*. Marrë nga Seeed Studio Blog: <https://www.seeedstudio.com/blog/2020/05/28/meet-the-brand-new-raspberry-pi-4-8gb-ram/>. Data e qasjes: 13.06.2025
53. Shelby, Z., Hartke, K., & Bormann, C. (2014). *The Constrained Application Protocol (CoAP) – RFC 7252*. Marrë nga IETF: <https://tools.ietf.org/html/rfc7252>. Data e qasjes: 15.06.2025
54. Sikder, A. K., Petracca, G., Aksu, H., Jaeger, T., & Uluagac, A. S. (2018). A survey on sensor-based threats to IoT systems and defense mechanisms. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 681–708. Data e qasjes: 17.06.2025

55. Sikder, Petracca, Aksu, Jaeger, & Uluagac. (2018). A survey on sensor-based threats to IoT systems and defense mechanisms. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(1), 681–708. Data e qasjes: 19.06.2025
56. Templeton, D., Carlson, R., Leon-Garcia, A., & Widjaja, I. (2018). Evolution of Wi-Fi and IEEE 802.11 Standards. Data e qasjes: 21.06.2025
57. Thangavel, D., Ma, X., Valera, A., Tan, H. X., & Tan, C. K. (2014). Performance evaluation of MQTT and CoAP via a common middleware. *IEEE Ninth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP)*, (pp. 1–6). doi:10.1109/ISSNIP.2014.6827678. Data e qasjes: 23.06.2025
58. The Engineering Projects. (2021). *Raspberry Pi 4 Pinout, Features, Specifications & Datasheet*. Marrë nga The Engineering Projects: <https://www.theengineeringprojects.com/2021/03/raspberry-pi-4-pinout-features-specifications-datasheet.html>. Data e qasjes: 25.06.2025
59. The Engineering Projects. (2024). *MQ-2 Smoke/Gas Sensor Datasheet, Pinout & Working*. Marrë nga The Engineering Projects: <https://www.theengineeringprojects.com/2024/02/mq-2-smokegas-sensor-datasheet-pinout-working.html>. Data e qasjes: 27.06.2025
60. Triola, M. F. (2018). *Elementary Statistics (13th ed.)*. (New York, USA): Pearson. Data e qasjes: 29.06.2025
61. Xu, A. (2024). *How does Docker work?* Marrë nga LinkedIn. Data e qasjes: 08.07.2025