



B&B
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Elektroenergetika
Modul: Zaščita in učinkovitost

**Pametne elektroinštalacije z uporabo
sistema KNX – princip delovanja in
možnosti uporabe**

Mentor: dr. Viktor Lovrenčič
Lektorica: Špela Fele

Kandidat: Amar Nasić

Ljubljana, oktober 2025

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Viktorju Lovrenčiču za strokovno vodenje, usmeritve in nasvete, ki so mi bili v veliko pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Posebna zahvala gre tudi lektorici Špeli Fele za jezikovni in slovnični pregled dela.

Iskreno se zahvaljujem svojim staršem za vso podporo, razumevanje in spodbudo čez celotno obdobje študija ter za možnost, da sem lahko ob študiju pridobival praktične izkušnje.

Velika hvala gre tudi mojemu očetu za priložnost dela v družinskem podjetju in dragocene izkušnje na področju elektroinštalacij, ki so mi pomagale pri razumevanju in oblikovanju praktičnega dela diplomskega dela.

Prav tako hvala prijateljem in kolegom, ki so mi stali ob strani in me spodbujali na moji poti.

IZJAVA

Študent Amar Nasić izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne: _____

Podpis:

POVZETEK

Pametne elektroinštalacije se v zadnjih letih vse bolj uveljavljajo kot odgovor na naraščajoče zahteve po večji energetski učinkovitosti, udobju in varnosti bivanja. Med številnimi rešitvami na trgu je sistem KNX eden izmed najbolj razširjenih in standardiziranih pristopov k pametnim inštalacijam. KNX temelji na odprtem protokolu, ki omogoča povezovanje naprav različnih proizvajalcev, kar zagotavlja prilagodljivost in dolgoročno uporabnost sistema.

V diplomskem delu je predstavljen princip delovanja sistema KNX, od osnovne arhitekture in topologije do komunikacijskih protokolov in naslovnega sistema. Poseben poudarek je namenjen vlogi senzorjev, aktuatorjev in programske opreme ETS, ki omogoča načrtovanje in konfiguracijo naprav. Na podlagi teoretičnih osnov so analizirane možnosti uporabe KNX pri upravljanju razsvetljave, ogrevanja in hlajenja, senčil, varnostnih sistemov ter energetskega monitoringa.

V praktičnem delu je zasnovan primer pametne elektroinštalacije v enodružinski hiši, kjer je prikazana integracija različnih funkcij v enotni sistem. Pri tem so izpostavljene prednosti, kot so večje udobje uporabnikov, zmanjšana poraba energije in preprosto upravljanje, pa tudi omejitve, povezane s stroški izvedbe in kompleksnostjo programiranja.

Rezultati raziskave kažejo, da je KNX zaradi svoje odprtosti, standardizacije in široke podpore proizvajalcev ena izmed najbolj perspektivnih rešitev za prihodnji razvoj pametnih stavb.

KLJUČNE BESEDE

- KNX
- pametne elektroinštalacije
- avtomatizacija stavb
- energetska učinkovitost
- ETS

SUMMARY

In recent years, smart electrical installations have become an increasingly important response to the growing demands for energy efficiency, comfort, and safety in residential and commercial buildings. Among the various solutions available on the market, the KNX system stands out as one of the most widely adopted and standardized approaches to building automation. KNX is based on an open protocol that enables the integration of devices from different manufacturers, ensuring flexibility and long-term usability.

This thesis presents the operating principles of the KNX system, covering its architecture, topology, communication protocols, and addressing methods. Special attention is given to the role of sensors, actuators, and the ETS software, which is used for planning and configuration of the devices. Based on the theoretical framework, the thesis analyzes the potential applications of KNX in lighting control, heating and cooling, shading, security systems, and energy monitoring.

The practical part focuses on the design of a smart electrical installation for a single-family house, demonstrating the integration of various functions into a unified system. Advantages such as increased user comfort, reduced energy consumption, and simplified operation are emphasized, along with limitations related to installation costs and programming complexity.

The results show that KNX, due to its openness, standardization, and broad manufacturer support, represents one of the most promising solutions for the future development of smart buildings.

KEYWORDS

- KNX
- smart electrical installations
- building automation
- energy efficiency
- ETS

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji dela	1
1.3	Predstavitev okolja	2
1.4	Predpostavke in omejitve	3
1.5	Metode dela	3
1.6	Predstavitev okolja	4
2	TEORETIČNE OSNOVE.....	5
2.1	Klasične elektroinštalacije in pametne elektroinštalacije	5
2.2	Standard KNX – razvoj in značilnosti	6
2.3	Princip delovanja KNX.....	8
2.3.1	Arhitektura sistema in osnovne komponente	8
2.3.2	Topologija omrežja.....	10
2.3.3	Naslovni sistem.....	11
2.3.4	Telegrami in komunikacija.....	12
2.3.5	Programska oprema ETS.....	12
2.4	Možnost uporabe KNX.....	13
2.4.1	Razsvetljava	13
2.4.2	Ogrevanje, hlajenje in prezračevanje	13
2.4.3	Senčila in rolete	13
2.4.4	Varnost in zaščita.....	14
2.4.5	Multimedija in pametni dom.....	14
2.4.6	Energetski nadzor in trajnost.....	14
3	OBSTOJEČE STANJE	17
3.1	Posnetek stanja.....	17
3.2	Kritična analiza.....	19
4	PRIMERJAVA KNX Z DRUGIMI SISTEMI.....	20
4.1	Zakonodajni okvir in standardi	21
4.2	Stroškovna analiza.....	21
4.3	Prihodnji trendi razvoja pametnih inštalacij.....	22
4.4	Razširitev praktičnega dela – poslovni objekt	22
4.5	Razširjeni zaključek	23
5	PRAKTIČNI DEL	24
5.1	Opis modelnega objekta.....	24
5.2	Zasnova sistema KNX.....	24
5.3	Topologija in naslavljanje.....	24
5.4	Konfiguracija v ETS	25
5.5	Prednosti in omejitve praktične rešitve.....	25
6	ZAKLJUČKI.....	28
7	LITERATURA IN VIRI.....	29

KAZALO SLIK

Slika 1: Primerjava med klasičnimi in pametnimi sistemi e	5
Slika 2: Evolucija standardov	6
Slika 3: Arhitektura KNX	8
Slika 4: prikaz povezovanje	9
Slika 5 Naprave KNX	10
Slika 6: Topologija sistema	10
Slika 7: Fizični naslovi naprav	11
Slika 8: Telegram	12
Slika 9 Upravljanje z mobilno aplikacijo	14
Slika 10: Grafični prikaz pametnega doma/	15
Slika 11: Primer povezovanja pametnega doma	16
Slika 12: Prednosti pri izvedbi inštalacij KNX/EIB	18
Slika 13: Povezovalna rešitvena shema pametne hiše	26
Slika 14: Shema KNX	26

KAZALO TABEL

Tabela 1: Primerjava med sistemi	20
--	----

KRATICE IN AKRONIMI

KNX:	Mednarodni odprti standard za avtomatizacijo stavb
ETS:	Engineering Tool Software; programska oprema za konfiguracijo sistemov
TP:	Twisted pair; tip dvožilnega komunikacijskega kabla
PL:	Power Line; prenos podatkov po električnem omrežju
RF:	Radio Frequency; brezžična komunikacija med napravami
IP:	Internet Protocol; komunikacijski protokol za prenos podatkov v omrežju
IoT:	Internet of Things; internet stvari.povezovanje naprav preko interneta
AI:	Artificial Intelligence; umetna inteligenca
BIM:	Building Information Modeling; digitalno modeliranje zgradb
EIB:	European Installation Bus; eden od predhodnikov sistema KNX
BACnet:	Building Automation and Control Network; protokol za avtomatizacijo stavb
Modbus:	Komunikacijski protokol za industrijsko avtomatizacijo
EN:	European Norm; evropski standard
ISO:	International Organization for Standardization; mednarodna organizacija
IEC:	International Electrotechnical Commission; mednarodna elektrotehnična komisija
ANSI:	American National Standards Institute; ameriški inštitut za standardizacijo
ASHRAE:	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; strokovno združenje za ogrevanje, hlajenje in klimatizacijo
Nzeb:	Near Zero Energy Building; skoraj nič-energijska stavba
HBES:	Home and Building Electronic Systems; elektronski sistemi za avtomatizacijo stavb
SDG:	Sustainable Development Goals; cilji trajnostnega razvoja Združenih narodov

1 UVOD

1.1 Predstavitev problema

V sodobnem času se elektroinštalacije v stavbah soočajo z novimi zahtevami, ki presegajo osnovno funkcijo napajanja in upravljanja električnih porabnikov. Uporabniki pričakujejo večje udobje, večjo energetske učinkovitost, prilagodljivost sistemov in zanesljivo varnost. Klasične elektroinštalacije tem zahtevam pogosto ne morejo več ustrezno slediti, saj so zasnovane predvsem kot statični sistemi, ki jih je težko spreminjati ali nadgrajevati.

Pametne elektroinštalacije predstavljajo odgovor na te izzive, saj omogočajo avtomatizirano in centralizirano upravljanje različnih sistemov v stavbah, kot so razsvetljava, ogrevanje, hlajenje, senčila in varnostne naprave. Eden izmed najbolj uveljavljenih in standardiziranih pristopov na tem področju je sistem KNX, ki temelji na odprtem komunikacijskem protokolu. Njegova prednost je v tem, da združuje naprave različnih proizvajalcev v enotni sistem, kar zagotavlja interoperabilnost in dolgoročno fleksibilnost.

Osrednji problem, ki ga obravnava to delo, je potreba po razumevanju principa delovanja sistema KNX in prepoznavanju njegovih praktičnih možnosti uporabe v sodobnih stavbah. Poleg tehničnega vidika je pomembno tudi kritično ovrednotiti prednosti in omejitve sistema, saj se investitorji pogosto soočajo z vprašanjem ekonomske smiselnosti pametnih rešitev. Delo se tako osredotoča na analizo sistema KNX kot orodja za zagotavljanje energetske učinkovitosti, udobja in varnosti, ob tem pa upošteva tudi izzive, povezane s stroški in kompleksnostjo izvedbe.

Pametne elektroinštalacije predstavljajo enega ključnih elementov koncepta »pametnih stavb«, kjer se tehnologija uporablja za optimizacijo rabe energije, povečanje udobja in varnosti uporabnikov. Poleg stanovanjskih objektov se KNX vse pogostejše uporablja tudi v hotelih, poslovnih in javnih zgradbah. Uvedba takšnih sistemov omogoča tudi boljše spremljanje obratovalnih stroškov in lažje vzdrževanje naprav, kar je pomembno z vidika trajnostnega upravljanja stavb. Zaradi hitrega razvoja tehnologij postaja digitalizacija stavb neizogibna, kar dodatno potrjuje aktualnost obravnavane teme.

1.2 Cilji dela

Cilji diplomskega dela so usmerjeni v celovito obravnavo pametnih elektroinštalacij s poudarkom na sistemu KNX. Namen je oblikovati pregledno in uporabno raziskavo, ki povezuje teoretične osnove, praktične primere in kritično ovrednotenje možnosti uporabe.

V delu so zastavljeni naslednji cilji:

- predstaviti princip delovanja sistema KNX, vključno z arhitekturo, topologijo, komunikacijskimi mediji in naslovnim sistemom;
- analizirati vlogo ključnih elementov sistema KNX, kot so senzorji, aktuatorji, napajalniki in programska oprema ETS;
- prikazati možnosti uporabe KNX v praksi na področjih, kot so razsvetljava, ogrevanje in hlajenje, senčenje, varnost in energetski nadzor;
- izdelati praktičen primer projektne zasnove pametne elektroinštalacije za enostanovanjski objekt in prikazati proces konfiguracije v programski opremi ETS;
- ovrednotiti prednosti in omejitve sistema KNX ter izpostaviti dejavnike, ki vplivajo na njegovo širšo uporabo v praksi;
- nakazati prihodnje trende razvoja pametnih elektroinštalacij in pomen standardizacije na tem področju.

S tem diplomskim delom želimo potrditi, da sistem KNX predstavlja enega najbolj celovitih in perspektivnih pristopov k avtomatizaciji stavb, hkrati pa poudariti, da je njegova uspešna implementacija odvisna od ustreznega načrtovanja, usposobljenosti izvajalcev in finančne pripravljenosti investitorjev.

1.3 Predstavitev okolja

Diplomsko delo obravnava področje pametnih elektroinštalacij, ki se v zadnjih letih hitro razvija zaradi tehnološkega napredka in večjih zahtev uporabnikov. Sodobne stavbe niso več zasnovane zgolj kot statični objekti, temveč kot dinamični sistemi, ki morajo omogočati prilagodljivo upravljanje, energetsko učinkovitost in visoko stopnjo udobja.

V Evropi je področje pametnih stavb močno povezano z zakonodajnimi zahtevami po zmanjševanju porabe energije in povečevanju deleža obnovljivih virov. Direktive Evropske unije spodbujajo uporabo naprednih sistemov avtomatizacije in nadzora, saj ti dokazano prispevajo k zmanjšanju emisij in optimizaciji rabe energije. V tem kontekstu imajo pametne elektroinštalacije, kot je KNX, ključno vlogo.

Sistem KNX je v evropskem prostoru eden najbolj razširjenih standardov za avtomatizacijo stavb. Zaradi svoje interoperabilnosti ga uporabljajo številni proizvajalci naprav, kar zagotavlja širok nabor rešitev za stanovanjske, poslovne in javne objekte. V praksi se KNX pogosto uporablja pri načrtovanju novih objektov, vse pogosteje pa tudi pri energetski sanaciji obstoječih stavb, kjer lastniki iščejo načine za zmanjšanje stroškov obratovanja in povečanje kakovosti bivanja.

Okolje, v katerem delujejo pametne elektroinštalacije, torej združuje tehnološke, ekonomske in okoljske dejavnike. Prav zaradi teh vplivov je razumevanje principa

delovanja in možnosti uporabe sistema KNX pomembno tako za projektante in izvajalce elektroinštalacij kot tudi za investitorje in končne uporabnike.

1.4 Predpostavke in omejitve

Pri izdelavi diplomskega dela smo izhajali iz predpostavke, da so pametne elektroinštalacije v prihodnosti nujen del sodobnih stavb, saj omogočajo večjo energetske učinkovitost, prilagodljivost in varnost. Predvideva se, da bodo standardizirani sistemi, kot je KNX, imeli ključno vlogo pri razvoju pametnih domov in poslovnih objektov, saj združujejo interoperabilnost, zanesljivost in možnost dolgoročne nadgradnje.

Pomembna predpostavka je tudi, da se bodo stroški implementacije pametnih sistemov z nadaljnjim razvojem tehnologije postopno zniževali, kar bo povečalo njihovo dostopnost širšemu krogu uporabnikov. Prav tako se domneva, da bo širitev sistema KNX v prihodnje spodbujena z zahtevami zakonodaje po učinkovitejši rabi energije in zmanjševanju emisij.

Kljub temu obstajajo omejitve, ki jih je treba upoštevati. Ena ključnih omejitev je finančni vidik, saj je začetna investicija v sistem KNX pogosto višja od klasičnih elektroinštalacij. Poleg tega je uspešna izvedba močno odvisna od usposobljenosti izvajalcev in projektantov, saj slabo načrtovan ali nepravilno konfiguriran sistem ne more izkazati vseh svojih prednosti. Omejitev predstavlja tudi dostop do praktičnih podatkov iz realnih objektov, saj podjetja pogosto varujejo poslovne informacije ali omejujejo razkritje tehničnih rešitev.

V okviru dela se zato osredotočamo na teoretične osnove, primer izbrane projektne zasnove in splošno dostopne informacije o sistemu KNX. Rezultati raziskave bodo tako temeljili na analizi strokovne literature, praktičnih primerih in lastni interpretaciji, pri čemer se zavedamo, da popolna objektivnost zaradi omenjenih omejitev ni vedno dosegljiva.

1.5 Metode dela

Pri izdelavi diplomskega dela so bile uporabljene različne raziskovalne metode, s katerimi je bilo mogoče doseči zastavljene cilje. V teoretičnem delu sta bili uporabljeni opisna metoda in metoda združevanja, saj smo za predstavitev osnov sistema KNX uporabili strokovno literaturo, tehnične priročnike in dostopne vire proizvajalcev naprav. Na ta način je bilo mogoče oblikovati celovit pregled obstoječih znanj in praks na področju pametnih elektroinštalacij.

V delu, ki obravnava princip delovanja sistema KNX, je bila uporabljena analitična metoda, saj smo posamezne elemente sistema, kot so senzorji, aktuatorji, komunikacijski protokoli in naslovni sistem, razčlenili in preučili njihovo vlogo pri delovanju celotne rešitve.

V praktičnem delu je bila uporabljena študija primera, kjer je na modelnem objektu predstavljena zasnova pametne elektroinštalacije s pomočjo sistema KNX. S tem

pristopom je bilo mogoče prikazati konkretno povezovanje teoretičnih osnov z realno izvedbo. V ta namen je bila uporabljena programska oprema ETS, ki omogoča konfiguracijo naprav in vzpostavitev logičnih povezav med njimi.

V zaključnem delu je bila uporabljena sintetična metoda, s katero so bile združene glavne ugotovitve teoretičnega in praktičnega dela. S tem sta bila omogočena celovita presoja prednosti in omejitev sistema KNX ter oblikovanje sklepov o njegovi uporabnosti in perspektivi.

1.6 Predstavitev okolja

Poleg tehničnih in ekonomskih vidikov ima razvoj pametnih inštalacij tudi pomembno družbeno dimenzijo. Ljudje vse bolj stremijo k večji povezanosti, avtomatizaciji in nadzoru nad lastnim bivalnim okoljem. Koncept pametno življenje postaja del sodobnega življenjskega sloga, kjer tehnologija ne pomeni le udobja, temveč tudi bolj trajnostni pristop k porabi virov. Pametne elektroinštalacije tako niso več le tehnična inovacija, temveč del širšega prehoda k digitalni in energetske učinkoviti družbi.

Poleg tega sistem KNX pomembno prispeva k digitalni transformaciji gradbeništva (t. i. »Building 4.0«), saj omogoča integracijo s sistemi BIM, oblračnim upravljanjem in internetom stvari (IoT). S tem se odpira široko področje za nove poslovne modele in inovacije v elektroindustriji.

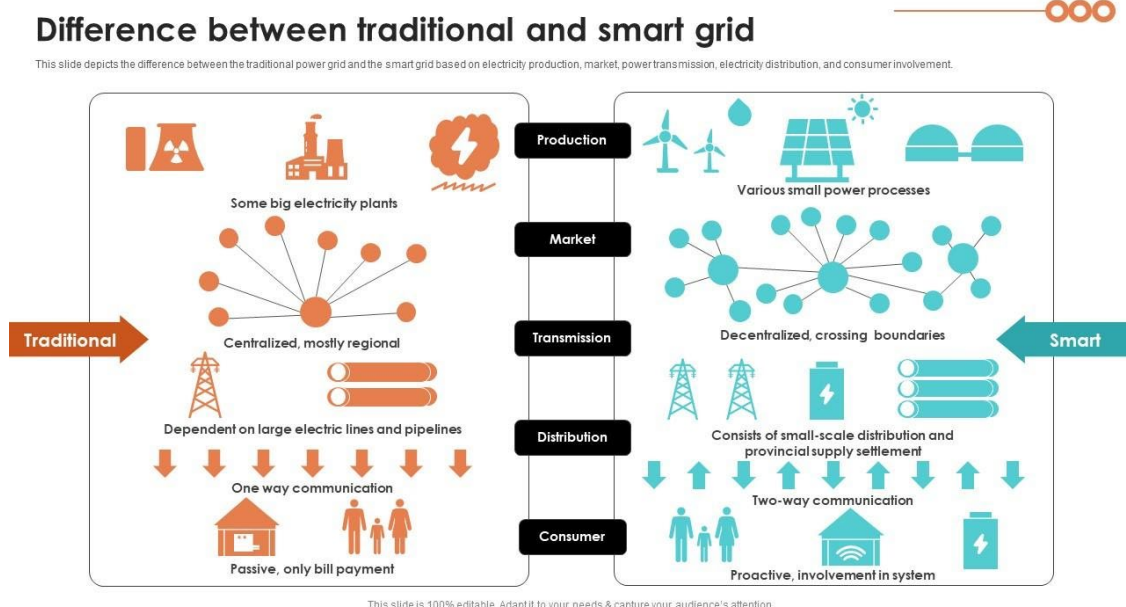
2 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 Klasične elektroinštalacije in pametne elektroinštalacije

Klasične elektroinštalacije so bile dolgo zasnovane kot statični sistemi, pri katerih ima vsak element v omrežju svojo funkcijo, na primer stikalo za vklop luči ali termosta za regulacijo temperature. Takšna zasnova je preprosta in zanesljiva, vendar ima omejitve pri večji prilagodljivosti in nadgradljivosti. Spremembe zahtevajo fizične posege v napeljavo, kar pomeni dodatne stroške in čas.

Pametne elektroinštalacije predstavljajo nadgradnjo klasičnih rešitev, saj omogočajo digitalno komunikacijo med napravami in centralizirano ali decentralizirano upravljanje. Sistem temelji na senzorjih, aktuatorjih in krmilnih napravah, ki med seboj komunicirajo preko podatkovnega vodila. To omogoča avtomatizacijo različnih funkcij, kot so prilagajanje razsvetljave glede na prisotnost, optimizacija ogrevanja in hlajenja, daljinski nadzor ter integracija z drugimi sistemi.

Prednosti pametnih elektroinštalacij so večja energetska učinkovitost, udobje uporabnikov in prilagodljivost glede na prihodnje potrebe. Slabosti pa so višji začetni stroški in potreba po specializiranem znanju za načrtovanje in programiranje sistema.

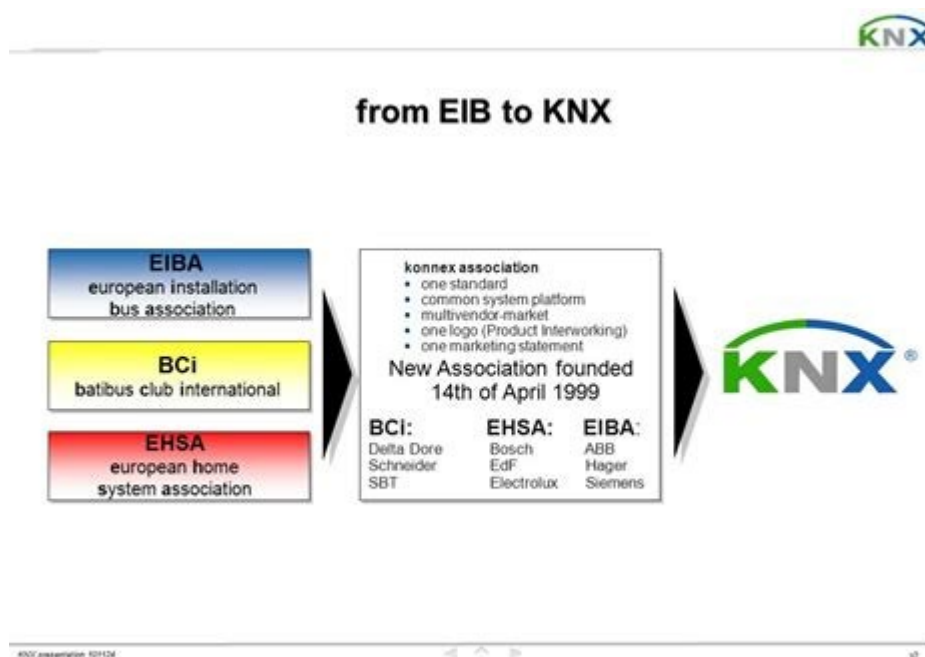


Slika 1: Primerjava med klasičnimi in pametnimi sistemi e
(Vir: Slidegeeks portal, 2025)

2.2 Standard KNX – razvoj in značilnosti

Sistem KNX je rezultat združitve treh standardov, ki so se v devetdesetih letih prejšnjega stoletja uporabljali za avtomatizacijo stavb: EIB (European Installation Bus), BatiBUS in EHS (European Home System). Leta 1999 je bila ustanovljena organizacija KNX Association, ki skrbi za razvoj, standardizacijo in certificiranje naprav.

KNX je danes mednarodno priznan standard za avtomatizacijo stavb, potrjen s strani CENELEC (EN 50090), ISO/IEC (14543) in ANSI/ASHRAE (standard 135). Njegova ključna prednost je v tem, da omogoča združevanje naprav različnih proizvajalcev v enotni sistem, kar zagotavlja interoperabilnost in fleksibilnost pri načrtovanju.



Slika 2: Evolucija standardov
(Vir: KNX portal, 2025)

Slika prikazuje združitev standardov EIB, BatiBUS, EHS in ustanovitev KNX ter je vizualni prikaz zgodovinskega razvoja standarda.

Sistem podpira več komunikacijskih medijev:

- TP (Twisted Pair) – najpogosteje uporabljen, temelji na dvožilnem kablu,
- PL (Powerline) – komunikacija po obstoječem električnem omrežju,
- RF (Radio Frequency) – brezžična komunikacija za manj zahtevne aplikacije,
- IP (Internet Protocol) – uporaba ethernetnih omrežij in integracija s sodobnimi IT-sistemi.

KNX je zasnovan kot odprt protokol, kar pomeni, da lahko proizvajalci razvijajo lastne naprave, dokler te ustrezajo standardom KNX Association. To zagotavlja široko izbiro senzorjev, aktuatorjev in drugih komponent na trgu.

Standard KNX je del širše evropske serije standardov EN 50090 – Home and Building Electronic Systems (HBES), ki jo razvija evropski komite za elektrotehnično standardizacijo (CENELEC). Ti standardi določajo pravila za načrtovanje, komunikacijo in interoperabilnost elektronskih sistemov za upravljanje stanovanjskih in poslovnih zgradb.

Serijski EN 50090 zajema več delov, ki skupaj opredeljujejo strukturo in delovanje odprtega komunikacijskega sistema HBES razreda I. Namen standardov je omogočiti, da različni elektronski moduli, kot so senzorji, aktuatorji, uporabniški vmesniki in nadzorni sistemi, med seboj učinkovito sodelujejo prek skupnega komunikacijskega omrežja. Standardi HBES so osnova za številne funkcije avtomatizacije, med drugim za:

- nadzor razsvetljave, ogrevanja, hlajenja in prezračevanja,
- upravljanje senčil in rolet,
- nadzor porabe energije in vode,
- požarno in varnostno zaščito,
- druge storitve, ki prispevajo k udobju in energetski učinkovitosti stavb.

Del EN 50090-1:2011 z naslovom *HBES* podaja celoten pregled strukture teh standardov in določa osnovne definicije, pojme ter razmerja med posameznimi deli serije. V njem je HBES opredeljen kot odprt, decentraliziran in porazdeljen procesni sistem, ki omogoča integracijo različnih naprav v skupno komunikacijsko okolje. Standard poudarja, da je HBES zasnovan kot družina produktov – to pomeni, da se uporablja skupaj z drugimi deli serije, ki opisujejo specifične tehnične parametre in komunikacijske plasti.

Sistem KNX temelji prav na teh načelih in je praktična implementacija standardov HBES. Zaradi skladnosti z EN 50090, ISO/IEC 14543 in ANSI/ASHRAE 135 je KNX mednarodno priznan kot enotni odprti standard za avtomatizacijo stavb. KNX Association, ki združuje več kot 500 proizvajalcev po svetu, skrbi za razvoj, certificiranje naprav in ohranjanje skladnosti z vsemi relevantnimi standardi.

Standardizirana struktura KNX zagotavlja:

- interoperabilnost med napravami različnih proizvajalcev,
- modularnost in možnost razširitve sistema,
- zanesljivost zaradi decentralizirane arhitekture,
- prilagodljivost za različne vrste objektov, od stanovanjskih do velikih poslovnih zgradb.

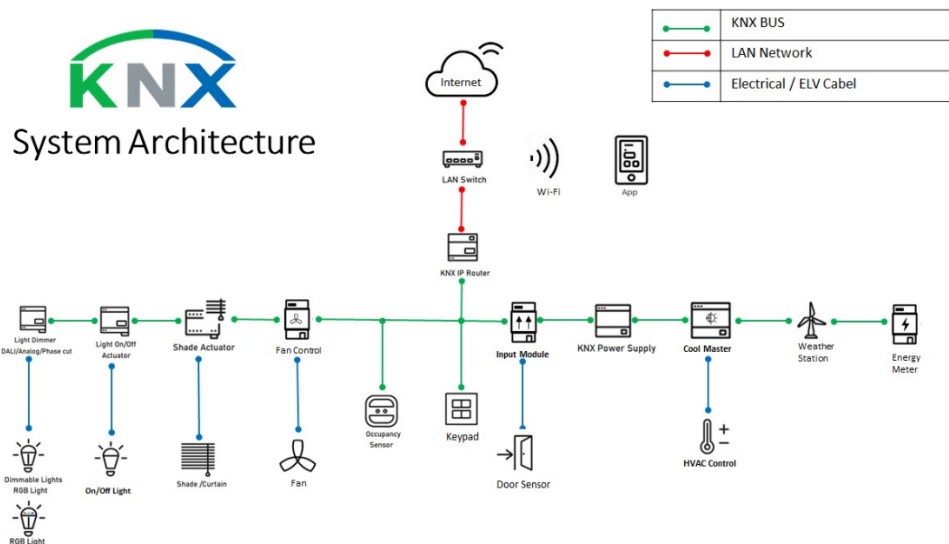
Zaradi jasne povezave z evropsko serijo EN 50090 se KNX obravnava kot referenčna tehnologija za sisteme HBES. Ta skladnost zagotavlja dolgoročno združljivost,

možnost integracije z drugimi pametnimi sistemi in podpora evropskim direktivam o energetske učinkovitosti stavb.

2.3 Princip delovanja KNX

2.3.1 Arhitektura sistema in osnovne komponente

KNX je zasnovan kot **decentraliziran sistem**, kar pomeni, da vsaka naprava (senzor, aktuator ali vmesnik) vsebuje lastno inteligenco in lahko deluje samostojno. Ni centralnega krmilnika, ki bi predstavljal točko odpovedi, temveč vse naprave komunicirajo neposredno po podatkovnem vodilu. Takšna zasnova povečuje zanesljivost in omogoča lažje razširitve sistema.



Slika 3: Arhitektura KNX
(Vir: KNX portal, 2025)

Osnovne komponente sistema KNX:

1. Napajalnik: 24 V DC napetost, ki napaja vse naprave na podatkovnem vodilu – brez stabilnega napajalnika komunikacija v omrežju KNX ne deluje.
2. Senzorji: zaznavajo stanje okolja ali ukaz uporabnika in pošiljajo podatke po vodilu KNX.

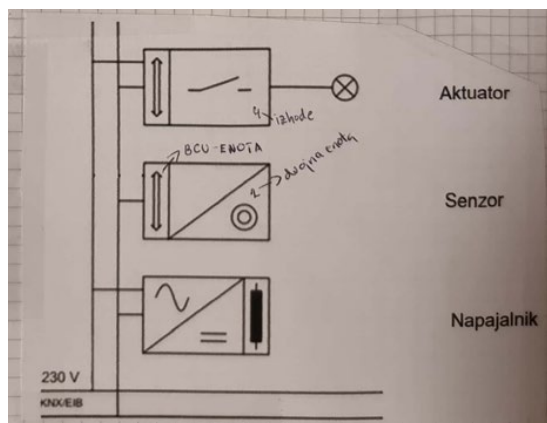
Najpogostejši tipi:

- stikala/tpkala (ročni vklop luči, senčil ...),
- senzorji prisotnosti/gibanja,
- temperaturni in vlagomerni senzorji,

- svetlobni senzorji (za avtomatsko regulacijo razsvetljave),
 - okenski kontakti, senzorji vetra, dežja, dima, CO₂, poplave.
3. Aktuatorji: sprejemajo ukaze iz senzorjev in jih izvajajo (npr. vklop luči, premik žaluzije).

Glavne vrste:

- stikalni aktuatorji – vklop/izklop luči, vtičnic,
- zatemnilni aktuatorji – regulacija svetlosti,
- žaluzijski/roletni aktuatorji – upravljanje motorjev senčil,
- ogrevalni aktuatorji – krmiljenje ventilov, ventilatorjev, črpalk,
- univerzalni aktuatorji – kombinacija različnih funkcij.



*Slika 4: prikaz povezovanje
(Lastni vir)*

4. Komunikacijski medij: povezuje vse naprave v sistemu.
5. Vmesnik in prehodi: omogočajo povezavo KNX z zunanjimi sistemi ali računalnikom.

Vrste:

- vmesnik USB – povezava ETS ↔ KNX med programiranjem,
 - vmesnik IP ali router IP – integracija z omrežjem Ethernet,
6. Programska oprema za inženirsko orodje: je glavni konfiguracijski program za KNX.

Omogoča:

- načrtovanje topologije sistema,
- dodeljevanje naslovov napravam,
- logično povezovanje senzorjev in aktuatorjev,
- prenos konfiguracije v naprave (programiranje).

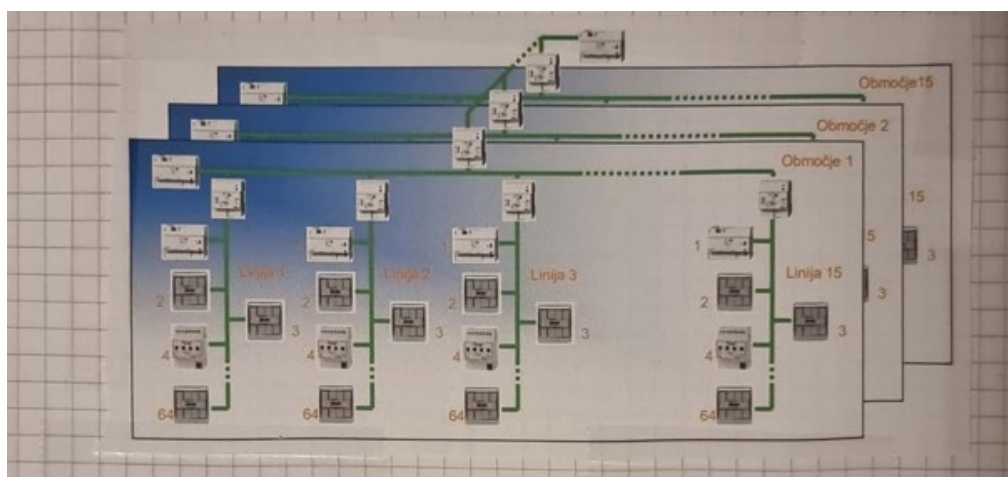
7. Uporabniški vmesniki: niso nujno potrebni za osnovno delovanje, to so lahko stenski zasloni, mobilne aplikacije ...



Slika 5 Naprave KNX
(Vir: KNX portal, 2025)

2.3.2 Topologija omrežja

KNX omogoča fleksibilno gradnjo omrežja, ki je zasnovano hierarhično. Najpogostejša je linijska topologija, kjer so naprave povezane zaporedno na dvožilni vodnik (TP). Linije se lahko združujejo v podobmočja, ta pa v območja, ki jih povezuje hrbtenično omrežje.



Slika 6: Topologija sistema
(Lastni vir)

- Ena linija lahko vsebuje do 64 naprav.
- Vsako območje lahko združuje do 15 linij.

- Celoten sistem lahko podpira več kot 50.000 naprav, kar omogoča uporabo KNX tako v manjših stanovanjskih objektih kot tudi v velikih poslovnih zgradbah.

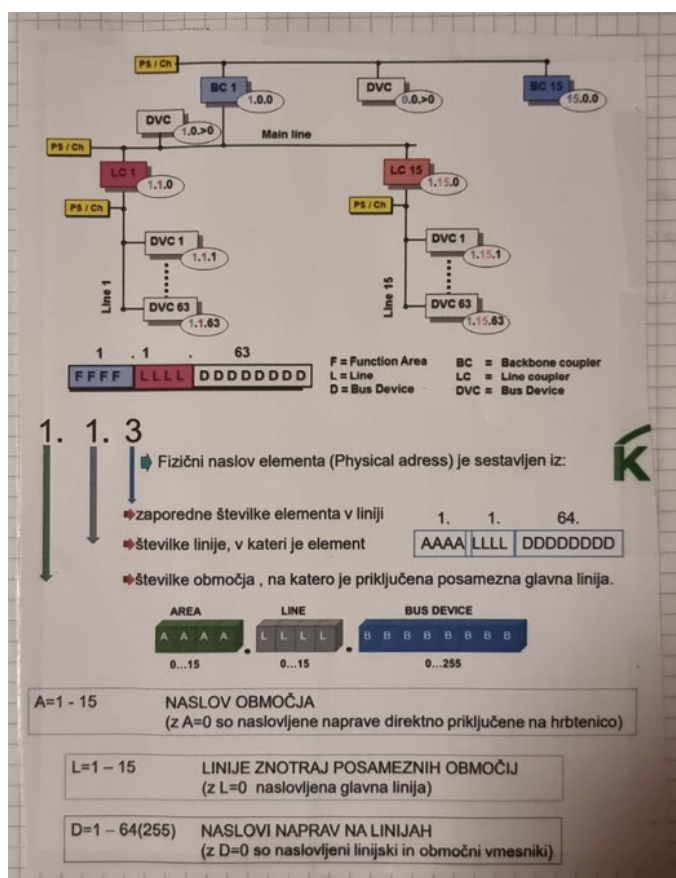
2.3.3 Naslovni sistem

Vsaka naprava v omrežju KNX ima **individualni naslov**, ki omogoča njeno enolično identifikacijo. Naslov je strukturiran hierarhično:

- **območje (Area),**
- **linija (Line),**
- **naprava (Device).**

Primer: **1.1.15** pomeni 1. območje, 1. linija, naprava številka 15.

Poleg individualnih naslovov uporablja KNX tudi **skupinske naslove**, s katerimi se določa komunikacija med senzorji in aktuatorji. Na ta način lahko en senzor (npr. stikalo) upravlja več aktuatorjev (npr. več luči), ne da bi bilo potrebno dodatno programiranje vsake naprave posebej.



Slika 7: Fizični naslovi naprav
(Lastni vir)

2.3.4 Telegrami in komunikacija

Komunikacija v KNX poteka z izmenjavo telegramov. Telegram je paket podatkov, ki vsebuje naslov pošiljatelja, naslov prejemnika, kontrolne podatke in uporabniški podatek (npr. ukaz »vklop luči«). Prenos poteka po principu event-based – naprava pošlje telegram šele takrat, ko pride do dogodka (npr. pritisk na stikalo).

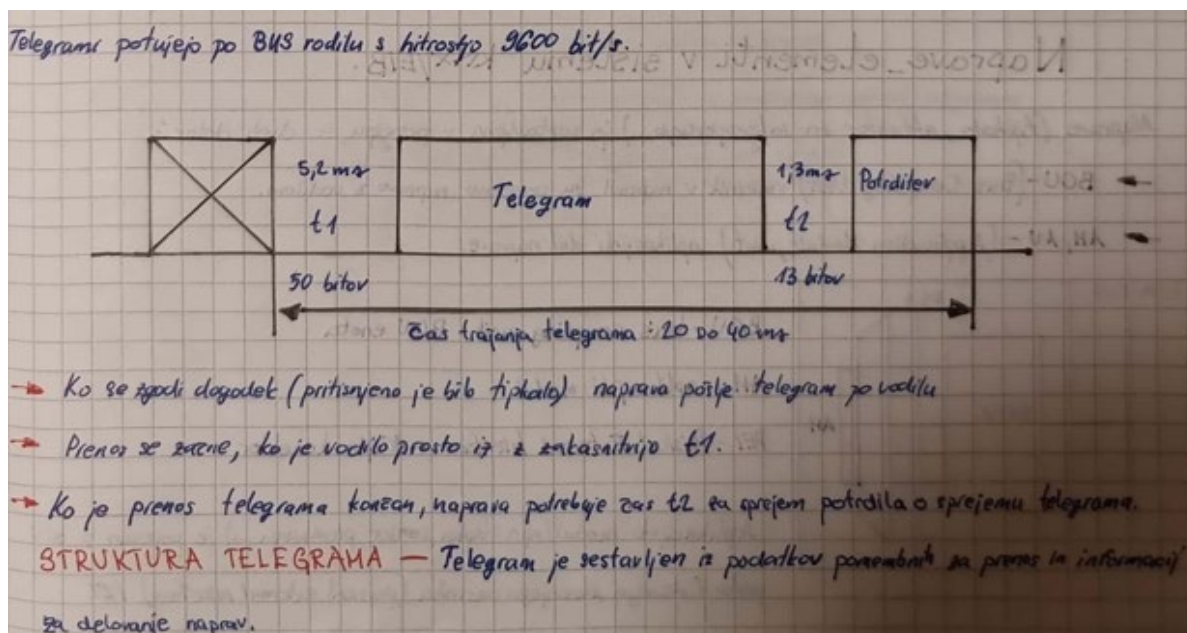
Če pride do kolizije (dva telegrama hkrati), uporablja sistem metodo zaznavanja in ponovnega pošiljanja, kar zagotavlja zanesljivo komunikacijo.

2.3.5 Programska oprema ETS

Delovanje sistema KNX je tesno povezano s programsko opremo ETS (Engineering Tool Software). ETS je univerzalno orodje za konfiguracijo vseh naprav KNX, ne glede na proizvajalca. V njem se:

- načrtuje topologija omrežja,
- dodeljujejo individualni in skupinski naslovi,
- določajo logične povezave med senzorji in aktuatorji,
- prenašajo nastavitve v naprave preko programskega vmesnika (USB ali IP).

ETS tako omogoča, da fizično povezana infrastruktura pridobi svojo funkcionalnost. Brez konfiguracije v ETS naprave sicer delujejo kot fizični elementi, vendar ne morejo komunicirati ali izvajati pametnih funkcij.



Slika 8: Telegram
(Lastni vir)

Poleg ETS obstajajo še dodatna orodja, ki nadgrajujejo funkcionalnost sistema KNX, kot so vizualizacijski sistemi (npr. Gira HomeServer ...) in orodja za daljinsko upravljanje.

Ti sistemi omogočajo uporabnikom intuitiven grafični vmesnik, preko katerega lahko spremljajo stanje naprav, prilagajajo urnike delovanja in analizirajo porabo energije. Vse večja integracija KNX z drugimi protokoli, kot sta BACnet in Modbus, omogoča uporabo KNX tudi v industrijskih objektih in pri energetske avtomatizaciji.

2.4 Možnost uporabe KNX

Sistem KNX je zaradi svoje odprtosti in široke podpore proizvajalcev postal ena izmed najbolj razširjenih rešitev za avtomatizacijo stavb. Njegove možnosti uporabe segajo od osnovnega upravljanja razsvetljave do kompleksnih integracij s sistemi ogrevanja, varovanja, multimedijev in energetskega nadzora. V nadaljevanju so predstavljene ključne aplikacije, ki dokazujejo prilagodljivost in uporabno vrednost sistema.

2.4.1 Razsvetljava

Upravljanje razsvetljave je ena izmed najpogostejših aplikacij KNX. Sistem omogoča osnovne funkcije, kot sta vklop in izklop luči, ter napredne rešitve, kot so zatemnjevanje, nastavljanje svetlobnih scen in avtomatsko prilagajanje intenzitete svetlobe glede na zunanje pogoje. Senzorji prisotnosti in svetlobni senzorji omogočajo optimizacijo porabe energije, saj se razsvetljava prilagaja dejanski uporabi prostora. Uporabniki lahko ustvarjajo svetlobne scenarije (npr. »kino«, »branje«, »večerja«), ki z enim ukazom prilagodijo več svetil hkrati.

2.4.2 Ogrevanje, hlajenje in prezračevanje

KNX omogoča napredno regulacijo ogrevalnih in hladilnih sistemov ter prezračevanja. Termostati, povezani s temperaturnimi senzorji, omogočajo individualno regulacijo temperature v posameznih prostorih. Sistem lahko optimizira delovanje glede na prisotnost oseb, zunanje vremenske razmere ali vnaprej določene urnike. Na ta način se zagotavlja energetska učinkovitost, saj ogrevanje ali hlajenje deluje le takrat, ko je to potrebno. Integracija s senčili in okenskimi aktuatorji omogoča še dodatno optimizacijo, na primer preprečevanje pregrevanja prostorov poleti.

2.4.3 Senčila in rolete

Upravljanje senčil, rolet in žaluzij je v sistemu KNX izvedeno z aktuatorji, ki nadzorujejo motorje. Upravljanje je lahko ročno ali avtomatsko, na podlagi urnikov, svetlobnih pogojev ali vremenskih podatkov. Sistem omogoča usklajeno delovanje senčil z drugimi funkcijami stavbe – npr. senčila se spustijo ob močnem soncu, hkrati

pa se zmanjša moč klimatske naprave. To povečuje udobje uporabnikov, zmanjšuje obremenitev hladilnih sistemov in prispeva k energetske učinkovitosti.

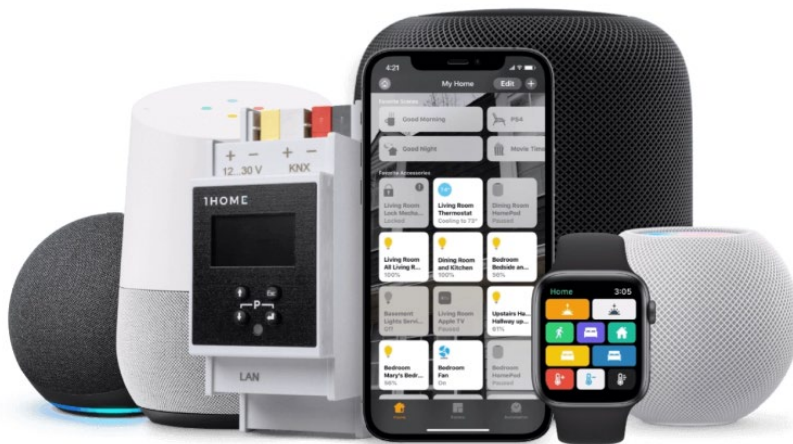
2.4.4 Varnost in zaščita

KNX se pogosto uporablja tudi na področju varnosti. V sistem je mogoče vključiti detektorje gibanja, dimne senzorje, senzorje za zaznavanje plina, poplavne senzorje in alarme. Ob zaznavi nevarnosti lahko sistem sproži več ukrepov hkrati – npr. pri požaru vklopi alarm, odpre senčila, izklopi prezračevanje in pošlje obvestilo uporabniku.

Integracija z videonadzornimi sistemi in sistemi za kontrolo dostopa dodatno povečuje varnost stavbe.

2.4.5 Multimedija in pametni dom

KNX se lahko povezuje z drugimi tehnologijami pametnih domov in multimedijskimi sistemi. Uporabniki lahko z istim sistemom upravljajo glasbo, televizijo, projektorje ali domači kino. Integracija s sistemi za govorne ukaze (npr. Amazon Alexa, Google Assistant) omogoča glasovno upravljanje vseh povezanih naprav.

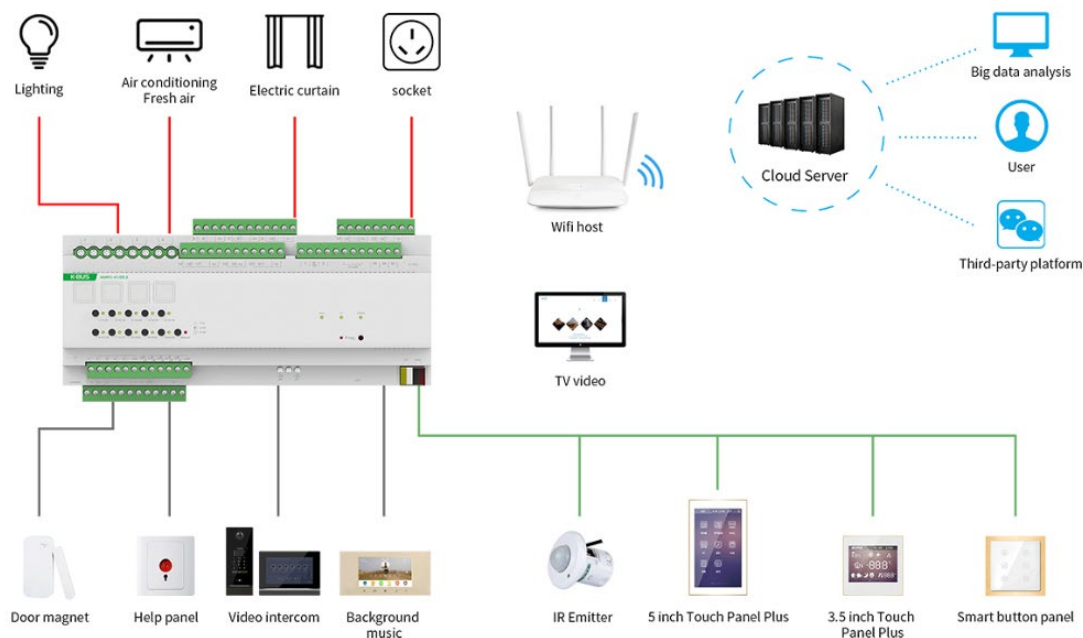


*Slika 9 Upravljanje z mobilno aplikacijo
(Vir: HOME iO portal, 2025)*

2.4.6 Energetski nadzor in trajnost

Ena izmed pomembnih funkcij sistema KNX je možnost spremljanja in optimizacije porabe energije. S pomočjo merilnikov porabe elektrike, vode in toplote lahko uporabniki analizirajo porabo in jo prilagodijo svojim navadam. Sistem omogoča tudi integracijo s fotonapetostnimi elektrarnami in polnilnicami za električna vozila.

S tem prispeva KNX k trajnostnemu razvoju in zmanjšanju ogljičnega odtisa stavb, kar je v skladu z zahtevami evropske zakonodaje in trendi zelenih zgradb.

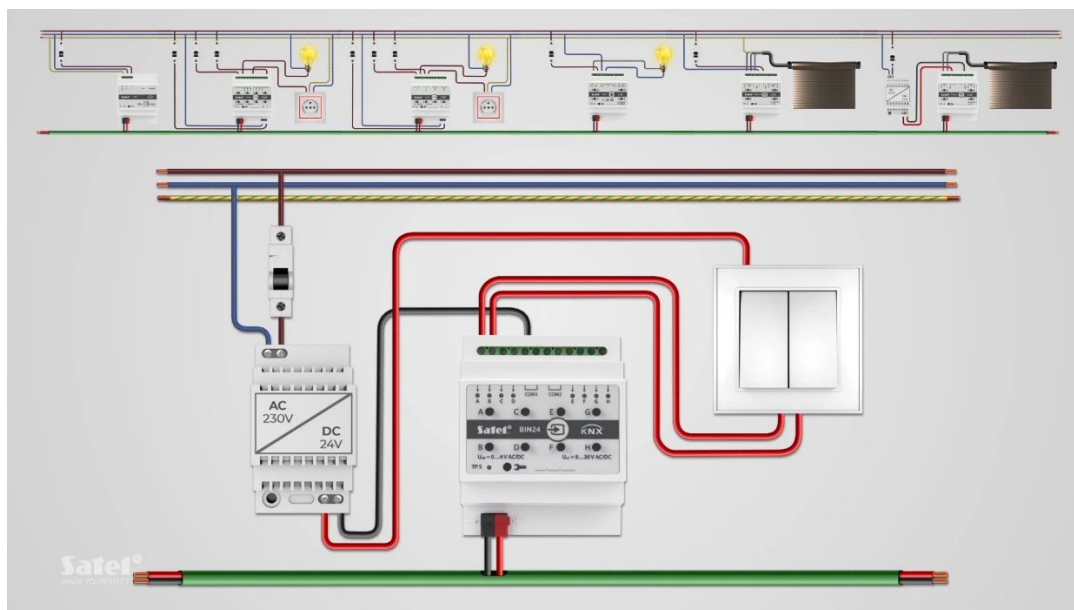


Slika 10: Grafični prikaz pametnega doma/
(Vir: Control Panel portal, 2025)

V prihodnosti bo pomen energetskega nadzora še narasel, saj bodo pametne stavbe ključni del pametnih mest (»smart cities«). Sistem KNX omogoča zbiranje podatkov o porabi energije, kar je podlaga za umetno inteligenco, ki lahko sama predlaga ali celo izvaja ukrepe za optimizacijo porabe.

Napredne rešitve KNX že omogočajo avtomatsko prilagajanje delovanja ogrevalnih sistemov glede na vremenske napovedi ali dinamične tarife električne energije. V kombinaciji s fotonapetostnimi sistemi in hranilniki energije postaja osrednji upravljalni sistem KNX, ki povezuje vse energetske vire v stavbi.

Tako sistem ne prispeva le k udobju, temveč tudi k okoljski odgovornosti uporabnikov in k uresničevanju ciljev trajnostnega razvoja (SDG 7 in SDG 13 po agendi ZN).



*Slika 11: Primer povezovanja pametnega doma
(Vir: Control Panel portal, 2025)*

3 OBSTOJEČE STANJE

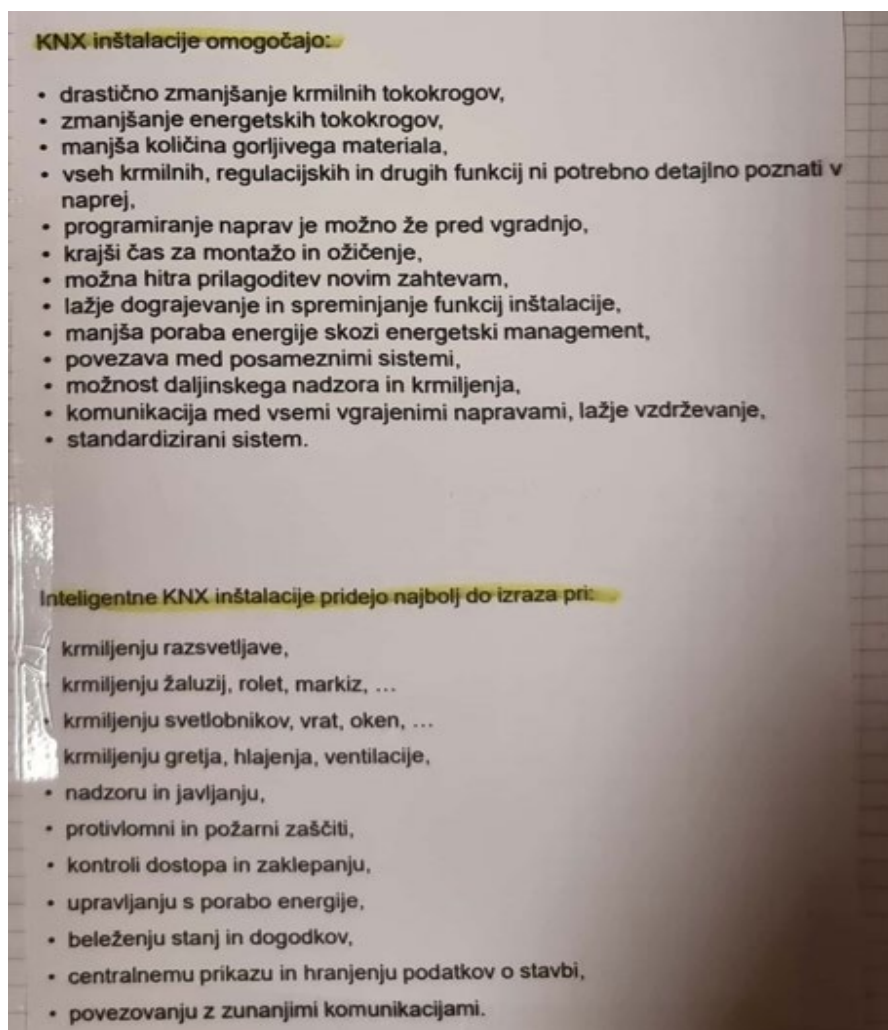
3.1 Posnetek stanja

Pametne elektroinstalacije postajajo vedno bolj prisotne v stanovanjskih in poslovnih objektih, saj se investitorji in uporabniki vse bolj zavedajo prednosti, ki jih prinaša avtomatizacija. Trg pametnih stavb je v zadnjih letih v stalni rasti, kar potrjuje tudi dejstvo, da številni proizvajalci električnih naprav razvijajo lastne sisteme avtomatizacije ali pa se prilagajajo standardu KNX.

Sistem KNX je danes najbolj uveljavljen standard za avtomatizacijo stavb v Evropi. Njegova razširjenost temelji na treh ključnih dejavnikih: interoperabilnosti, široki podpori proizvajalcev in skladnosti z evropskimi ter mednarodnimi standardi. Na trgu je na voljo več tisoč certificiranih naprav različnih proizvajalcev, kar omogoča projektantom in izvajalcem veliko fleksibilnosti pri izbiri komponent.

V Sloveniji je uporaba sistema KNX prisotna predvsem pri novogradnjah in pri zahtevnejših projektih, kjer investitorji iščejo dolgoročne rešitve z večjo dodano vrednostjo. Najpogosteje se uporablja v enodružinskih hišah višjega cenovnega razreda, poslovnih stavbah, hotelih in javnih objektih. V segmentu energetske sanacije obstoječih stavb pa se KNX uvaja počasneje, predvsem zaradi višjih stroškov začetne investicije in potrebe po specializiranem znanju izvajalcev.

Ob sistemu KNX obstajajo tudi konkurenčne rešitve, kot so **Loxone**, **Z-Wave**, **ZigBee** in lastniški sistemi posameznih proizvajalcev. Prednost teh sistemov je pogosto v nižjih stroških ali preprostejši izvedbi, vendar nimajo enake ravni standardizacije, zanesljivosti in dolgoročne združljivosti, kot jo ponuja KNX.



*Slika 12: Prednosti pri izvedbi inštalacij KNX/EIB
(Lastni vir)*

Mnogi lastniki stavb se še ne zavedajo dolgoročnih koristi pametnih elektroinštalacij, zato sta potrebni boljša informiranost in predstavitev primerov dobre prakse.

Organizacija KNX Association že vrsto let spodbuja izobraževanja, certifikacijske tečaje in praktične delavnice, kar pomaga širiti znanje med projektanti, inštalaterji in študenti.

V Sloveniji bi bilo smiselno razviti sistem subvencij za pametne rešitve, podobno kot pri obnovljivih virih energije, saj bi to pospešilo digitalno preobrazbo stavbnega sektorja.

3.2 Kritična analiza

Analiza trenutnega stanja kaže, da ima sistem KNX številne prednosti, zaradi katerih je primeren za dolgoročno uporabo v pametnih stavbah. Njegove glavne prednosti so:

- standardizacija in interoperabilnost, saj omogoča povezovanje naprav različnih proizvajalcev,
- fleksibilnost pri zasnovi, ki omogoča postopno širitev in nadgradnjo sistema,
- zanesljivost zaradi decentralizirane arhitekture, kjer odpoved ene naprave ne vpliva na delovanje celotnega sistema,
- podpora proizvajalcev, ki zagotavljajo stalni razvoj in certificiranje naprav.

Ob tem pa obstajajo tudi pomanjkljivosti:

- višji stroški začetne investicije v primerjavi s klasičnimi elektroinštalacijami ali nekaterimi konkurenčnimi rešitvami,
- kompleksnost načrtovanja in programiranja, ki zahteva strokovno usposobljen kader in uporabo programske opreme ETS,
- počasnejše uveljavljanje na manjšem trgu, kot je Slovenija, kjer se investitorji pogosto odločajo za cenejše alternative.

Kritična analiza torej kaže, da je sistem KNX tehnološko napredna in dolgoročno zanesljiva rešitev, ki pa za širšo uveljavitev potrebuje nadaljnje zmanjšanje stroškov in povečanje dostopnosti usposobljenih izvajalcev.

Kljub omenjenim prednostim pa je pri razvoju pametnih inštalacij v Sloveniji opaziti določene ovire. Ena ključnih je pomanjkanje izobraževanj in praktičnih usposabljanj za inštalaterje. Večina manjših podjetij nima dostopa do naprednih orodij, kot je ETS, kar otežuje kakovostno izvedbo projektov.

Prav tako bi bilo smiselno vzpostaviti več sodelovanja med šolami, proizvajalci in podjetji, da bi se prihodnji elektroinženirji že med šolanjem seznanili z realnimi primeri sistemov KNX.

V prihodnje bo za širšo uveljavitev sistema KNX v Sloveniji ključnega pomena razvoj spodbudnih mehanizmov (npr. subvencij Eko sklada) in davčnih olajšav za investitorje, ki izberejo energetske pametne rešitve.

4 PRIMERJAVA KNX Z DRUGIMI SISTEMI

Pametne elektroinštalacije so področje, kjer obstaja več različnih tehnologij in standardov. Poleg sistema KNX so na trgu prisotni še drugi sistemi, ki ponujajo lastne pristope k avtomatizaciji stavb. Najpogostejše uporabljeni konkurenčni sistemi so Loxone, Z-Wave, ZigBee in lastniške rešitve posameznih proizvajalcev, kot so Somfy, Crestron in drugi.

Loxone je avstrijski sistem, ki je namenjen predvsem pametnim hišam in manjšim poslovnim objektom. Njegova glavna prednost je v preprosti konfiguraciji, saj uporablja lastno programsko okolje, ki je uporabniku bolj prijazno kot ETS. Slabost sistema Loxone je v tem, da ni standardiziran, kar pomeni, da je uporabnik dolgoročno vezan na enega proizvajalca.

Z-Wave je brezžična tehnologija, ki se uporablja predvsem v stanovanjih in manjših objektih. Omogoča preprosto dodajanje naprav brez dodatne napeljave. Slabosti sistema Z-Wave sta omejena zanesljivost in manjša primernost za večje stavbe, kjer je število naprav večje in so zahteve po robustnosti višje.

ZigBee je prav tako brezžična rešitev, ki se pogosto uporablja pri napravah IoT. Prednosti sta nizka poraba energije in podpora številnih proizvajalcev. Slabost pa je manjša razširjenost na področju profesionalnih elektroinštalacij v primerjavi s KNX.

KNX ponuja v primerjavi z omenjenimi sistemi najvišjo stopnjo standardizacije, široko podporo proizvajalcev in možnost uporabe v objektih vseh velikosti – od preprostih hiš do velikih poslovnih kompleksov. Slabosti sistema KNX sta višja začetna investicija in kompleksnejše načrtovanje.

SISTEM	PREDNOSTI	SLABOSTI
KNX	Standardizacija, široka podpora, primeren za velike objekte	Višji stroški, kompleksnost
Loxone	Preprosta konfiguracija, nižji stroški	Zaprt sistem, vezanost na enega proizvajalca
Z-Wave	Brezžična povezava, preprosta nadgradnja	Omenjena robustnost, manj primeren za večje stavbe
ZigBee	Nizka poraba energije	Slabša profesionalna uporaba, manj standardiziran

*Tabela 1: Primerjava med sistemi
(Lastni vir)*

Iz primerjalne analize je razvidno, da se KNX od konkurenčnih sistemov razlikuje predvsem po dolgoročni stabilnosti in odprtosti.

Pri sistemih Loxone ali Z-Wave obstaja tveganje, da proizvajalec spremeni protokol ali preneha razvoj, kar pomeni, da je nadgradnja v prihodnosti lahko otežena. KNX pa kot odprti standard omogoča uporabo naprav več kot 500 proizvajalcev, kar zmanjšuje tveganje tehnološke zastarelosti.

Poleg tega omogoča KNX integracijo s sistemi BACnet in Modbus, ki se uporabljajo v industriji in velikih poslovnih kompleksih. Tako postaja most med stanovanjskimi in industrijskimi rešitvami avtomatizacije, kar mu daje dodatno konkurenčno prednost.

4.1 Zakonodajni okvir in standardi

Uporaba pametnih elektroinštalacij ni zgolj posledica tehnološkega razvoja, temveč jo spodbuja tudi zakonodaja. Evropska unija je z direktivo EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) določila cilje za povečanje energetske učinkovitosti stavb. Direktiva zahteva, da nove stavbe v državah članicah dosegajo standard nZEB (near Zero Energy Building), kar pomeni skoraj ničelno porabo energije.

V Sloveniji je tem zahtevam prilagojen PURES – Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, ki določa minimalne tehnične zahteve glede toplotne izolacije, ogrevalnih sistemov in sistemov upravljanja energije. Pametne elektroinštalacije, kot je KNX, omogočajo lažje doseganje teh zahtev, saj omogočajo spremljanje porabe energije in njeno optimizacijo.

Poleg energetske zakonodaje ima pomembno vlogo tudi standardizacija. Sistem KNX je priznan mednarodni standard (EN 50090, ISO/IEC 14543), kar pomeni, da ustreza strogim tehničnim in varnostnim zahtevam. To mu daje prednost pred nestandardiziranimi ali lastniškimi sistemi, ki ne zagotavljajo enake stopnje kompatibilnosti in varnosti.

4.2 Stroškovna analiza

Ena izmed ključnih dilem pri uvajanju pametnih elektroinštalacij je vprašanje stroškov. Klasična elektroinštalacija za enodružinsko hišo stane v povprečju od 5000 do 7000 €, medtem ko lahko izvedba sistema KNX doseže strošek od 10.000 do 15.000 €, odvisno od števila naprav in zahtevnosti projekta.

Čeprav so začetni stroški višji, omogoča KNX prihranke energije. Senzorji prisotnosti in pametna regulacija razsvetljave zmanjšajo porabo električne energije, optimizacija ogrevanja pa pripomore k zmanjšanju stroškov za ogrevanje tudi do 20 %. Integracija z obnovljivimi viri in pametnimi omrežji dodatno povečuje učinkovitost.

Ob upoštevanju povprečne družinske hiše se investicija v KNX lahko povrne v 7–10 letih, predvsem zaradi nižjih stroškov energije in večje življenjske dobe naprav. Pri poslovnih stavbah, kjer je poraba energije večja, je doba vračila lahko še krajša.

4.3 Prihodnji trendi razvoja pametnih inštalacij

Prihodnost pametnih inštalacij je tesno povezana z razvojem novih tehnologij in energetskega zahtev. V naslednjih letih se pričakuje:

- integracija z IoT: KNX se že povezuje z oblaki storitvami in platformami, ki omogočajo daljinski nadzor ter uporabo umetne inteligence za optimizacijo porabe;
- e-mobilnost: vse več objektov bo opremljenih s polnilnicami za električna vozila. KNX omogoča integracijo polnilnic v energetske nadzor stavbe, kar omogoča uravnoteženje porabe;
- povezava s pametnimi omrežji (Smart Grid): KNX se lahko povezuje z energetskimi omrežji, kar omogoča boljšo regulacijo porabe in prilagajanje tarifam;
- umetna inteligenca: razvoj algoritmov AI omogoča prediktivno uravnavanje ogrevanja, hlajenja in razsvetljave glede na navade uporabnikov.

Ti trendi kažejo, da bo KNX tudi v prihodnje igral pomembno vlogo, saj njegova odprtost in standardizacija omogočata prilagoditev novim tehnologijam.

Poleg teh trendov se pričakuje tudi povečano vključevanje umetne inteligence v sisteme KNX. Napredni algoritmi bodo omogočili samodejno prilagajanje ogrevanja in hlajenja glede na navade uporabnikov, vremenske napovedi in cene električne energije. Prav tako se razvijajo t. i. »digitalni dvojčki«, ki omogočajo virtualni nadzor stavb v realnem času, kar dodatno povečuje učinkovitost upravljanja. KNX tako postaja del širšega ekosistema pametnih mest, kjer bodo stavbe med seboj komunicirale in se prilagajale energetskim razmeram v omrežju.

4.4 Razširitev praktičnega dela – poslovni objekt

Poleg enodružinske hiše je zanimiva tudi uporaba KNX v poslovnih stavbah. V takšnih objektih so zahteve še večje, saj je število prostorov in uporabnikov večje.

Primer: poslovna stavba s 1500 m² površine, razdeljena na pisarne, sejno sobo, hodnike, sanitarije in tehnične prostore. V takšnem objektu se KNX uporablja za:

- razsvetljavo: avtomatski prižig in ugašanje luči glede na prisotnost in dnevno svetlobo;
- ogrevanje in hlajenje: centralni sistem z individualno regulacijo po pisarnah;
- senčila: avtomatska regulacija glede na sončno obsevanje;
- varnost: integracija videonadzora, alarmov in požarnih senzorjev;
- energetski nadzor: spremljanje porabe energije po nadstropjih ali oddelkih.

Prednosti KNX v poslovnem okolju so predvsem v znižanju obratovalnih stroškov in večji preglednosti nad porabo energije.

4.5 Razširjeni zaključek

Diplomsko delo je pokazalo, da sistem KNX predstavlja robustno in perspektivno rešitev za pametne stavbe. V primerjavi z drugimi sistemi prinaša standardizacijo, dolgo življenjsko dobo in široko podporo proizvajalcev.

Kljub višjim začetnim stroškom se investicija dolgoročno povrne z zmanjšanjem stroškov energije in večjim udobjem uporabnikov. Sistem je primeren za enodružinske hiše višjega cenovnega razreda in še posebej za poslovne stavbe, kjer je energetska učinkovitost ključnega pomena.

Kritično je treba poudariti, da KNX ni vedno najboljša rešitev. V manjših objektih, kjer so zahteve preprostejše, je pogosto ekonomsko smiselna uporaba cenejših sistemov, kot sta Loxone ali Z-Wave. Za večje in kompleksnejše objekte pa ostaja KNX ena najboljših izbir.

Prihodnost se kaže v smeri večje integracije z IoT, e-mobilnostjo in pametnimi omrežji, zato bo KNX še naprej igral pomembno vlogo v razvoju pametnih stavb.

5 PRAKTIČNI DEL

5.1 Opis modelnega objekta

Kot praktični primer je zasnovan sistem pametnih elektroinštalacij za enodružinsko hišo s približno 150 m² uporabne površine. Objekt je zasnovan kot pritlična hiša z dnevnim prostorom, kuhinjo, tremi spalnicami, dvema kopalnicama, tehničnim prostorom in garažo. Hiša je energetsko učinkovita, dobro izolirana in opremljena s sodobnimi ogrevalnimi in hladilnimi sistemi.

Cilj projekta je zagotoviti večje udobje bivanja, učinkovito rabo energije in visoko stopnjo varnosti. Sistem KNX je izbran zaradi svoje fleksibilnosti, možnosti nadgradnje in združljivosti naprav različnih proizvajalcev.

5.2 Zasnova sistema KNX

Pri načrtovanju sistema so bili upoštevani naslednji sklopi:

- razsvetljava: v dnevnem prostoru, kuhinji in spalnicah so nameščeni stikala in senzorji prisotnosti. Uporabljeni so dimmer aktuatorji, ki omogočajo regulacijo svetlosti in ustvarjanje svetlobnih scen;
- ogrevanje in hlajenje: vsak prostor ima svoj sobni termostat, povezan z aktuatorjem KNX, ki krmili ventilne pogone talnega gretja in fan-coil enot;
- senčila: vse večje steklene površine so opremljene z motornimi roletami, ki jih upravljajo aktuatorji KNX. Delovanje je vezano na senzorje sončne svetlobe in vnaprej nastavljene urnike;
- varnost: v sistem so vključeni senzorji gibanja, detektorji dima in poplavni senzor v tehničnem prostoru. Ob zaznavi alarma se sproži vizualno in zvočno opozorilo ter pošlje sporočilo uporabniku;
- energetski nadzor: nameščeni so števeci električne energije in vode, ki so povezani s sistemom KNX. Podatki so dostopni preko uporabniškega vmesnika in omogočajo analizo porabe.

5.3 Topologija in naslavljanje

Sistem je zasnovan v linijski topologiji, ki povezuje vse naprave preko enega podatkovnega vodila (TP). Naprave so razdeljene po skupinah:

- skupina razsvetljave,
- skupina ogrevanja/hlajenja,
- skupina senčil,
- skupina varnosti,
- skupina energetskega nadzora.

Vsaka naprava ima dodeljen individualni naslov v obliki *območje.linija.naprava* (npr. 1.1.10 za aktuator razsvetljave). Poleg tega so določeni skupinski naslovi, ki povezujejo senzorje z aktuatorji (npr. stikalo v dnevni sobi → skupinski naslov za vse luči v prostoru).

5.4 Konfiguracija v ETS

Programska oprema ETS omogoča konfiguracijo naprav v treh korakih.

1. Uvoz aplikacijskih programov za posamezne naprave (npr. stikalo, dimmer, termostat).
2. Dodelitev individualnih naslovov vsaki napravi.
3. Povezava senzorjev in aktuatorjev s pomočjo skupinskih naslovov.

Primer: stikalo v kuhinji (1.1.5) je povezano s skupinskim naslovom za kuhinjsko razsvetljavo (0/1/1). Aktuator za luč (1.1.20) je dodeljen istemu skupinskemu naslovu, zato ob pritisku stikala luč reagira.

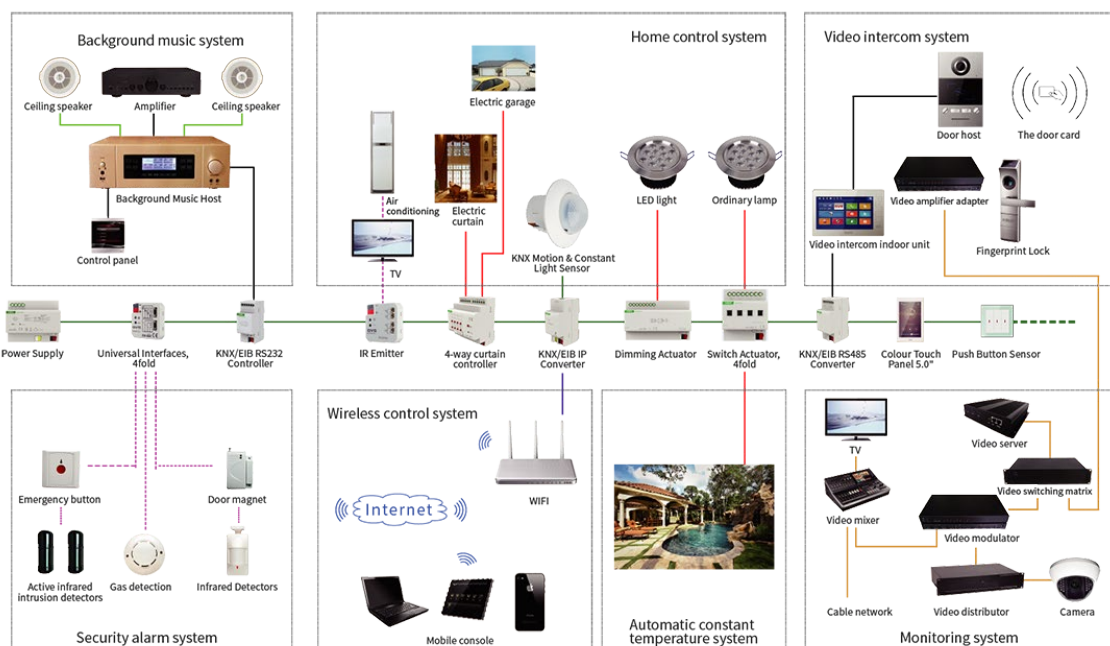
5.5 Prednosti in omejitve praktične rešitve

Prednosti:

- večje udobje zaradi centraliziranega in avtomatiziranega upravljanja,
- energetska učinkovitost (zmanjšana poraba električne energije in optimizirano ogrevanje),
- večja varnost zaradi integriranih senzorjev,
- možnost kasnejše nadgradnje in prilagoditve sistema.

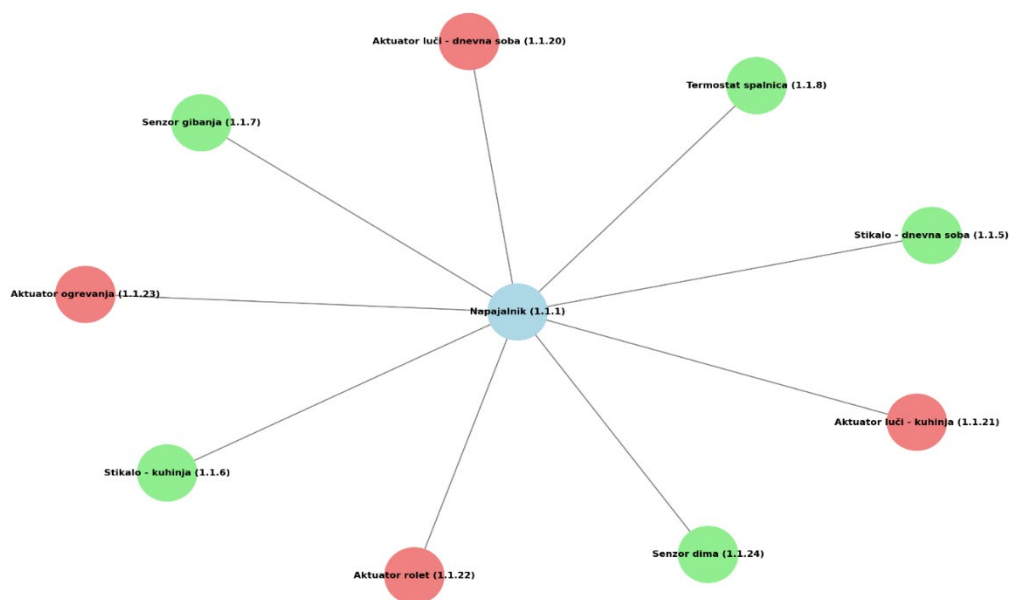
Omejitve:

- višji začetni stroški opreme in izvedbe,
- potreba po strokovni usposobljenosti pri konfiguraciji in vzdrževanju,
- kompleksnost pri razlagi uporabe za končne uporabnike, ki niso tehnološko usmerjeni.



Slika 13: Povezovalna rešitvena shema pametne hiše
(Vir: KNX portal, 2025)

Shema KNX topologije v enodružinski hiši



Slika 14: Shema KNX
(Lastni vir)

Modro – napajalnik (sistem)

Zeleno – senzorji (stikala, termostati, senzorji)

Rdeče – akuatorji (luči, rolete, ogrevanje)

Dodatno vrednost sistema KNX v modelnem objektu bi lahko še povečali z uporabo vizualizacijskih orodij, kot sta Gira HomeServer in Jung Smart Visu, ali aplikacij za mobilne naprave, ki uporabniku omogočajo intuitivno upravljanje.

Uporabniški vmesnik lahko prikaže podatke o temperaturi, osvetljenosti, odprtosti oken in trenutni porabi energije v realnem času. To omogoča, da se uporabnik aktivno vključuje v upravljanje doma in sprejema bolj informirane odločitve o porabi.

Za še boljšo ponazoritev bi lahko v prihodnosti izvedli tudi testni priklop na realnem objektu in izmerili učinke na porabo energije v določenem časovnem obdobju. Ti podatki bi predstavljali pomemben prispevek k empiričnemu delu raziskave.

6 ZAKLJUČKI

Diplomsko delo je obravnavalo pametne elektroinštalacije z uporabo sistema KNX, pri čemer so bili poudarjeni princip delovanja in možnosti uporabe. V teoretičnem delu je bilo predstavljeno, kako KNX kot standardiziran in odprt protokol omogoča povezovanje naprav različnih proizvajalcev ter zagotavlja interoperabilnost, fleksibilnost in dolgoročno uporabnost sistema. Podrobno so bile analizirane osnovne značilnosti KNX, kot so topologija, naslovni sistem, komunikacija in vloga programske opreme ETS.

V praktičnem delu je bila zasnovana projektna rešitev za enodružinsko hišo, kjer so bile prikazane konkretne možnosti uporabe KNX pri razsvetljavi, ogrevanju, hlajenju, upravljanju senčil, varnosti in energetskega nadzoru. Na podlagi praktičnega primera je bilo ugotovljeno, da sistem omogoča visoko stopnjo udobja, prilagodljivosti in energetske učinkovitosti.

Kljub številnim prednostim sistema KNX pa obstajajo tudi omejitve, kot so višji začetni stroški, kompleksnost načrtovanja in potreba po usposobljenih strokovnjakih za konfiguracijo. Ti dejavniki lahko v določenih primerih zmanjšajo dostopnost rešitve, zlasti pri manjših investicijah.

Sklepne ugotovitve kažejo, da predstavlja KNX perspektivno in trajnostno rešitev za prihodnost pametnih stavb, saj omogoča integracijo z obnovljivimi viri, pametnimi omrežji in sodobnimi tehnologijami IT. Ob nadaljnjem razvoju in zniževanju stroškov bo sistem KNX verjetno postal standardna rešitev pri gradnji energetske učinkovite in pametne objekte.

Pri pisanju diplomskega dela se je pokazalo, da je področje pametnih elektroinštalacij zelo dinamično in nenehno napreduje. Pomembno je, da bodo prihodnji elektroinženirji razumeli, da znanje o sistemih, kot je KNX, ni več dodatna prednost, temveč nujni del strokovnih kompetenc.

Pametne inštalacije bodo v naslednjem desetletju standard v vseh novogradnjah, zato predstavlja poznavanje teh sistemov pomembno konkurenčno prednost na trgu dela. Nadaljnje raziskave bi se lahko osredotočile na povezovanje KNX z umetno inteligenco, shranjevanje energije in avtomatizirano analitiko porabe, kar odpira številne možnosti za inovacije in razvoj novih poslovnih modelov v elektroenergetiki.

7 LITERATURA IN VIRI

Fichtner, N. (2025). *KNX control panel for intelligent home automation in housing*. Dreamstime. Pridobljeno 19. 11. 2025 iz naslova <https://www.dreamstime.com/KNX-control-panel-intelligent-home-automation-housing-KNX-control-panel-intelligent-home-automation-housing-image244799236>

Gerčar, M. (2023). *Kako pametno je imeti pametno hišo?* Monitor. Pridobljeno 19. 9. 2025 iz naslova <https://www.monitor.si/clanek/kako-pametno-je-imeti-pametno-hiso/222957/>

Intelektro d.o.o. (b. l.). *KNX / EIB sistem pametne inštalacije*. Pridobljeno 19. 9. 2025 iz naslova <https://www.intelektro.si/storitve/knx-sistem/>

KNX Association. (n.d.). *For Professionals – KNX*. Pridobljeno 19. 11. 2025 iz naslova <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/>

Loxone. (2020). *Smart home handbook*. Kollerschlag: Loxone Electronics.

MEAN WELL Europe N.V. (n.d.). *Building automation system – KNX*. Pridobljeno 19. 11. 2025 iz naslova https://meanwellpowersupplies.com/applications/building-automation-knx/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=%7bcampaignname%7d&utm_content=%7badgroupname%7d-700945861128&utm_term=knx%20home%20control&qad_source=1&qad_campaignid=21344863150&qbraid=0AAAAAC4BLR3sq8BeM0YWGazfg-JHTb4FB&qclid=Cj0KCQjw_rPGBhCbARIsABjq9cdQ-PKRpYI3qiORkGfC1ewqY-ekltuzImIXrgeYHjpk7_yLzarSV8aArqIEALw_wcB

Raspor, A. (b. l.). *Pametne inštalacije*. Pridobljeno 19. 9. 2025 iz naslova <https://www.andrejrasspor.com/index.php/sl/component/search/?searchword=pametne%20in%C5%A1talacije&searchphrase=all&Itemid=2049>

Raspor, A. (b. l.). *Revija Perfectus PRO*. Svetovanje in izobraževanje, dr. Andrej Raspor, s.p. Pridobljeno 19. 9. 2025 iz naslova <https://www.andrejrasspor.com/index.php/sl/nase-storitve/zaloznistvo/perfectus-pro/>

SlideGeeks. (b. l.). *Difference between traditional and smart grid: Smart grid working*. Pridobljeno 19. 9. 2025 iz naslova <https://www.slidegeeks.com/difference-between-traditional-and-smart-grid-smart-grid-working>

Župančič, J. (2020). *Pametne inštalacije in energetska učinkovitost stavb*. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.