

Bacheloroppgave

Oppgavens tittel: Anvendning av nøyaktige målinger for å detektere individuelle apparater i komplekse bygg.	Gitt dato: 06.01.2020
	Innleveringsdato: 20.05.2020
	Antall sider/bilag 56
Project title: Applying precise measurements to detect individual appliances in complex buildings.	
Gruppedeltakere: Husein Hmayed Ruben Archer Samir Huseen Ahimad	Veileder (navn/email/tlf.): Steve Vøller steve.voller@ntnu.no 73558933
Studieretning: Elkraftteknikk v/ Bachelor i ingeniørfag, elektro	Prosjektnummer: E2005
Oppdragsgiver: GK Norge	Kontaktperson hos oppdragsgiver (navn/tlf.): Knut Ivar Grue / Knut-ivar.Grue@gk.no 92845431

Tilgjengelig etter avtale med oppdragsgiver

Forord

Bacheloroppgaven er et avsluttende prosjekt i siste halvår av 3. årskurs ved NTNU. Prosjektet utgjør 20 studiepoeng, dvs. $\frac{1}{3}$ studie årsverk, noe som tilsvarer ca. 500 timer pr. student. Bacheloroppgaven er et eksternt prosjekt gitt av GK Norge AS. Oppgaven vår går på at GK ønsker å definere eksakt hva et bygg bruker strøm på. Dette er utført ved å finne en elektrisk måler som kan gi dyptgående analyser av energiforsyningssystemer. Gruppen består av 3 studenter der alle går på linja for elkraftteknikk ved NTNU. Det meste av arbeidet har foregått i gruppearbeid, enten i lesesaler og grupperom på NTNU, men også som digitale møter. Vi håper rapporten vil gi inspirasjon til nye eller videre tanker rundt energiforskyvning og energibruk i bygg. Vi setter stor pris på eventuell ris og ros du måtte sitte igjen med etter å ha lest rapporten vår. Vi har hovedsakelig rettet oss mot et publikum med teknisk kompetanse innen elektro, men tror den i stor grad vil kunne leses av andre innen teknisk bakgrunn.

Avslutningsvis vil vi gjerne takke:

Vår interne veileder fra NTNU, Steve Völler som har hjulpet oss med oppbyggingen av oppgaven, samt nyttig hjelp med formaliteter. Vi vil takke Knut Ivar Grue og Jan Ingar Wollebek fra GK Norge, som har stilt sin faglige kompetanse til disposisjon og gitt oss faglige innspill. Vi vil takke Tore Barstad Bakken fra NINA, som stilte sitt bygg i Trondheim til disposisjon. Vi vil også takke Ola B. Eliseussen, produktsjef fra Carlo Gavazzi AS, og Christian Eklind, produktmarkedsføring spesialist fra ABB, for tips til valg av måler. Til slutt vil vi takke Tim Jagenberg og Tone Pedersen, som ga oss en god innføring i Anomaly Detection og Machine Learning.

Trondheim, mai 2020

Hussein Hmayed

Ruben Archer

Samir Hussein Ahimad

Sammendrag

Moderne bygg blir stadig mer kompleks og består av tusenvis av individuelle komponenter. Alt fra komfyrer, lys, kjøleskap, datamaskiner o.l. Til sammen står denne utviklingen for et stadig økende energibehov, som medfører et økende miljøproblem. Samtidig er det en rask utvikling av teknologi, og det blir billigere og lettere å ta i bruk ny teknologi. Dette gir en ypperlig mulighet til å ta i bruk moderne teknologi for en dyptgående analyse av komplekse bygg. Slik kan man redusere energibehovet ved å styre et anlegg mer effektivt. Man vil da kunne opprettholde et mer bærekraftig energiforbruk, men også spare økonomisk.

I oppgaven har vi sett nærmere på hva som skal til for å detektere ulike komponenter i et bygg. Ved hjelp av tidligere forsøk og rapporter gjort med nøyaktige måleutstyr, har vi samlet informasjon om hvordan underharmoniske frekvenser fordeler seg på forskjellige apparater, med ulik linearitet. Det vil si apparater som består av mye elektronikk, som datamaskiner, eller lite elektronikk, slik som en varmeovn. I oppgaven vil man kunne lese mer om hvordan man kan ta i bruk metoder for selvlærende kunstig intelligens, for å kjenne igjen mønstrene som komponenter gir fra seg, både som underharmoniske komponenter, men også i kombinasjon med konvensjonelle målinger av strøm, spenning og effekt. All informasjon vi har samlet i denne oppgaven bygger på mange ulike kilder, på den måten opprettholder vi så god sikkerhet vi kan om det vi skriver.

Etter å ha analysert forskjellige temaer, som er knyttet til vår problemstilling, var det viktigste vi fant ut hvordan hvert enkelt apparat har en egen signatur, når man ser på hvor stor grad de forvrenger den grunnharmoniske komponenten, spesielt når man ser det i sammenheng med hvor mye strøm hvert enkelt apparat trekker. Vi har også sett viktigheten av å benytte metoden for Non Intrusive Load Monitoring (NILM), for en dyp analyse av det elektriske nettet. Samler man dataene og en analyse i et system med machine learning, vil man kunne måle hva et bygg bruker energi på. Vi oppdaget og, at det var viktig at nettanalysatoren hadde en middels høy samplingsfrekvens på 1 kHz eller mer og en målenøyaktighet på $\pm 0,1\%$ på strøm og spenningskurver. Etter en god diskusjon, landet vi på måleren WM20, fra Carlo Gavazzi, da den kommer nærmest de kravene vi har stilt til målenøyaktighet og samplingsfrekvens

Abstract

Every modern building is getting more complex, with a thousandfold of individual components. Such as, stovetops, lighting, refrigerators, computers, etc. Combined, this development demands a steady increase in energy consumption, thus also posing an increased environmental problem. At the same, there is a steady and fast technological development, and the incorporation of new technology in buildings is becoming increasingly inexpensive. This gives us an extraordinary opportunity to use new and modern technology for a deep analysis of complex buildings. This way, one could reduce the energy consumption substantially, by controlling an electrical grid more efficiently. This would also benefit the environment by reducing the energy consumption, but also a significant economical benefit.

In this thesis, we have looked closer into what it will take to detect different electrical components in a building. With the help of previously done tests and reports, done with accurate measuring devices, we have gathered information about how subharmonic frequencies develop in different electrical appliances with different levels of linearity. This means components containing a varying degree of electronics, such as computers, containing much electronics, or a simple heater, containing nearly none. In this thesis, one will be able to read more about how one could apply methods for artificial intelligence, to recognize patterns emitted by components in both the form of subharmonics, as well as conventional measurements such as power, current and voltage. All the information in this thesis is gathered from many different trusted sources, so that we can maintain the highest level of certainty.

After analysing different subjects related to our problem, some of our most important discoveries were how each individual appliance has its own signature, when one examines how severely an appliance distorts the waveform. Seen in combination with their respective current and voltages, the appliance has it's unique signature. We also discovered the importance of utilizing the method for Non Interruptive Load Monitoring (NILM), for a deep analysis of the electrical grid. When these data are collected in a system for Machine Learning, it will be possible to detect what a building uses electricity on. We discovered that the analyzer would need a medium sampling frequency of 1 kHz or more, as well as a high accuracy of $\pm 0,1\%$ on the voltage and current. After a good discussion, we landed on the WM20 model from Carlo Gavazzi, which came the closest to our specifications.

Figurer og tabeller

Figur 2.2.1:	Oppgave - Inndeling.	10
Figur 3.3.1:	Multiinstrumenter og nettanalysatorer.	17
Figur 3.4.1:	TCP/IP 4 lag modell i forhold til OSI modell	25
Figur 3.5.1:	Et enkelt A.I system.	27
Figur 3.5.2:	Kunstig nevralt nettverk.	29
Figur 3.6.1.1	Endringer i vekst etter behov i elektrisitet.	30
Figur 3.6.1.2a:	Verdens energiforbruk.	31
Figur 3.6.1.2b:	Energibruk bygninger, OECD vs ikke-OECD	31
Figur 3.6.1.3a:	Intrusive appliance load monitoring(IALM).	32
Figur 3.6.1.3b:	Nonintrusive appliance load monitoring (NIALM).	32
Figur 3.6.1.3:	Effekt som funksjon av tid (total last)	33
Figur 3.6.2.1:	Stasjonær og ikke-stasjonær strømmåling.	36
Figur 3.7.1:	THD og underharmoniske komponenter.	38
Figur 3.7.2:	Graf over THD verdier.	41
Tabell 3.3.1:	Øvre og nedre temperaturgrense.	18
Tabell 3.3.2:	Bruksområde for elektrisitetmålere.	18
Tabell 3.3.3:	Angitte driftsbetingelser.	19
Tabell 3.3.4:	Maksimal tillatte målefeil.	19
Tabell 3.7.1:	Tabell over THD verdier.	40

Innhold

Figurer og tabeller	6
1. Begreper og definisjoner	8
2. Innledning	10
2.1 Bakgrunn	10
2.2 Avgrensninger og målgruppe	10
2.3 Problemstilling	12
2.4 Hensikt	12
2.5 Rapportens oppbygging	13
3. Teknisk del	14
3.1 Effektiv energimåling	14
3.2 Smarte målere bakgrunn	14
3.3 Om Målere	15
3.4 Kommunikasjonsprotokoller	19
3.5 Machine Learning	26
3.6 NIALM	30
3.6.1 NIALM bakgrunn	30
3.6.2 NIALM Prosess	34
3.6.3 Apparat signaturer (Appliance signatures)	37
3.7 Total Harmonic Distortion (THD)	38
4. Metode	42
5. Diskusjon	44
6. Konklusjoner	48
7. Bibliografi	49
8. Vedlegg	52
Vedlegg 1 Avansert energimåling	52
Vedlegg 2 Kursfortegnelse 433.14 1.etg.syd Kjøkken (Kantine)	56
Vedlegg 3 NINA Gløshaugen Stigelednings skjema E4322	57

1. Begreper og definisjoner

- R.M.S. (Root Mean Square)
Er et kvadratisk gjennomsnitt, av et sett med tall eller en måleserie, som kan ta både positive og negative verdier Det blir også omtalt som størrelsens effektverdi og på engelsk som *root mean square* eller R.M.S.
- NINA (Norsk Institutt for Naturforskning), er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur – samfunn.
- GK (Gunnar Karlsen)
GK er Skandinavias ledende tekniske entreprenør og servicepartner og leverer smarte løsninger innen ventilasjon, kulde, byggautomasjon, elektro, rør og sikkerhet.
- GK Cloud, GKs digitale skyløsning, for å gi en enkel oversikt over teknikk i et bygg.
- NILM (Non-Intrusive Load Monitoring)
Nonintrusive load monitoring (NILM), eller nonintrusive appliance load monitoring (NIALM), er en prosess for å analysere endringer i strøm og spenningen som går inn i et hus, og deretter detektere hvilke apparater som er tilkoblet, samt deres energiforbruk.
- NTNU (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet)
NTNU er et internasjonalt orientert universitet med hovedsete i Trondheim og campuser i Gjøvik og Ålesund, med teknisk-naturvitenskapelig hovedprofil.
- THD (Total Harmonic Distortion)
Den totale andelen av harmoniske komponenter i en elektrisk krets, som oppstår når installasjonen består av ulineære komponenter.
- ASD (Adjustable Speed Drive)
Et apparat som tillater å regulere hastigheten på elektriske motorer.
- LED (Light Emitting Diode)
En spesiell type diode, som er designet for å gi belysning i rom.
- TEK (Byggteknisk forskrift) Forskrift om tekniske krav til byggverk trekker opp grensen for det minimum av egenskaper et byggverk må ha for å kunne oppføres lovlig i Norge.

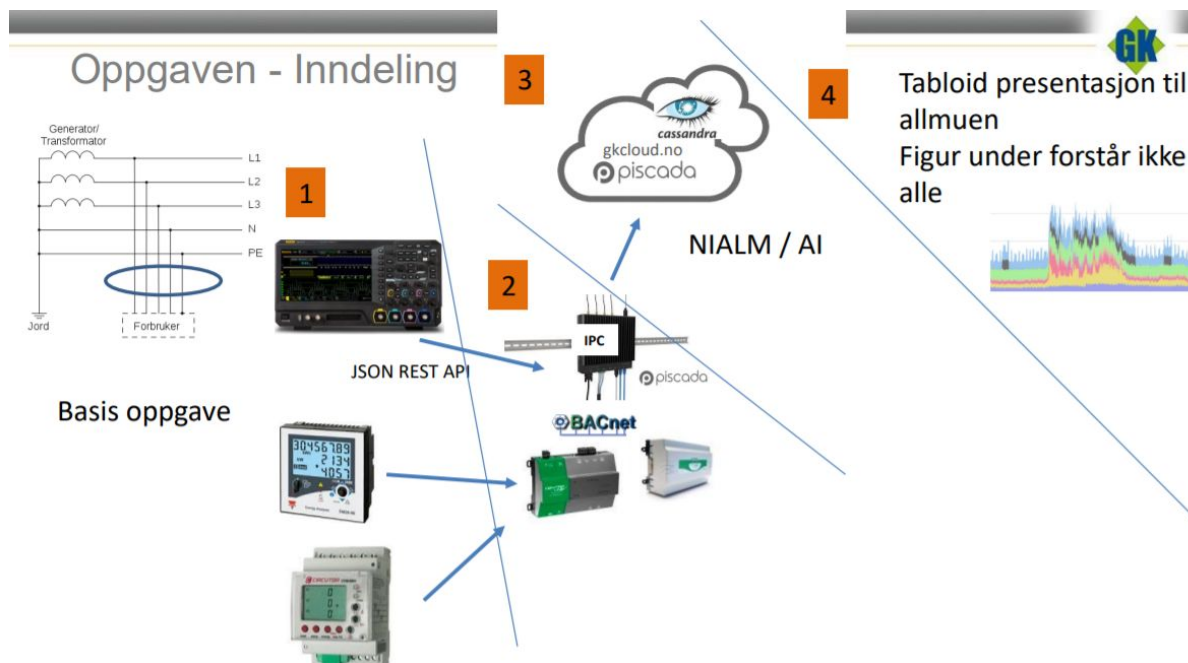
- OECD (Organisasjonen for økonomisk samarbeid og utvikling) er et samarbeidsforum for økonomiske og sosiale spørsmål. Den har 36 medlemsland i Europa, Nord-Amerika, mellom-Amerika, Asia, Midtøsten og Oseania.
- WHO (World health organization) er en organisasjon med hovedmål å lede og koordinere internasjonal helse.
- BACnet (Building Automation and Control network) er en data kommunikasjonsprotokoll for bygge automatisering og kontroll nettverk.
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ifølge til [\[48\]](#) er en organisasjon viet til fremme av inneklima-kontrollteknologi i varme-, ventilasjons- og luftkondisjonering industrien. I 2018 har organisasjonen mer enn 56 000 medlemmer fra over 132 nasjoner.
- ILM/IALM (Intrusive Load Monitoring/Intrusive Appliance Load Monitoring) er et målesystem som måler energiforbruket til et apparat ved å koble strømmålere til hvert apparat i husstand/bygning.

2. Innledning

2.1 Bakgrunn

Husholdninger i Norge og verden bruker stadig mere energi, dette er et økende problem, ikke bare med tanke på å produsere denne energien, men også klimautslippet det står for. Det er derfor et stort ønske om å redusere energiforbruket, dette ønsker man å oppnå ved å effektivisere energimålingene i bygg, slik at en da kan få full oversikt over hva man bruker strøm på, da kan man lettere redusere forbruket. Vi ønsket å velge denne oppgaven, slik at vi kan bidra til å finne løsninger som kan hjelpe bedrifter og boliger med å få oversikt over hva man faktisk bruker strøm på, slik at man lettere kan kutte i strømforbruk ved hjelp av nøyaktige målinger og økt bruk av digitale løsninger. På den måten kan man lettere automatisere et kompleks bygg, redusere strømforbruk, samt kostnader. Ved hjelp av digitale hjelpemidler som GK Cloud eller lignende, kan man få enkel oversikt over tilstanden til energiforbruket i et bygg.

2.2 Avgrensninger og målgruppe



Figur 2.2.1: Oppgave - Inndeling.

I figur 2.2.1 er det en oversikt over oppgave inndelingen til bacheloroppgaven som er gitt fra GK. Oppgaven er delt opp i 4 deler der den første delen går på valg av måleren. Den andre delen handler om kommunikasjonen mellom måleren og skyløsningen. Tredje og tilslut den fjerde delen er å få målingene fra måleren i skyløsningen og å ha en overvåking over det. Med dagens teknologi har man hatt et mål om å digitalisere seg, for å ha full kontroll over utstyret man bruker. I oppgaven settes det stor vekt på digitalisering for det er et steg i fremtiden. Dermed, med tanke på studieretningen, er det valgt å sette vekt på del 1 og 4 med valgt av en måler som kan gi hurtig og nøyaktig målinger og at informasjonen ligger i skyløsningen for å få til overvåkingen over utstyret i kantinen.

31. desember. 2019 ifølge WHO (World health organization) [\[36\]](#), var det nyheter i media syke folk av en ukjent årsak i Wuhan, Kina. Dette var starten til Coronaviruset som kalles for COVID-19 av WHO. Flere og flere nyhetsoppslag av Coronaviruset i Kina spredte seg og tilsutt, den 13. januar 2020 ble det registrert en sak av coronavirus i Thailand, og med det hadde Coronaviruset spredt seg utenfor Kina. Like etter ble det registrert en del saker av Coronaviruset i del andre land i Asia som, Nepal, Malaysia, Singapore, Sør-Korea, Vietnam og Taiwan og noe land utenfor Asia som USA, Frankrike, og Australia. Viruset begynte å spre over hele verden og i 30.januar.2020 erklært WHO COVID-19 som en global nødsituasjon. 26. februar 2020 ble det oppdaget det første tilfellet av Coronaviruset i Norge og en del forandringer fulgte i landet. 16. mars 2020 ble det bestemt at skoler og barnehager skal stenges i Oslo kommune og like etter det gjorde de andre kommunene det samme. Viruset har både påvirkning på studenter og voksne som jobber, da det meste kontorarbeidet og studie gjort hjemmefra. 12. mars 2020 ble det avgjort at NTNU stenges og at alle fysisk timeplanfestet undervisning og praksis, kurs og konferanseaktivitet blir avlyst. Denne avgjørelsen ble bestemt fra 12. mars til 26. mars. Det endte med at de fleste av eksamene på vårsemesteret blir gjort hjemmefra. Dette har påvirket vår oppgave slik at bestilling og montering av måleren ble en større utfordring. Oppgaven måtte gå i en annen retning som fokuserer på teori mer enn den praktiske delen, og med det, ble det mest fokus på del 1 av oppgaven som er valg av måleren som skal gi nøyaktig måling og som kan oppdage de individuelle apparater som måleren skal målet.

NTNU, GK og miljøbevisste personer er en målgruppe for vårt prosjekt. NTNU ved veileder skal vurdere rapporten. GK er oppdragsgiver og NINA er kunden. Oppgaven skrives for GK og den praktiske delen av oppgaven utføres hos NINA. Miljøbevisste personer kan vise interesse for prosjektarbeidet da resultatet av oppgaven kan spare energi, redusere kostnader og utslipp i CO^2 , øke nøyaktigheten og rask måling. I tillegg kan rapporten til en viss grad være interessant i dette prosjektet, for resultatet av denne bacheloroppgaven kan bli viktig i bærekraftig design, for å redusere utslipp. For forskere og studenter kan tema i oppgaven som digitalisering og overvåkning av utstyr være interessant, med tanke på at det er fokus på dette i dagens teknologi.

2.3 Problemstilling

Hvordan kan vi måle hva et bygg bruker energi på?

I oppgaven, gitt av GK, skal prosjektet utføres for NINA. De ønsker å finne ut hvor mye energi, eksakt hvert apparat i den elektriske installasjonen som er i kantinen i NINA bygget bruker. (kursfortegnelse og stigeledningskjema for kantinen ligger som vedlegg 2 og 3). Dette er for at de på en best mulig måte, kan se hva de bruker energi på for så å kunne redusere den. Målet for NINA er å oppnå et bærekraftig bygg. Da kommer GK Norge AS og setter oss til å finne det best egnede måleutstyr som vi kan bruke til å måle hva et bygg bruker energi på. Dagens situasjon er at målerne ikke klarer å detektere signaler fra strømforbrukere og om vi klarer å få til det, vil det gi mulighet for mer sikkerhet og mindre strømforbruk. I vårt arbeid med denne rapporten, skal vi forsøke å gi et svar på nettopp hvordan vi kan måle hva et bygg bruker energi på.

2.4 Hensikt

GK er en stor aktør i norden, innen service og entreprenørskap. Med over 3000 ansatte holder de en ledende ekspertise innen ventilasjon, elektro, rør, sikkerhet, byggautomasjon, kulde og energi. Det er derfor GK og vår hensikt å definere eksakt hva et bygg bruker strøm på. Vi ser for oss at vi kan bruke NILM (Non Intrusive Load Monitoring) teknologi for å gi informasjon til skyløsningen GK cloud (GKs skyløsning). Nonintrusive load monitoring (NILM), eller nonintrusive appliance load monitoring (NIALM), er en prosess for å analysere endringer i strøm og spenningen som går inn i et hus, og deretter detektere hvilke apparater som er

tilkoblet, samt deres energiforbruk. I oppgaven skal vi skape en bedre forståelse rundt de fenomenene som skal til for å kunne gjøre nøyaktige energimålinger i et kompleks bygg. For å se om man kan bruke nøyaktig måleutstyr, i kombinasjon med moderne datateknologi for å detektere apparater i en el-installasjon. Samtidig skal vi bygge opp en bedre forståelse for dette temaet selv. Dette for å nå mål om bærekraftig bygg. Med vårt arbeid med denne rapporten, er det også vår hensikt å bli bedre i skriving av akademiske tekster, og bli mer bevisst i hvordan man jobber sammen i grupper, på en god og effektiv måte. Vi håper denne oppgaven kan gi bedre innsikt i nøyaktig energimåling, slik at den kan brukes som et underlag til framtidig arbeid på samme område.

2.5 Rapportens oppbygging

Rapportens oppbygging består av 8 hoveddeler under innholdsfortegnelsen, med tilhørende underseksjoner, der det er relevant. I løpet av de 8 hoveddelene skal vi gå gjennom hva oppgaven handler om, hvordan vi fått til det, og forklaringen om det. Rapporten er bygd opp, med overskrifter til hver del, samt underoverskrifter til underseksjoner av hver hoveddel. I den første delen, innledningen, ser vi på bakgrunnen vår og oppgavens problemstilling. Videre i del 2, tar vi for oss de begrepene og definisjonene, som er med i oppgaven, som vi mener trenger ytterligere forklaring. Deretter kommer den tredje delen, som omhandler den tekniske aspektet, hvor all teknisk informasjon og teori ligger, slik at vi får vist hva vi har jobbet med i oppgaven. I del 4, vil vi skrive om metoden, den vil handle om hvordan vi har løst oppgaven. Det vil der komme litt teori rundt de forskjellige metodene for innsanking av informasjon, samt hvilken metode vi har brukt. Del 5, består av en diskusjon rundt de delresultatene vi kommer fram til i løpet av oppgaven, slik at vi kan se hvordan vi kan få svar på vår problemstilling. Etter diskusjonen konkluderer vi i del 6, der vi oppsummerer rapporten, og gir et svar på problemstillingen. Til slutt i oppgaven kommer del 7 og 8, som hhv, består av bibliografi der de kildene vi har hentet informasjon fra, og en liste med vedlegg. Alle referanser er linket med en klikkbar link i teksten.

3. Teknisk del

3.1 Effektiv energimåling

Som nevnt tidligere, bruker vi stadig mer energi enn før, som fører til et økt miljøproblem. Dette problemet er det viktig at man tar tak i. Ved å benytte seg av effektiv energimåling, kan man redusere energibehovet. Det er en visjon om at alle bygg skal produsere mer energi enn det som brukes. I følge VVSaktuelts artikkel fra 2017, [\[14\]](#), mener de at man kan redusere energiforbruket i et kontorbygg med opptil 30%, ved å benytte effektiv energimåling og med god oppfølging på anlegget.

Byggteknisk forskrift (TEK 17), hentet fra [\[15\]](#) stiller maksimumskrav til hvor høyt netto energibehov som et bygg kan ha. Forskriften viser til tabeller, med verdier for energibehov, som baserer seg på en rekke beregninger i forhold til materiale bygget består av, men og størrelse på bygg, rom, og hva bygget skal brukes til. I de siste har kravene bare blitt strengere og strengere, med tanke på energibehov, og byggestandarder. Byggeforskriftene stiller også krav til hvordan bygg kan oppvarmes, hvor det understrekes viktigheten av miljøvennlige oppvarmingsmetoder. Av dette kan man se behovet for å benytte seg av en dyptgående og nøyaktig energimåling i norske bygg, slik at man på en mest effektiv måte kan redusere energiforbruket.

3.2 Smarte målere bakgrunn

Ifølge NVE, 2015 [\[21\]](#) skal alle strømforbrukere i Norge ha en smart måler fra 1. januar 2019. Nettselskapene tar ansvar for å installere de nye målerne. Smarte målere vil gi viktig mulighet til forbrukerne om avansert informasjon om strømforbruket. I tillegg har de tilgang til mer nøyaktig måleravlesning og bedre muligheter for kontroll over energiforbruket.

Avanserte måle- og styringssystemer (AMS)

Smarte målere i Norge skal ha følgende funksjonskrav som er hentet fra lovdata.no [\[22\]](#)

- a) “Lagre måleverdier med en registreringsfrekvens på maksimalt 60 minutter, og kunne stilles om en registreringsfrekvens på minimum 15 minutter”,

- b) “ha et standardisert grensesnitt som ligger til rette for kommunikasjon med eksternt utstyr basert på åpne standarder”,
- c) “kunne tilknyttes og kommunisere med andre typer målere”,
- d) “sikre at lagrede data ikke går tapt ved spenningsavbrudd”,
- e) “kunne brytere og begrense effektuttaket i det enkelte målepunkt unntatt traformålte anlegg”,
- f) “kunne sende og motta informasjon om kraftpriser og tariffer samt kunne overføre styrings-og jordfeilsignal”,
- g) “gi sikkerhet mot misbruk av data og uønsket tilgang til styrefunksjoner” og
- h) “registrere flyt av aktiv og reaktiv effekt i begge retninger.”

3.3 Om Målere

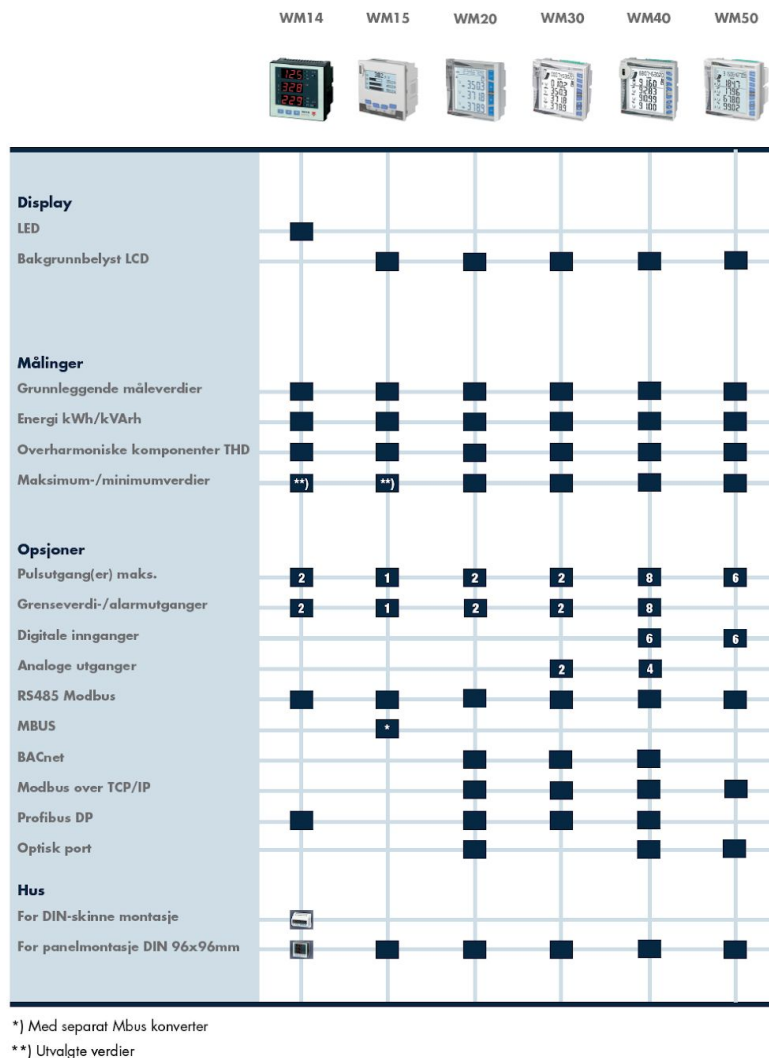
For å oppnå effektiv energibruk, er det behov for at man benytter seg av en dyptgående og nøyaktig energimåling i norske bygg for å redusere energiforbruket og sikre bærekraftighet. Som vi har beskrevet under kapittel 3.2, skal smarte målere i Norge ha noen funksjonskrav som vi har hentet fra lovdata. Grappa har diskutert grundig for å velge riktig måleutstyr/nettanalysator, som kan hjelpe oss å måle både konvensjonelle elektriske verdier (strøm, effekt, spenning, effektfaktor og o.l) og underharmoniske komponenter. Vi kommunisert med Carlo Gavazzi AS og ABB, som har gitt oss viktig informasjon om energiprodukter, brukerveiledning, datasett og o.l.

Etterhvert som vi fikk satt oss inn i forskjellige rapporter og metoder måling, og hva som er ønskelig å oppnå, har vi kommet fram til en kravspesifikasjon for en måler. Måleren må kunne måle:

- Strøm (A)
- Spenning (V)
- Effekt (både reaktiv og aktiv, VAr, W)
- Energi (KWh)
- Effektfaktor ($\cos\varphi$)/PF (’’power factor’’)
- Underharmoniske komponenter (THD)

Disse målingene må kunne gjøres med en middels til høy samplingsfrekvens, det vil si fra 1 kHz og oppover (1000 samples/s). Det vil være vesentlig at målingene taes med en høy nøyaktighet, slik at man får god sikkerhet i dataene som akkumuleres i en dataanalyse. Jo høyere målenøyaktighet vi har, jo enklere mener vi det vil være å detektere individuelle apparater, da det kan være lite som skiller dem. Derfor trengs det høy samplingsrate, samt høy nøyaktighet. For strøm og spenning, er det ofte tiendedels forskjeller som skiller apparater fra hverandre, det vil derfor være nødvendig at strøm og spenning måles med en nøyaktighet på minst $\pm 0.1\%$. For øvrige verdier, vil det være nok med en nøyaktighet på minst $\pm 1\%$. Ved å ta samplingsfrekvens i betraktning, klassifiserer NILM metoden seg med lav, middel, og høy samplingsfrekvens. Den lave samplingsfrekvens varierer fra 1 Hz eller mindre, mens den middel samplingsfrekvens varierer fra 1 kHz til flere kHz. Den høye sampling frekvensen varierer fra hundrevis av Hz til MHz. Den mest brukte metoden er, metoden med lav samplingsfrekvens, da det er billigere, og stiller lavere krav til hardware og software. Som man kan se i Wójcik. A; Łukaszewski. R; Kowalik. R; Winiecki. W. (2019) [\[12\]](#), forteller rapporten at en høyere samplingsfrekvens ga en bedre oversikt over hvordan strøm og spenningskurvene forvrenges ved påvirkning fra underharmoniske komponenter i ulike apparater.

Energimålerer som vi har sett på og kan passe for oppgaven er WM20 og WM40 fra Carlo Gavazzi. WM20 koster ca. 5100 kr, mens WM 40 koster ca. 7964 kr, dvs. en prisforskjell på nesten 3000 kr.. WM20 og WM40 er like på mange måter som for eksempel de grunnleggende elektriske parametre for en energimåler som er: målinger (strøm, spenning, aktiv og reaktiv effekt osv.), målenøyaktighet ($\pm 0,2\%$ på strøm, klasse 0,5 på energi/kWh), og samplingsfrekvens som er på 3200 samples/s @ 50 Hz og 3840 samples/s @ 60 Hz ifølge til datablad til både WM 40 og 20. Den største forskjellen mellom de to målerne er antall opsjoner av måter til å kommunisere på som er tilgjengelig, der WM 40 har flere valg av opsjoner enn WM 20 og det vises i figuren under.



Figur 3.3.1: Multiinstrumenter og nettanalysatorer. Hentet fra Carlo Gavazzis energiprodukter [37].

- Forskrift om krav til elektrisitetmålere

Ifølge lovdata.no [39] skal elektrisitetmålere som skal selge eller tilbys for salg skal minimum oppfylle de grunnleggende kravene fastsatt i kapittel 2.

Under kapittel 2 avsnitt I-generelle krav, følgende temaer er beskrevet:

- måleteknisk beskyttelse og kvalitetsnivå (§ 3)
- påtenkt bruk og påregnelig feilbruk (§ 4)
- tillatte feil (§ 5)
- påvirkende størrelser (§ 6)
- klimatiske størrelser (§ 7) og osv.

“Produsenten skal angi øvre og nedre temperaturgrense og elektromagnetsitke miljø som elektrisitetsmåleren er konstruert for kondenserende eller ikke-kondenserende fuktighet, samt om den tiltenkte plassering er åpen eller lukket”.

øvre temperaturgrense	30 °C	40 °C	55 °C	70 °C
nedre temperaturgrense	-5 °C	-10 °C	-25 C	-40 °C

Tabell 3.3.1: Øvre og nedre temperaturgrense.

Under Avsnitt II-spesifikke krav, beskrives noen av kravene:

- Nøyaktighet (§ 25)

Elektrisitetsmålere skal ha klasseindeksene A, B eller C ifølge forskrift om krav til elektrisitetsmålere. Det er produsenten som skal ta ansvar for å gi målerens klasseindeks.

Målerklasse A i temperaturområde + 5 °C ... + 30 °C	Benytttes for målere for innendørs installasjon for bruk i husholdninger, herunder utleieformål, private hybler og hybelhus.
Målerklasse B i temperaturområde – 25 °C ... + 55 °C	Benytttes for målere for utendørs installasjon for bruk i husholdninger, herunder hytte/fritidseiendom
Målerklasse B i temperaturområde + 5 °C ... + 30 °C	Benytttes for: – Ikke-transformator-koblede målere for innendørs installasjon for bruk i næringsvirksomhet/lett industri, herunder fellesmålere i butikksentre – Direktekoblede målere for bruk til belysning/oppvarming av offentlig vei.
Målerklasse C med valgfritt temperaturområde	Kan benyttes for alle bruksområder. Må benyttes for: – Transformator-koblede målere for bruk i næringsvirksomhet/lett industri, herunder fellesmålere i butikksentre – Fellesmålere i borettslag med etterfølgende målere i serie – Transformator-koblede målere for belysning/oppvarming av offentlig vei.

Tabell 3.3.2: Bruksområde for elektrisitetsmålere. Hentet fra forskrift om krav til elektrisitetsmålere [\[39\]](#)

- angitte driftsbetingelser (§ 27)

	Klasse A	Klasse B	Klasse C
For direktekoblede målere			
I_{st}	$\leq 0,05 \cdot I_{tr}$	$\leq 0,04 \cdot I_{tr}$	$\leq 0,04 \cdot I_{tr}$
I_{min}	$\leq 0,5 \cdot I_{tr}$	$\leq 0,5 \cdot I_{tr}$	$\leq 0,3 \cdot I_{tr}$
I_{max}	$\geq 50 \cdot I_{tr}$	$\geq 50 \cdot I_{tr}$	$\geq 50 \cdot I_{tr}$
For transformator-koblede målere			
I_{st}	$\leq 0,06 \cdot I_{tr}$	$\leq 0,04 \cdot I_{tr}$	$\leq 0,02 \cdot I_{tr}$
I_{min}	$\leq 0,4 \cdot I_{tr}$	$\leq 0,2 \cdot I_{tr}^1$	$\leq 0,2 \cdot I_{tr}$
I_n	$= 20 \cdot I_{tr}$	$= 20 \cdot I_{tr}$	$= 20 \cdot I_{tr}$
I_{max}	$\geq 1,2 \cdot I_n$	$\geq 1,2 \cdot I_n$	$\geq 1,2 \cdot I_n$

1 For elektromekaniske målere i klasse B gjelder $I_{min} \leq 0,4 \cdot I_{tr}$.

Tabell 3.3.3: Angitte driftsbetingelser hentet fra, forskrift om krav til elektrisitetmålere [39]

- maksimal tillatte målefeil (§ 28), og flere andre kravene er nevnt under avsnitt II-spesifikke krav.

Maksimal tillatte målefeil i prosent ved angitte driftsbetingelser og definerte strømbelastningsnivåer og driftstemperatur												
	Driftstemperaturer			Driftstemperaturer			Driftstemperaturer			Driftstemperaturer		
	+ 5 °C ... + 30 °C			- 10 °C ... + 5 °C eller + 30 °C ... + 40 °C			- 25 °C ... - 10 °C eller + 40 °C ... + 55 °C			- 40 °C ... - 25 °C eller + 55 °C ... + 70 °C		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Enfasemåler; flerfasemåler ved drift med symmetrisk belastning												
$I_{min} \leq I < I_{tr}$	3,5	2	1	5	2,5	1,3	7	3,5	1,7	9	4	2
$I_{tr} \leq I \leq I_{max}$	3,5	2	0,7	4,5	2,5	1	7	3,5	1,3	9	4	1,5
Flerfasemåler ved drift med enfasebelastning												
$I_{tr} \leq I \leq I_{max}$	4	2,5	1	5	3	1,3	7	4	1,7	9	4,5	2
For elektromekaniske flerfasemålere er strømintervallet for enfasebelastning begrenset til $5I_{tr} \leq I \leq I_{max}$.												

Dersom en måler arbeider ved forskjellige temperaturområder, gjelder de relevante verdier for maksimal tillatte målefeil.

En elektrisitetmåler skal ikke utnytte maksimale tillatte feil eller systematisk favorisere en bestemt part.

Tabell 3.3.4: Maksimal tillatte målefeil. (§ 28).

3.4 Kommunikasjonsprotokoller

Kommunikasjonsprotokoll, er et system med regler som gjør at to eller flere digitale enheter i et kommunikasjonssystem kan overføre informasjon via noen form for variasjon av en fysisk mengde. Kommunikasjonsprotokoller er i bruk der det er to eller flere digitale enheter som skal utveksle informasjon for eksempel datamaskiner i nettverket, mobiltelefon og telenettet, PC og en skriver, og i rapporten er det mellom energimåler og nettskyen.

Kommunikasjonsprotokoll er delt opp i forskjellige lag, der hvert lag har et spesifikt arbeid eller informasjon. Disse lagene er samlet i to grupper av lag, hvor de laveste lagene handler om overføring av data og signalene mellom de enheter som skal kommunisere med hverandre. De høyeste lagene går på tolkning av innholdet i meldingen.

Det er mange måter for å overføre data mellom to enheter sammen med de forskjellige programvarene de gjennomfører. Det er noen typer av kommunikasjonsprotokoller som har viktige roller i kommunikasjonen mellom de digitale enhetene og de forskjellige typene for kommunikasjonsprotokoller [\[31\]](#):

- TCP (Transmission Control Protocol): TCP er den mest brukte protokollen til å kommunisere over et nettverk. TCP fungerer slik at den deler opp meldingen i pakker og sender fra kilden til målet der det samles på nytt.
- IP (Internet Protocol): IP er brukte som en adressering protokoll. IP hjelper de pakkene som sendes i nettverk til å finne fram målet sitt.
- UDP (User Datagram Protocol): UDP er brukte i områder hvor rask kommunikasjon er nødvendig. Det som er spesielt med UDP at den lar data bli overført uten mottakerens samtykke til kommunikasjon.
- HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) [\[30\]](#): HTTP overfører hypertext mellom klienter og tjenerne. Den bruker HTML [\[29\]](#) som er et språk som brukes for å lage hypertext dokumenter på World Wide Web, og det er kalt for tagger. HTML tagger brukes for å lage lenker, der de linkene kan være i hvilken som helst form, fra tekst eller bilde.
- HTTPS (Hyper Text Transfer Protocol Secure) [\[30\]](#): HTTPS gjør det samme arbeidet som HTTP men setter en stor fokus på sikkerhet. HTTPS overfører data på samme måte i et kryptert format.

- SMTP (Simple Mail Transport Protocol): SMTP er en protokoll for distribuere og sender e-poster.
- POP (Post Office Protocol): POP er protokollen som mottar e-posten.
- FTP (File Transfer Protocol): FTP går på overføring av filer mellom enheter. ‘

Det er fortsatt en stor del av andre typer av kommunikasjonsprotokoller, men de som ble nevnt er de som er mest kjent og bruk. Alle typer av kommunikasjonsprotokoller skal følge de standardiseringorganisasjoner som relaterer til de, og noen av de er [\[26\]](#):

- ISO (International Organization for Standardization): ISO er organisasjonen som setter standarder innen alle teknisk og ikke tekniske felter, unntatt elektrisk og elektronisk felter.
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers) [\[40\]](#): ASHRAE er en organisasjon som setter standarder innenfor energisparing i bygninger, inneluftkvalitet, termisk komfort, redusere utslipp av kjølemedium og betegnelse og sikkerhetsklassifisering av kjølemedier.
- ANSI (American National Standards Institute) [\[41\]](#): ANSI er en amerikansk ikke-statlig organisasjon, som fører tilsyn for nasjonale og internasjonal standarder innenfor en rekke fagområder og bransjer.
- ITU (International Telecommunication Union): ITU er en paraplyorganisasjon som går på radio kommunikasjonssystemer og Linjesvitsjet telefonnettverk. (Public Switched Telephone Network, PSTN).
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers): IEEE er standardiseringorganisasjon for de fleste programvare- og maskinvare protokoller.
- IETF (Internet Engineering Task Force): I IETF ligger alle protokollene som er i bruk på internett.

For at meldinger skal bli sendt og mottatt i kommunikasjonssystemet, må kommunikasjonsprotokoller ha et sett med regler som holder gjelder for overføringen av meldinger. [26]:

- Dataformater: Datautveksling skjer med digitale meldinger basert på bit array. Bit arrayet er delt i to lag som kalles for “header” og “payload”. “header” laget ligger i den delen informasjon som handler om driften av protokollen. “payload” er hvor selve meldingen ligger seg.
- Adressering: Adressene ligger seg i “header” i bitarray. For at kommunikasjon skal skje mellom avsender og mottaker må adressen gjenkjennes.
- Ruting: Det er ikke alle tilfeller at enhetene er direkte koblet. En rute trengs for at meldinger utvikler seg mellom avsender og mottaker. Nettverket til internett er koblet ved ruter.
- Gjenkjenning av feil ved overføringen: I Noen tilfeller kan det hende at data blir korrupt. Det er viktig med gjenkjenning når noe galt pågår i slike problemer. Syklisk rundandskjek (CRS) er et program for feildeteksjon og ligger i slutten av pakker. CRS hjelper med mottakeren å oppdage feilen eller korrupte delen i meldingen.
- Bekreftelser: Bekreftelse er nødvendig når det gjelder digital kommunikasjon. Bekreftelse på mottatte pakker sendes fra mottakeren side til avsender.
- Tap av informasjon: Det kan hende at pakker som inneholder informasjon blir mistet, det vil si tapt. Noe som medfører at avsenderen venter på bekreftelse på at pakken er sendt. Etter en viss tidsperiode kan avsenderen sende pakken på nytt.
- Flytkontroll: Flytkontroll i datakommunikasjon er en prosess som går på styring av hastigheten av dataflyt mellom to enheter som utveksler informasjon eller noder i nettverket. Den sikrer at data flyter i et bra tempo, noe som forhindrer at en hurtig avsender sender data før mottakeren er klar. I en situasjon hvor for mye data kommer før mottakeren er klar, skjer det et data overløp og det vil si at data går i tap og må overføres på nytt.
- Sekvenskontroll: Det er ikke nødvendig at bit array sendes sammen i en pakke I noen tilfeller blir bit array oppdelt og sendt i nettverket til mottakeren. De delene kan ta forskjellige ruter og ankomme feil og ut av sekvensen de hadde når de ble sendt, og det kan forårsake at enkelte deler kan bli forsinket, tapt eller duplisert. I de tilfeller må

sendingen skje på nytt. Sekvenskontroll fungerer slik at avsender markerer hver del med sekvens informasjon som lar mottakeren sette sammen den originale bit array, og det gjør at mottakeren får vite hva som ble tapt og duplisert, og ser hva som trengs for å bli sendt på nytt.

- Køen: Kommuniserende enheter har en kø som følger en bestemt rekkefølge som enhetene utfører. Det er FIFO (First In First Out) kø som er vanligvis brukt, der første info blir sendt er den som blir først mottatt osv.

Kommunikasjonsprotokoller kan ha flere forskjellige oppgaver for at kommunikasjon skal fungere. Det kan være en protokoll som har arbeidet for adressering som IP, eller en overføring av dataene som TCP. Når det er bruk av flere kommunikasjonsprotokoller i en gruppe som skal samarbeide med hverandre kalles det protokoll suite. En kjent og den som er i bruk for måleren er TCP/IP suite. Når de to kommunikasjonsprotokollene settes sammen, øker effektivitet av overføring av informasjon der IP overføre dataene i flere pakker til målet og TCP jobber med overføringen ved montering av pakkene.

For denne oppgaven er måleren som skal brukes, bruker kommunikasjon protokoll TCP/IP. TCP/IP er en protokoll suite som overfører data via nettverket. Hvordan det fungerer og hvordan det er strukturert skal det gå mer på under her.

TCP/IP er en kommunikasjonsprotokoll hvor data utveksles i internett ved en ende-til-ende kommunikasjon, der det identifiseres hvordan informasjon, bit array, deles opp, adresserer, rutes, og mottas hos mottakeren. TCP og IP er de hoved protokollene i TCP/IP protokoll suite. TCP sin rolle er å tilby applikasjoner en kommunikasjonskanal, noe som IP ikke klarer å gjøre. Den har kontroll over hvordan bit array er delt opp i små pakker, og markerer dem i riktig rekkefølge slik at mottakeren kan sette opp bit array i den originale rekkefølge. IP sin rolle er å definere adresse og ruten til de små pakkene som skal sendes ut over i nettverket. TCP/IP bruker klient-server modellen til å kommunisere. Det er en enhet som klienten får tjenester fra, og en annen enhet som server i nettverket.

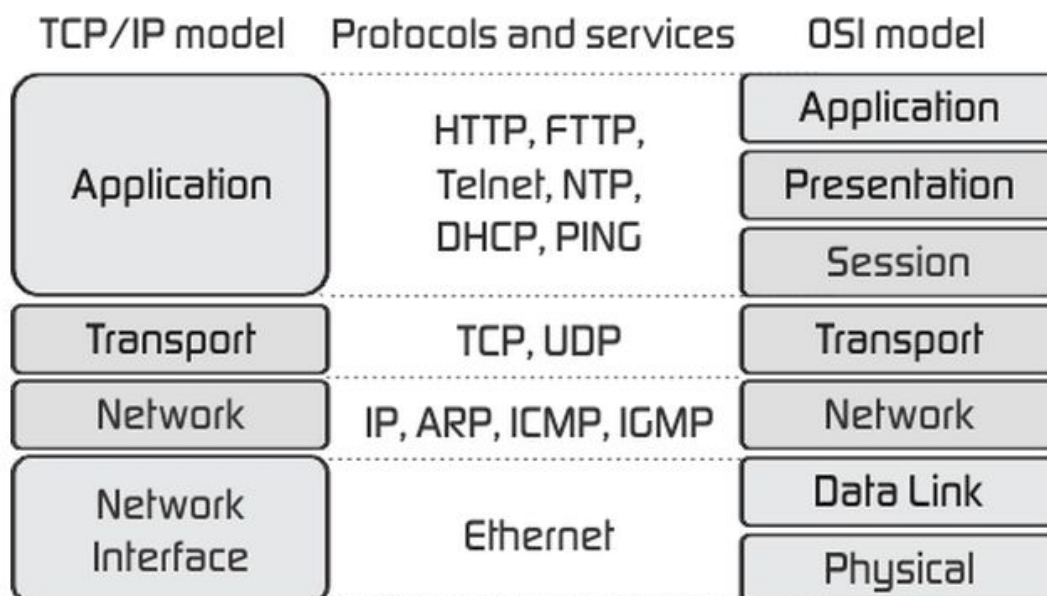
Kommunikasjonsprotokoller kan utføre mange ulike oppgaver. Arbeidet kan blant annet være adressering, transport, identifikasjon og feilrapportering osv. For at de forskjellige kommunikasjonsprotokoller med sine spesifikke oppgaver settes i bruk må de være i en protokoll suite for å kunne skape kommunikasjon mellom enhetene. Strukturen for protokollene er lagdelt for å beholde en tidlig og en forståelig konsept på hvordan de fungerer. OSI standarder har kommet med struktur for protokollene som er kjent som OSI modellen, og den er delt opp i 7 lag. Beskrivelsen om de 7 lagenes oppgaver er hentet fra Beal,V.(2019,april) [\[46\]](#):

1. Applikasjonslaget: Det er det syvende og siste laget og den gir applikasjonen en standardisert dataoverføring. Protokollene i bruk: HTTP, POP3, SMTP.
2. Presentasjonslaget: Det sjette lag, og dataene fra applikasjonslaget legges her og oversettes fra applikasjon til nettverksformat og omvendt. Presentasjonslaget har 3 funksjoner og det er å oversette dataene (eksempel ASCII til EBCDIC), kryptering og dekryptering av dataene og til slutt, komprimering, dvs. redusering av antall biter som må overføres på nettverket. Protokollene i bruk er: ASCII, EBCDIC, TIFF, GIF, PICT, JPEG, MPEG og MIDI.
3. Seksjonslaget: Det er det femte laget og det etablerer, administrerer og avslutter forbindelsen mellom applikasjonene Protokollene i bruk: NFS, RPC, og SQL.
4. Transportlaget: Det fjerde laget har som oppgave å opprettholde kommunikasjon mellom enhetene som kommuniserer med hverandre. Det brukes av transportprotokoller som TCP eller UDP i noen spesifikke tilfeller.
5. Nettverkslaget: OSI modellens tredje lag handler om de pakkene som blir sendt i nettverket, der den adresserer og ruter pakkene slik at de finner fram. Det er IP protokollen som er i bruk for dette laget.
6. Datalinklaget: Det andre laget av OSI modellen gjør oppsett og vedlikehold av datalinkforbindelser. Den har også arbeidet med å detektere feil fra det fysiske laget,

og retter det om det kan. Den håndterer også flytkontroll og rammesynkronisering. Noen av protokollene i bruk er: PPP (Point-to-Point) , FDDI, ATM, IEEE 802.5/802.2, IEEE 802.3/802.2.

7. Det fysiske laget: Det første laget består av protokoller som bare fungerer ved en fysisk kobling, og dette laget forsikrer kobling mellom den fysiske enheten og nettverket. Protokoller i bruk: Ethernet, Point-to-Point (PPP) og FDDI.

TCP/IP kommunikasjonsprotokoll følger ikke OSI modellen og den er delt opp i fire lag, istedenfor å ha 7 lag som man kan se i figuren under. En av hovedforskjellen mellom OSI model og TCP/IP er at OSI modellen er en konseptuell modell og dvs. at den er teoretisk og dermed ikke i bruk, dermed er TCP/IP praktisk brukbar. TCP/IP er en klient-tjener modell, dermed OSI modellen er en referansemødel brukt for forståelse og utførelse av systemarkitektur og er ikke en kommunikasjonsprotokoll, dermed er TCP/IP en kommunikasjonsprotokoll. TCP/IP er delt i 4 lag som, har det fysiske laget som første laget, nettverkslaget som andre laget, transportlaget som tredje laget og til sutt er applikasjonslaget det fjerde laget. Figuren under viser OSI modell ved TCP/IP modell for å kunne se bedre forskjelligheten i lag oppdeling mellom de to.



Figur 3.4.1: TCP/IP 4 lag modell i forhold til OSI modell hentet fra [\[34\]](#)

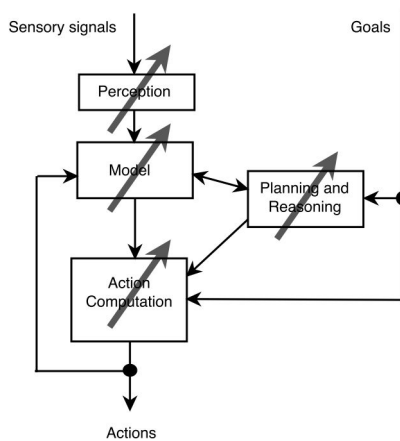
MCBACIP er koden som beskriver kommunikasjonsprotokollen BACnet IP, og det er den som skal være i bruk for måleren i denne oppgaven. Som beskrevet, er TCP/IP en protokoll suite og mest kjent som Internett-protokoll suite, men i BACnet IP er det mest kjent for bruk av UDP/IP, her ligger forskjellen i hvordan data forflytter seg. Ifølge Carlo Gavazzi tar de ikke i bruk UDP/IP men holder seg fortsatt til TCP/IP BACnet som er mest kjent for å være en kommunikasjonsprotokoll som er brukt innen byggautomasjon og kontrollnettverk (BAC). BACnet utviklet av ASHRAE, holder seg til amerikanske og europeiske standarder som er ANSI og OSI standarder. BACnet ble utviklet med en målsetning om at byggsystemer fra forskjellige produsenter skal kunne jobbe sammen på både en effektiv og fungerende måte.

3.5 Machine Learning

Det første man kanskje tenker på når man hører ordet læring, er et barn eller ungdom som skal begynne med noe de aldri har gjort før, kanskje har barnet nettopp klart å lese en setning, eller det begynner så smått å spille et instrument. Det er mange ting man kan forbinde med ordet “læring”. Hvis man har et kjæledyr, har man kanskje fått det til å gjøre et nytt triks. Selv om machine learning har mange likheter med hva vi forbinder læring med i naturen, er det også en forskjell. For hva er egentlig Machine Learning?

Machine Learning omhandler hovedsakelig programmerbare datasystemer, og spesielt kunstig intelligens (A.I, Artificial Intelligence). Datamaskinen, sammen med programmet, skal uten mye menneskelig påvirkning oppdage mønster, for så å lære hva som er “normalt” og riktig, for å kunne skille vekk det som ikke er riktig. Det er vanlig å si at en datamaskin har lært noe, ved at strukturen i programmeringen er endret. Det er derfor langt enklere å lære en datamaskin noe nytt, man bare forteller den at den skal gjøre noe, så gjør den det. Men mye av poenget med machine learning er at man skal fortelle maskinen minst mulig. Man gir datamaskinen et grunnleggende mål, og så overlater man mye av læringen til datamaskinen. Det er i hovedsak dette som skiller Machine Learning, fra vanlig programmering. Maskinen skal finne løsninger selv, i stedet for å bli fortalt på forhånd hvordan en oppgave skal løses.

Det er noen enkle grunner til at det kan lønne seg å be en datamaskin til å lære selv. Ikke bare får vi en bedre forståelse av hvordan mennesker og dyr lærer, men det er også en rekke situasjoner eller hendelser, som ikke lar seg definere på en enkel og bestemt måte. Det vil være situasjoner som ikke kan defineres og lastes opp som et sett med regler til en datamaskin på forhånd, noe som vil gjøre det nødvendig å benytte et system som kan finne mønstre selv. Slik som i et moderne kompleks bygg, er det tilnærmet umulig å definere på forhånd hvordan det elektriske anlegget vil oppføre seg. Med tusenvis av individuelle komponenter, vil et forsøk på å lage en form for mal på hvordan det elektriske anlegget oppfører seg når komponenter skrues på og av vil være alt for vanskelig til å gjøre for hånd. I tillegg vil et miljø eller system endre seg over tid, hvis man i det hele tatt klarer å utarbeide et forhåndsprogrammert system, vil det være ubrukelig, dersom det oppstår avvik over tid.



Figur 3.5.1: Et enkelt A.I system

Figuren ovenfor, hentet fra [24], viser hvordan et enkelt AI system kan fungere, med enkle logiske looper og innganger, som samles og bestemmer en hendelse. Systemet tar inn data fra sensorer, og ser det i en sammenheng med modeller og veiledende ønsker fra brukerens side. Basert på dette, kan datamaskinen ta en avgjørelse på hva som skal skje. Modellen kan også være utarbeidet av datamaskinen selv, det kan være basert på en langtidsovervåkning av et system, der maskinen har lært seg hva som er normalt i systemet, og hva som ikke er normalt. Prosessen med å sanke inn store mengder data, også kalt “Big Data” er en viktig del av prosessen i Machine Learning. Det er nødvendig med en stor datamengde, for at en datamaskin skal kunne lage gode modeller. Big data kjennetegnes som svært store datamengder, og muligheten til svært rask datakommunikasjon.

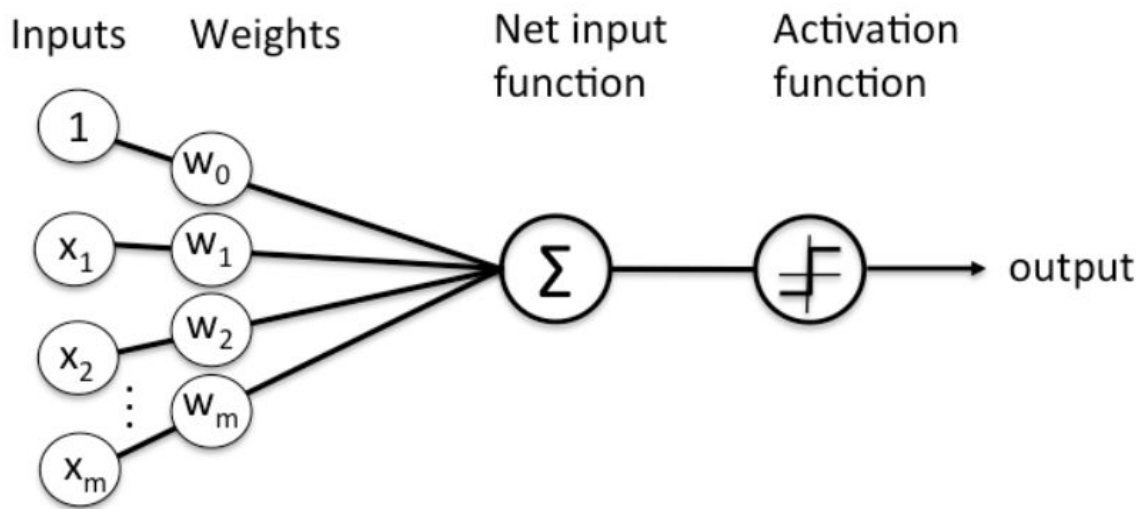
Det er i hovedsak fire forskjellige måter en datamaskin kan lære seg noe, Supervised Learning (Overvåket Læring), Unsupervised Learning (Uovervåket læring), Reinforcement Learning (Støttet læring), og Deep learning (dybdelæring). Supervised Learning benytter seg av et sett med data som allerede er definert, det kan for eksempel være mange forskjellige bilder av håndskrevne ord og tall, som det blir datamaskinens oppgave å identifisere, og kjenne igjen hvilke bokstaver og tall en person skriver. Machine learning applikasjonen blir presentert med et sett med definert data, og gjennom mange eksempler, lærer den seg å kjenne igjen håndskrift. Det er dette Supervised Learning hovedsakelig handler om.

Unsupervised Learning kan ligne litt på supervised learning i oppstartsfasen av læreprosessen. Det egner seg godt der man har store data, som ikke er definert, slik som spamdetektering i epost, eller på sosiale media. I slike sammenhenger er mengden data alt for stor til at man kan lage forhåndsdefinerte eksempler på hele datamengden. Istedenfor gir man datamaskinen et utgangspunkt, så ser datamaskinen på mønstre som dukker opp, for å skille søppelpost fra ønskelig post, eller for å gruppere innlegg på f.eks Facebook eller Twitter, med andre innlegg som ligner på hverandre.

Den tredje typen, Reinforcement Learning, er en type machine learning som går mest på adferd, og ikke så mye på å kjenne igjen mønstre. Det handler i hovedsak om prøving og feiling, det enkleste man kan se for seg er hvis man skal lære en datamaskin å spille et spill. Datamaskinen vil forsøke å gjøre et trekk, og basert på hvordan det gikk, vil den endre sin atferd, dette kan også være i kombinasjon med respons fra en bruker. Det er vanlig å bruke reinforcement learning i teknologi for selvkjørende kjøretøy.

Deep Learning benytter en form for kunstige nevralt nettverk, satt sammen i ulike lag, slik at datamaskinen kan finne mønstre i ustrukturert data. Målet med Deep Learning er å etterligne menneskehjernen og hvordan den lærer seg ting, så godt det lar seg gjøre. Det benyttes ofte i systemer som brukes til ansiktsgjenkjenning eller tale. Deep Learning er ganske likt Unsupervised Learning, ved at det ikke er behov for definerte klassifiseringer, men datamaskinen grupperer data selv, der den ser sammenhenger. På denne måten ligner det mer på slik menneskehjernen ser sammenhenger. Datamaskinen tar et sett med inputs, for så

å legge på et sett med “vekter”, disse vektene kan være sammenhenger datamaskinen har sett, slik at den kan legge dataene inn i en gruppering.



Figur 3.5.2: Kunstig nevralt nettverk.

Figuren ovenfor, prøver å vise hvordan et nevralt nettverk fungerer, man har en del inputs, dette kan være verdier fra en måler. Deretter legger datamaskinen på et sett med “vekter”, eller “weights”. Det er parametre som kan være definert fra bruker, som kan si noe om en ønsket retning, eller en form for styring av prosessen, før alt samles til et utgangssignal.

Et fellestrekk for alle Machine Learning prosesser er dannelsen av en form for klynger eller clustere. Disse klyngene dannes etter en prosess, der en datamaskin har blitt matet med store mengder data, gjerne over en lengre periode. Etter hvert som datamaskinen ser mønstre i dataene vil den gruppere dataene der den ser sammenhenger, jo mere data og jo lengre tid man lar datamaskinen lære seg mønstre, jo mer nøyaktig blir dannelsen av clustre.

I et kompleks bygg slik som hos NINA i Trondheim, med mange komponenter, både lineære og ulineære, vil det være svært hensiktsmessig å bruke en form for Machine Learning i en prosess for dyptgående nettanalyse, siden det vil være uoverkommelig å utarbeide en modell for hvordan et slikt elektrisk anlegg vil oppføre seg. Både på grunn av antallet ulike komponenter, men også endringer over tid i kombinasjon med den store mengden måledata det vil medføre. Tidlig i arbeidet med denne Bacheloroppgaven, ble gruppen vår presentert

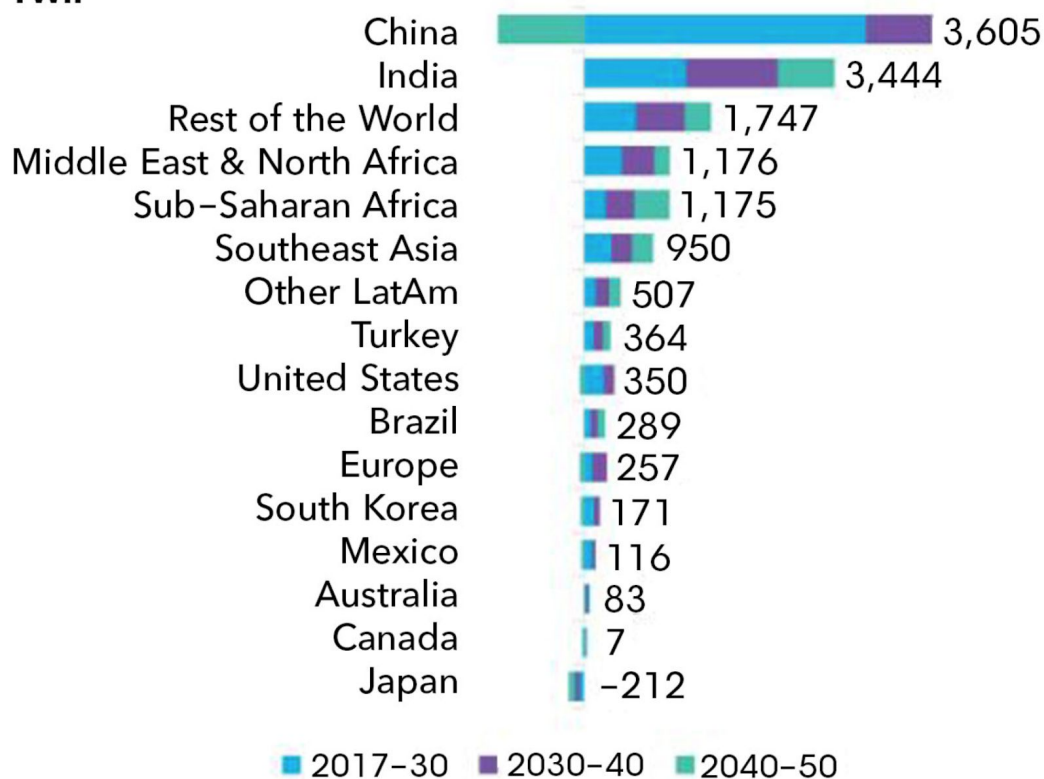
for Piscada og deres arbeid med Anomaly detection. Man kan lese mer om Piscada og hva de er her [\[42\]](#). Det er et system som benytter seg av Machine Learning for å oppdage unormalheter i et system, men slik som hos Piscada, er det gode sjanser for at et lignende system kan benyttes til å kjenne igjen signaturene til komponenter i et elektrisk nettverk.

3.6 NIALM

3.6.1 NIALM bakgrunn

Det antas at den globale etterspørselen etter elektrisitet vil øke med 57% innen 2050; og Kina og India vil være sentrum for veksten ifølge Global Electricity Demand [\[43\]](#). Et av de viktige tiltakene som bør tas for å løse dette problemet er å spare energi, redusere forbruket og kostnader, og forbedre bærekraftig utvikling.

TWh

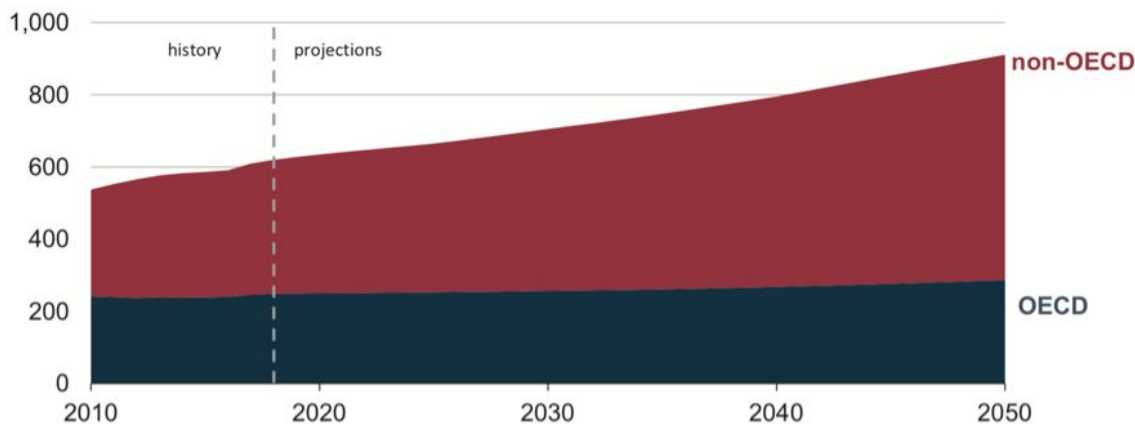


Source: Bloomberg NEF

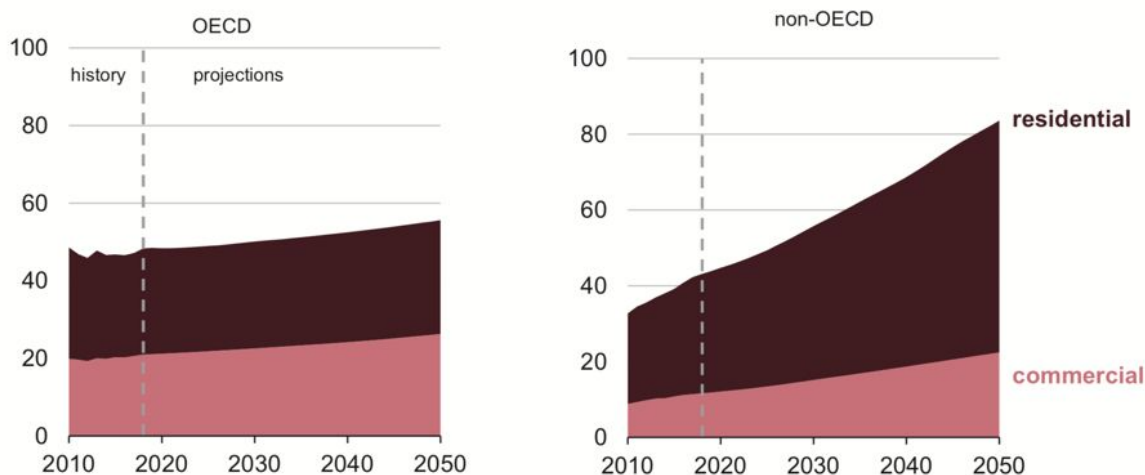
Figur 3.6.1.1: Endringer i vekst etter behov i elektrisitet. Hentet fra [\[43\]](#)

Verdens energiforbruk antas å øke med nesten 50% mellom 2018 og 2050 ifølge U.S. Energy Information Administration [\[13\]](#). Se figur 3.6.1.2a.

Mesteparten av økningen i energiforbruk og etterspørsel antar å øke i ikke-OECD land på grunn av befolkningsvekst og økende inntekt [13]. I tillegg vil det være en økning i urbanisering og tilgang på elektrisitet, noen som fører til en økning i etterspørsel etter energi. Se figur 3.6.1.2b



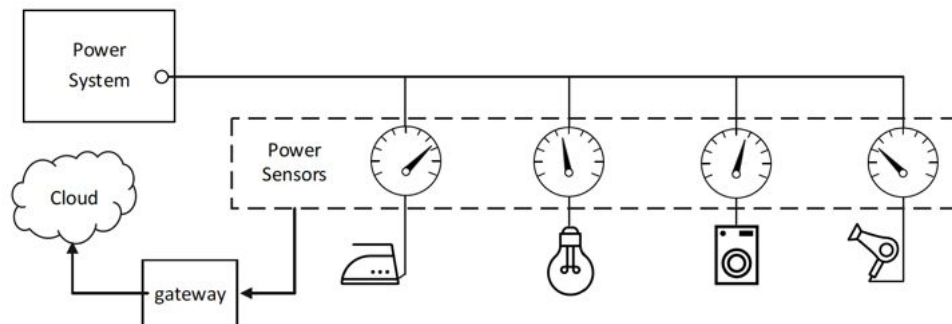
Figur 3.6.1.2a: Verdens energiforbruk.



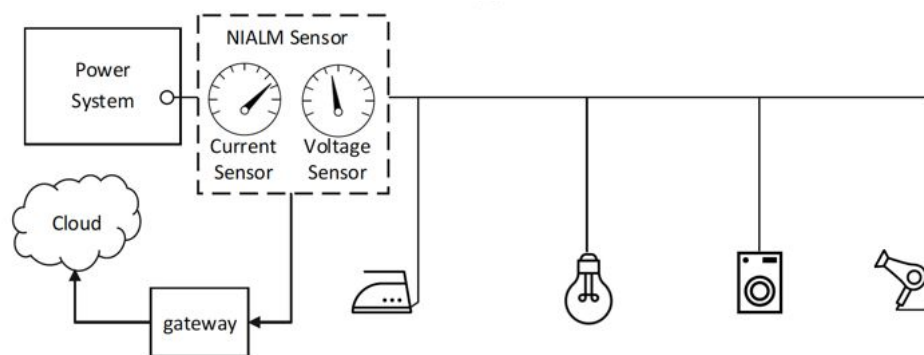
Figur 3.6.1.2b: Energibruk bygninger, OECD vs ikke-OECD

Non-Intrusive Load Monitoring (NILM)/ Non-Intrusive Appliance Load Monitoring (NIALM) teknologi ble først introdusert av Hart (1992) [11]. Målet er å kun bruke ikke-påtrengende sensorer for å overvåke alle apparater i det elektriske nettverket. NIALM har en lavere kostnad enn Intrusive Appliance Load Monitoring (IALM) da det er enklere å sette opp og vedlikeholde. Figuren under viser Intrusive Appliance Load Monitoring, IALM

og Non-Intrusive Appliance Load Monitoring, NIALMS (Wójcik, Łukaszewski, Kowalik og Winieck (2019). [12]



Figur 3.6.1.3a: Intrusive Appliance Load Monitoring(IALM).



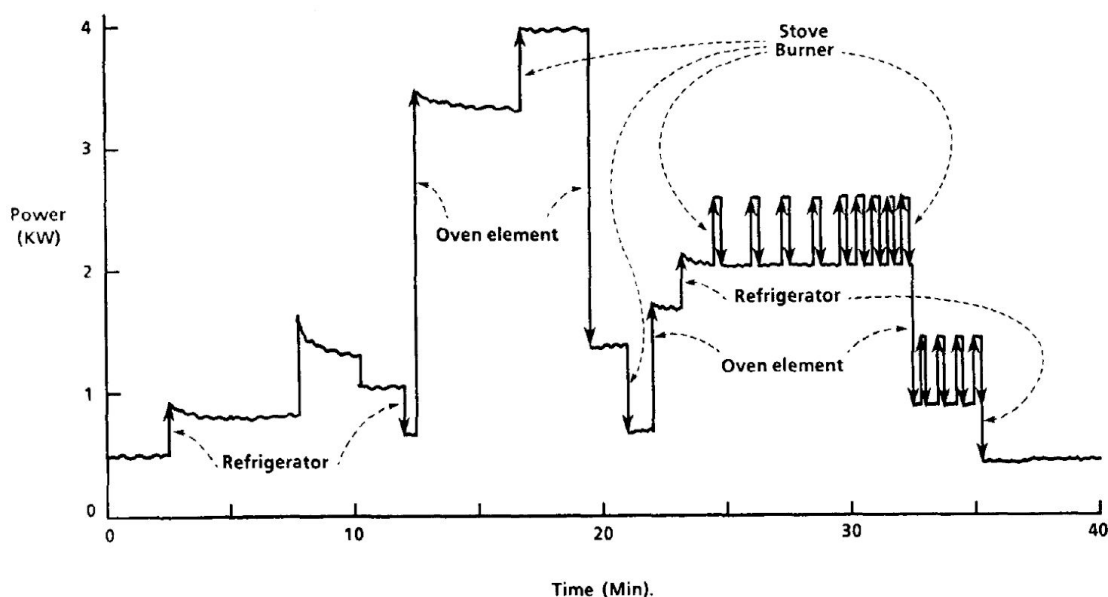
Figur 3.6.1.3b: Nonintrusive Appliance Load Monitoring (NIALM).

Den enkleste måten å overvåke strømforbruket til alle apparater er å utstyre dem med individuelle strømmålere. Intrusive Load Monitoring; ILM metoden er mer nøyaktig når det gjelder å måle individuelt energiforbruk enn NILM. Det er lite hensiktsmessig å bruke ILM for bredde applikasjoner på grunn av sine ulemper: høye kostnader, installasjons kompleksitet og flere sensorer konfigurasjoner. Bruk av ILM medfører behov for en individuell måler for hvert overvåket apparat. Det betyr at det blir en økning i kostnadene for målesystemet og behov for samling av data i en sentral enhet. I tillegg vil selve energimåleren bruke en viss mengde energi.

På grunn av ovennevnte og andre lignende årsaker, vil det være fornuftig og rimelig å bruke NIALM system over Intrusive Appliance Load Monitoring IALM. Dermed er NIALM en effektiv metode for energi segmentering. Den bruker en enkelt energimåler for strøm forbruk

av individuelle apparater. Nonintrusive load monitoring (NILM), eller nonintrusive appliance load monitoring (NIALM), er en prosess for å analysere endringer i strøm og spenningen som går inn i et hus, og deretter detektere hvilke apparater som er tilkoblet, samt deres energiforbruk.

NIALM tillater oppdeling av det totale strømforbruket til bestemte apparater i hjemlige eller industrielle miljøer. Behandling av det elektriske signalet som vi skaffet oss i et overvåket område vil være basen for the funktionen til NIALM systemer. Vi bør ha informasjon om individuelt energiforbruk ved hver av de spesielle apparater som vi bruker i det smarte hjemmet / bygningen, slik at vi kan ha en oversikt over energiforbruket med apparater. Non-intrusive Appliance Load Monitoring (NIALM) er viktig i energiledelse på en slik måte at det tillater å få energi utnyttet av individuelle apparater som er basen for strategisk planlegging av optimal energibruk, energisparing og dermed redusere kostnader og sikre bærekraft.



Power versus time (total load) shows step changes due to individual appliance events.

Figur 3.6.1.3: Effekt som funksjon av tid (total last)

Figur 3.6.1.3 viser trinnendringer på grunn av endringer i individuelle apparater. Fra Hart (1992) [\[11\]](#).

Hvis effekt signalene fra de aktive apparater som samles ved utgangspunktet til måleren er $P(t)$, så kan den defineres matematisk som:

$$P_i(t) = p_1(t) + p_2(t) + p_3(t) + \dots p_n(t)$$

hvor

$$P_i$$

er effektforbruket til individuelle apparat, og n er det totale antall aktiv apparater i tidsperioden t .

For NILM er det generelt enkelt å oppdage apparater med to tilstander, for eksempel en bordlampe. Men NILM har også noen ulemper. For det første er det vanskelig for NILM å identifisere apparater med flere tilstander som vaskemaskiner. For det andre er det ikke lett å identifisere apparater med kontinuerlig tilstand, for eksempel dimmede lys, og apparater med konstant strøm som røykvarsler blir enda mer vanskeligere. I tillegg krever NIALM system mer komplekse algoritmer for å analysere, fordele, klassifisere og tilordne strømforbruk til passende apparater. Disse er en av de viktigste forskjellene mellom NIALM og IALM system.

3.6.2 NIALM Prosess

Individuelle verdier av strømmer på grunnlag av karakteriske parametere for strøm, spenning og kombinasjon av signalene kan identifiseres ved elektrisk signalanalyse. Dataene som er samlet inn om bølger gjør det mulig for oss å bestemme de enkelte apparatets tilstander og respektive energiforbruk. Dermed er en av de vanskelige utfordringene i dette systemet er å utvikle den beste signalanalysen av NIALM som gjør det mulig å identifisere tilstanden til elektriske apparater.

Noen av de grunnleggende prosessene som skal bli utført i NIALM systemene for å identifisere og overvåke av individuelle elektriske apparater i et elektronisk nettverk er diskutert nedenfor. Det er ulike metoder for NIALM system. De grunnleggende kan bli deles

i: datasamling (data acquisition), funksjonsekstraksjon (feature extraction) og apparat identifikasjon (appliance identification).

NIALM systemet samler verdier fra strøm- og spenningssensorer med en definert samplingsfrekvens. De karakteriske verdier oppnådd fra målinger kan være slik som gjennomsnittlig effekt, Root Mean Square (R.M.S.) effekt, harmonikk av strøm og andre lignende verdier. De individuelle overvåkede apparater har sine unike egenskaper.

De innsamlede dataene skal behandles for å analysere de elektriske parameterne for eksempel, aktiv og reaktiv effekt. Deteksjonen av hendelser som endring av tilstand til apparatet. PÅ/AV-overgang (ON-/OFF transition) av apparater identifiseres ved å måle endringene i effektnivået. Hendelsene kan klassifiseres som 'steady-state' eller 'transient-state' som det er nevnt i noen av litteraturen (Jin og Tebekaemi, 2011; Leslie K. Norford, Steven B Leeb, 1996). ([16] og [17]). Tilstandsendringen i en enhetsfunksjoner kan oppdages, og sine funksjoner kan identifiseres i forskjellige tilstander.

- Stasjonær tilstand (Steady-state)

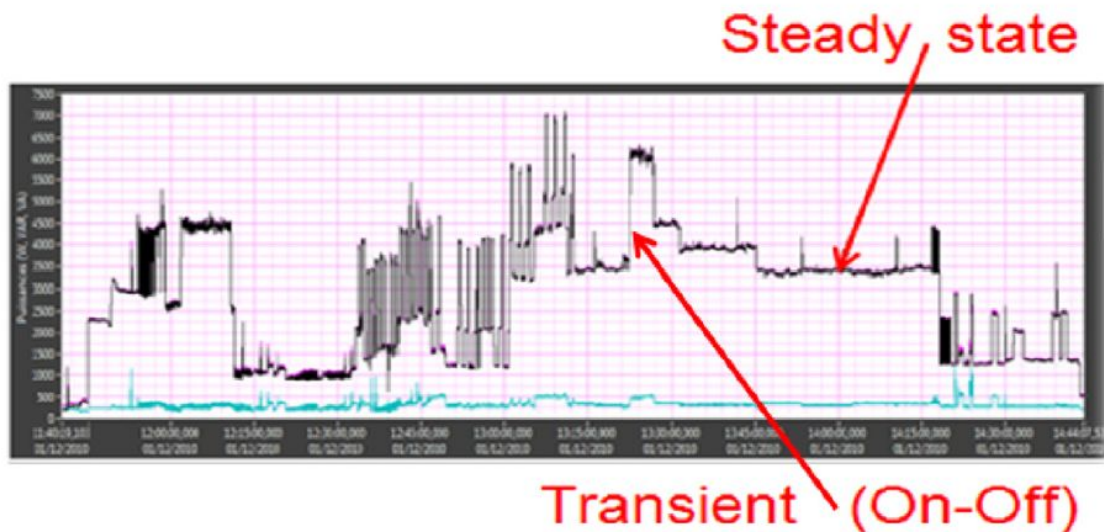
Stasjonær tilstand er tiden da et apparat fungerer normalt. Denne metoden kan identifisere apparater basert på variasjoner i stabilitetsendringer. Apparatet slås PÅ eller AV under bruken, og følgelig kan endring i stasjonær tilstand av parametere, slik som reell og reaktiv effekt fra høy til lav verdi, identifiseres.

- Ikke-stasjonær tilstand (Transient-state)

Den ikke-stasjonære metoden kan identifisere de kortvarige signaturene. Ikke-stasjonær tilstand er varigheten mellom to stasjonære tilstander. Den kan trekke ut funksjonene som inkluderer størrelse, form, varighet og harmoniske bølger. Funksjonene for ikke-stasjonær tilstand kan identifiseres når belastningen endrer seg. Mange av induktive apparater har ikke-stasjonære tilstander når de er slått PÅ eller AV. Denne metode krever en høyere samplingsfrekvens (Zeifman og Kort, 2011). [18].

- Ikke-tradisjonelle tilstand (Non-traditional State)

Funksjonene som kan identifiseres ved ikke-tradisjonelle tilstander kan være temperatur, lysfølelse, øyeblikket av tilstandsendringer og peak tider.



Figur 3.6.2.1: Stasjonær og ikke-stasjonær strømmåling. Figur lånt fra Cyril (2016)

Apparatidentifikasjons algoritmer hjelper oss med å analysere apparatfunksjoner ytterligere for å oppdage spesifikke for et apparat fra den aggregerte målingen.

Ved å identifisere driftsstatus til apparatur, foreslo Zeifman og Roth (2011) apparater kan kategoriseres basert på deres operasjonelle tilstander. Disse kan være:

- PÅ/AV Apparater
- Finite State Machine (FSM)
- Kontinuerlig tilstandsmaskin
- Permanente forbruksenheter
- Ikke-tradisjonell tilstand (Non-traditional State)

PÅ/AV (ON/OFF) apparater.

I denne kategorien har apparater to forskjellige driftstilstander; PÅ og AV. Det betyr at apparatene er med bare to tilstander for drift; PÅ/AV. Dette er en god modell for de fleste husholdningsapparater. Brødrister, lyspære, en bordlampe eller vannpumpe kan være noen eksempler for denne kategorien.

Finite state machine (FSM)

Denne kategorien inkluderer apparater med flere tilstander med et begrenset antall driftstilstander. Hele fullstendig syklusen gjentas ofte i den daglige eller ukentlige hendelsesyklusen. Eksempler kan være vaskemaskin eller tørketrommel.

Kontinuerlig variabel enhets (Continuously variable devices)

Dette er enheter uten periodisk mønster med endrede tilstander. De er enheter med variabel effekt, og uten faste antall tilstander. Dermed er det vanskelig for NILM metod å skille ut disse typene av apparater fra last målingene. For å gi noen eksempler, kan vi nevne justerbare lys, dimmer lys, og batteriladere.

Permanente forbruker (Permanent consumer)

Zeifman og Roth (2013) har forklart den fjerde typen av apparater som forblir aktive hele dagen eller uker som bruker energi med konstant hastighet. Det kalles permanente forbruker enheter. Disse enhetene blir aktiv alltid på; for eksempel røykvarsler, telefonapparater og kabel-TV-mottakere.

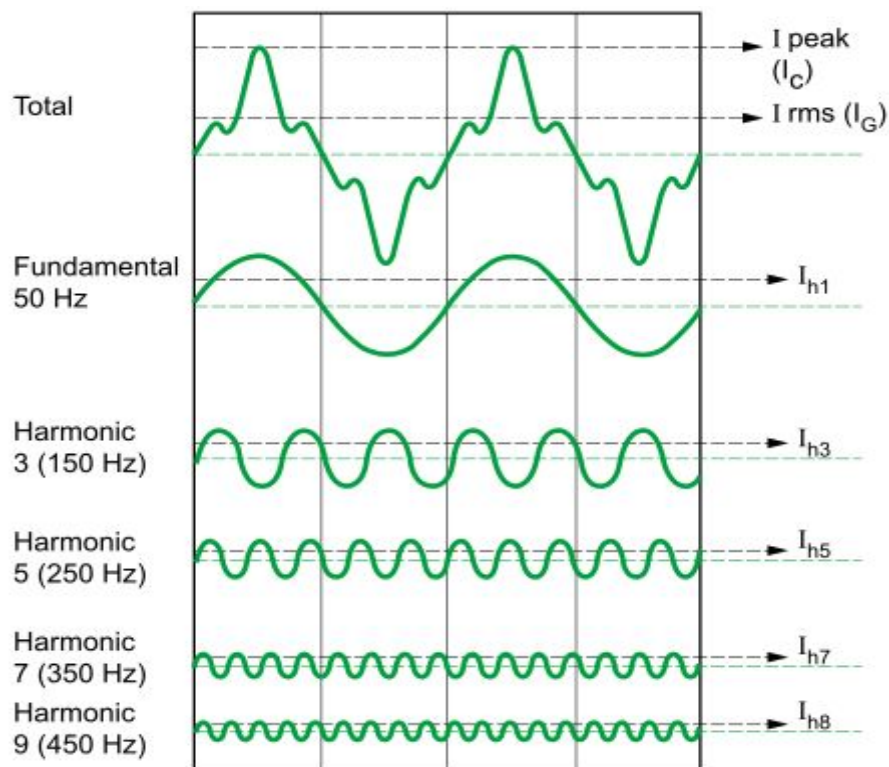
3.6.3 Apparat signaturer (Appliance signatures)

Ifølge Hart (1992) kan vi definere et apparat signatur som en målbar parameter av den totale belastningen som gir informasjon om tilstanden eller driftstilstand til et individuelt apparat i lasten. De analyserte signaturene er klassifisert i to kategorier: tradisjonelle signaturer og ikke-tradisjonelle signaturer. De tradisjonelle signaturer er bestående av stasjonær tilstand og ikke-stasjonær tilstand.

Elektriske signaturer er karakteristisk informasjon om elektriske apparater som kan brukes til å identifisere apparater (Cyril, 2016). De karakteriske egenskaper er strøm, effekt, effektfaktor, underharmonisk og lignende. Stasjonær-tilstand-signaturer er stasjonære funksjoner som kan identifiseres under stabil drift av apparatene. Disse signaturene er endringene i interessante funksjoner i det elektriske nettverket etter skru PÅ og AV hendelser. Mens ikke-stasjonær tilstand er varigheten mellom to stasjonær tilstander.

3.7 Total Harmonic Distortion (THD)

Total Harmonics Distortion, fremtrer på det elektriske nettet som en forvrengning av den rene sinuskurven i strøm og spenning. Denne forvrengningen, oppstår i elektriske installasjoner som inneholder ikke-lineære komponenter. En komponent, regnes som ulineær, dersom den ikke er rent resistiv, det vil si at den består blant annet av en rekke dioder og kapasitanser, med andre ord, komponenter som inneholder elektronikk. Når en komponent ikke er rent resistiv, vil formen på utgangssignalet ikke være lik formen på inngangssignalet, det har dermed skjedd en forvrengning. Fourier teoremet tilsier at den totale harmoniske forvrengingen, kan deles opp i alle sine harmoniske komponenter. Dette ved analyse av DC-komponenter, frekvens, R.M.S.verdier, og faseforskyvning, kan man finne de enkeltharmoniske komponentene som det totale utgangssignalet består av, man kan også finne hvor stor andel hver enkelt harmonisk komponent utgjør.



Figur 3.7.1: THD og underharmoniske komponenter.

Fra figuren over kan man se hvordan den rene sinusformede strømkurven blir forvrengt, når den består av 1. - 8. underharmoniske komponenter. Ved hjelp av Fourier, har man her, delt

den totale forvrengingen av signalet inn i sin hovedkomponent, og de tilhørende underharmoniske.

I Norge har det siden slutten av 1980-tallet vært en stadig økende mengde av komponenter i bygg og andre installasjoner, både i lavspenningstallasjoner og i kraftelektronikken, som inneholder elektronikk. Det har ført til at det blir stadig mer THD i det elektriske nettet. THD har med det blitt et økende problem, ikke bare i Norge, men også resten av verden, da det kan medføre en økt belastning på kabel og utstyr. I elektriske induksjonsmotorer, vil det på grunn av de ulike harmoniske komponentenes frekvens, kunne oppstå magnetfelt, som går motsatt vei av hovedmagnetfeltet, som vil være en stor belastning på motoren. Ved harmonisk vregning vil en også kunne få langt høyere strømtopper slik som i figuren over, som vil øke belastningen på utstyret. Dette fører igjen til at det stilles stadig strengere krav til leveransen av en ren, uforvrengt strøm- og spenningskurve fra kraftprodusentene.

Underharmoniske komponenter bringer ikke bare negative sider med seg i elsystemer, det åpner også for en unik mulighet til å registrere mønster hos ulike individuelle apparater, men også i nettet samlet. Ingen ikke-lineære apparater er helt like, hver enkelt apparat har en egen signatur, når det kommer til underharmoniske komponenter. Dette betyr at, dersom man kan måle den totale harmoniske forvrengningen på et nett, skal det teoretisk sett være mulig å dele den inn i sine komponenter, og på den måten se hvilket utstyr som er tilkoblet strømmettet. For å kunne finne de ulike apparatene, må man kunne finne sammensetningen av harmoniske frekvenser, det vil si at man må kunne måle:

- Effektfaktoren
- Aktiv effekt og reaktiv effekt
- Faseforskyvningen
- R.M.S. verdier for strøm og spenning
- Harmoniske verdier / n harmonisk.

Dersom man får gode målinger fra kursen måleren er koblet til, kan man ved å kombinere ovennevnte parametere bør man kunne detektere enkeltkomponenter, i et Machine Learning oppsett, der man benytter clusterdanning for å bestemme hvilke apparater som er på og

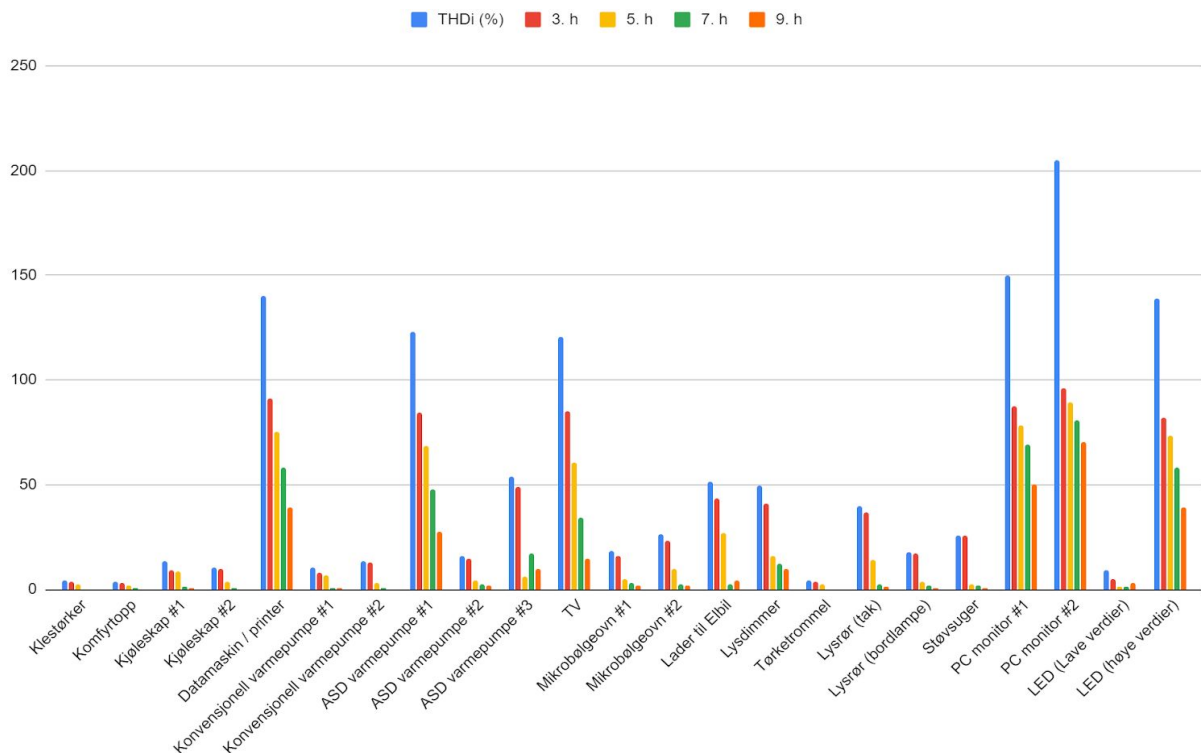
bruker energi. Det virker imidlertid til at det kan være vanskelig å detektere spesifikke apparater, da signaturen til enkelte, vil være noe lik, slik som grafen og tabellen under viser.

Apparat	THD_i (%)	3. h	5. h	7. h	9. h
Klestørker	4,6	3,9	2,3	0,3	0,3
Komfyrtopp	3,6	3	1,8	0,9	0,2
Kjøleskap #1	13,4	9,2	8,9	1,2	0,6
Kjøleskap #2	10,4	9,6	3,7	0,8	0,2
Datamaskin / printer	140	91	75,2	58,2	39
Konvensjonell varmpumpe #1	10,6	8	6,8	0,5	0,6
Konvensjonell varmpumpe #2	13,2	12,7	3,2	0,7	0,2
ASD varmpumpe #1	123	84,6	68,3	47,8	27,7
ASD varmpumpe #2	16,1	15	4,2	2,3	1,9
ASD varmpumpe #3	53,6	48,8	6,3	17	10,1
TV	120,8	85	60,6	34,6	14,6
Mikrobølgeovn #1	18,2	15,7	5,1	3,2	2,1
Mikrobølgeovn #2	26,4	23,3	9,6	2,2	1,6
Lader til Elbil	51,7	43,2	26,9	2,6	4,2
Lysdimmer	49,7	41,2	16	12,1	10
Tørketrommel	4,6	3,9	2,3	0,3	0,3
Lysrør (tak)	39,5	36,9	13,8	2,3	1,4
Lysrør (bordlampe)	17,6	17,1	3,4	2	0,6
Støvsuger	25,9	25,7	2,7	1,8	0,4
PC monitor #1	149,7	87,3	78,6	68,9	50,5
PC monitor #2	205	95,8	89,2	81	70,2
LED (Lave verdier)	9,2	4,8	1	1	2,8
LED (høye verdier)	139,2	81,9	73,6	58,3	38,9

Tabell 3.7.1: Tabell over THD verdier.

THD_i (%), angir den totale forvrengningen av strømkurven. %verdiene som varierer mellom 3,6% og 205% angir i hvor stor grad strømkurven er forvrengt. Dette er forholdet mellom den grunnharmoniske komponenten i strømkurven, og den forvrengte kurven. 3.h - 9.h angir hvor stor andel de enkelte underharmoniske komponenten den totale forvrengingen

består av. For eksempel kan man se at TV apparat, har en total forvrengning på 120,8%, hvor 3. harmoniske utgjør 85%, 5. harmoniske utgjør 60,6% osv.



Figur 3.7.2: Graf over THD verdier. Verdiene i tabell 3.7.1, tallene er hentet fra [3] og [4].

Fra grafen kan man se, at bare ved å måle de totale harmoniske verdiene og de enkelte harmoniske komponentene som de ulike apparatene sender ut, danner det seg et bilde over hvordan apparatene skiller seg fra hverandre. Her kan man se at som forventet, har rent resistive laster, som klestørkeren og komfyrtoppen, omtrent ingen harmoniske verdier (0 - ca 5%). Man legger merke til at komponenter med mye elektronikk, da spesielt datamaskiner og printere har svært høye THD verdier. Mens lys og komponenter med lite elektronikk, som mikrobølgeovn og lys, legger seg i et midtsjikt. Om man tar i bruk metoder for NILAM, som hovedsakelig tar i bruk målinger av energi, strøm og spenning, kan det være mulig ved hjelp av målinger av THD i et machine learning system, kan det være mulig å detektere eksakt hva man bruker strøm på, og hvilke apparater som er på.

4. Metode

Når man samler inn data til en rapport eller artikkel, er det vanlig å skille mellom kvantitative metoder, og kvalitative metoder. Kvantitative metoder omhandler oftest data som omhandler ting som er målbart, eller kvantifiserbart. Det vil si data, som spenning, strøm og frekvens. Altså ulike kvantiteter. Som en del av kvantitative metoder gjøres det ofte naturvitenskapelige observasjoner og målinger, som til slutt ofte ender med en form for statistikk. Den kvantitative metoden er vanligst innenfor naturvitenskap, og det legges stor vekt på nøyaktighet, og standardisering, slik at arbeidet skal kunne gjentas av uavhengige parter. En annen metode som det er vanlig å skille mellom, er den kvalitative metoden. I motsetning til den kvantitative metoden, som hovedsakelig går på observasjoner og målinger, benyttes den kvalitative metoden i større grad om analyser og forståelse av et tema. I en kvalitativ innhenting av data, ser man gjerne på tidligere studier, som publiserte artikler og rapporter, for å opparbeide seg en forståelse av arbeidet, og til grunnlag for en analyse. Den kvalitative metoden bygger derfor på tidligere erfaringer, og ikke direkte målinger, men kan være indirekte knyttet til målinger. I likhet med den kvantitative metoden, er arbeidet i den kvalitative metoden også basert på nøyaktighet og standardisering. Ved bruk av begge metoder, men kanskje enda mer med en kvalitativ metode er det viktig at man kan stole på dataen man tar i bruk. Det er derfor svært viktig at man tar seg tid til å reflektere over de dataene man måler, eller det man leser i en artikkel. Gir det mening, og kommer det fra en troverdig kilde. Det er viktig at man jevnlig kontrollerer det måleutstyret man bruker, for at man kan være sikker på at det ikke måler feil. Samtidig må man stille seg kritisk til det man leser. Å opprettholde en god kildekritisk tankegang er bra, og sikrer at innholdet i rapporten man skriver, er godt ok til å stole på.

Dersom man bruker en kvantitativ metode har man muligheten til å skape statistikk, som representerer et fenomen, for eksempel en folkegruppe, via f.eks en folkeundersøkelse, for at man skal kunne få gode data, med et sterkt grunnlag i en kvantitativ metode, er det nødvendig med et stort datagrunnlag, ofte over tid. Skal man lage et system for styring av bygg, basert på måledata fra nettanalysatorer, vil det være behov for store data, slik at det kan danne seg et nøyaktig bilde. Dette medfører også en ulempe, siden det trengs et stort datagrunnlag, er det lett for at det kan oppstå feil, eller man kan miste vesentlig informasjon,

som kan være viktig for en bedrift, hvis samlingen av målinger ikke er stor nok, eller ikke gjort nøye og systematisk. Bruker man en kvalitativ metode, har man muligheten til å skape nytt innsyn i eksisterende forskning, som kan springe ut i nye ideer. Den kvalitative metoden er ofte mye mindre tidkrevende enn den kvantitative, da man ofte kan komme til en konklusjon raskt, fordi det allerede er gjort kvantitative undersøkelser. Når man bruker den kvalitative metoden går man ofte i dybden, av et tema. Som regel vil man ikke kunne få definitive konklusjoner fra kvalitative undersøkelser, da det ofte vil være vanskelig å standardisere, i tillegg kan ikke dataene i en kvalitativ metode gjøres om til tall.

Når vi har jobbet med å samle inn informasjon til denne oppgaven, har vi hovedsakelig benyttet kvalitative metoden. For det meste har vi sett på publiserte artikler og bøker, som handler om lignende temaer som bacheloroppgaven vår. Deretter har vi hentet ut relevant informasjon, som vi kan bruke til oppgaven vår. Selv om den kvalitative metoden er dominerende i bacheloroppgaven, baserer det meste av kildene vi har brukt, på kvantitative metoder, slik som i Das, J.C (2017) [\[3\]](#), hvor det ble gjort målinger på underharmoniske strømmer på ulike komponenter. Derfor kan man si at denne oppgaven bygger på både kvantitative metoder og kvalitative metoder.

Når vi til slutt skulle velge måler, brukte vi informasjonen vi hadde funnet fra lignende temaer, for å se hvilke verdier som man trenger. Med det vi fant ut, kunne vi utarbeide en kravspesifikasjon for et energimålingssystem. Det vi fant ut at vi trengte fra måleren brukte vi når vi sammen med våre veiledere etterspurte råd fra produsentene Carlo Gavazzi og ABB, slik at vi kunne finne en måler som passet til vårt formål.

Vi valgte å bruke den kvalitative metoden da vi jobbet med oppgaven, fordi det ville tatt for lang tid og for omfattende om vi kun skulle startet en egen studie, dog var det i oppstartsfasen, en plan for å få installert en måler i bygget til NINA i Trondheim, men på grunn av Covid-19 situasjonen ble oppgaven endret. I samråd med våre veiledere på NTNU og hos GK, gikk denne praktiske delen bort.

5. Diskusjon

Gjennom oppgaven vår har vi presentert ulike temaer, som vi mener er relevante og viktige i forhold til problemstillingen vår, slik at vi kan gi et godt svar på den. Vi startet med å se på hva som kreves av energimålinger, og hvilke krav som finnes til energiforbruk. Da fikk vi bedre oversikt over hva som trengs. Per dags dato, finnes det ingen ferdig utviklede løsninger for energimålinger, det meste som finnes er på forskningsnivå, eller i en utviklingsfase. Videre i rapporten har vi sett på forskjellige verktøy en måler kan ha, men også prosesser for avansert analyse av målinger og bruken av kunstig intelligens. Til slutt i rapporten, så vi på hvordan underharmoniske frekvenser arter seg i forskjellige komponenter i et bygg, og hvordan det kan utnyttes.

Som nevnt tidligere i rapporten, er det et voksende behov for energi i norske bygg. Det vi ser, er at ved hjelp av effektiv og nøyaktig energimåling, var at man kan spare mye energi, ved å styre forbruket mer effektivt, da gjerne med hjelp av smarte målere og systemer. Blant annet kom det i 2019, krav om smarte målere i boliger. Dette er et uttrykk for et økende fokus på effektivt energiforbruk og energimåling. Ved hjelp av smarte systemer, kan vi nå mål om økt bærekraft.

De målerne vi har vurdert ser ut til å ligge på forskningsnivå. Dette ser ut til å være nødvendig for å oppnå den ønskede, og nødvendige, nøyaktigheten. Også med tanke på alle de forskjellige dataene som skal måles og kravene til nøyaktighet og samplingsfrekvens, må målere på dette nivået benyttes for å gjøre en så god analyse som mulig.

Samtidig som vi trenger en god og nøyaktig måler, er det viktig at vi velger en kommunikasjonsprotokoll, som kan overføre store datamengder, på en rask og sikker måte. Det vi har funnet er at det er flere forskjellige protokoller med forskjellige arbeidsområder som er applikasjon transport, adressering, og fysisk kobling. Kommunikasjonsprotokoller har et sett med regler om overføring av informasjonen for å sikre at informasjonen som blir sendt mottas og blir ikke tapt. Kommunikasjonsprotokoll som måleren skal bruke er TCP/IP som er en protokoll suit. TCP/IP protokollen skal gi muligheten til at informasjonen fra måleren kan

gå over til nettverket og da skaper vi en fungerende kommunikasjon mellom måleren og skyløsning.

Tidligere er det blitt nevnt at en økning i energiforbruk og etterspørselen etter elektrisitet og energiforbruk i verden på grunn av befolkningsvekst og økende inntekt. Det er derfor viktig at man bør ta nødvendige tiltak for å løse de problemene som knyttet til energimangel, kostnader, effektivitet, bærekraftig utvikling og o.l. Når vi tar hensyn til øvrige omstendigheter, er bruk av NILM system, som bruker et måleutstyr, en av de beste tiltakene som vi kan ta i betraktning. NIALM tillater oppdeling av det totale energiforbruket til bestemte apparater som vi bruker i et hus/bygg. Dermed er det fornuftig og rimelig å bruke NILM/NIALM system som er effektiv metode for energisegmentering i et hus/bygning. Forbrukeren får all nødvendig informasjon om sitt strømforbruk, slik at de kan spare energi, optimalisere energiforbruk og redusere kostnader. NILM/NIALM, kan derfor være et godt verktøy som en del av styringen til et bygg. NILM har flere fordeler som er nevnt tidligere, men det har også noen ulemper: vanskeligheten å identifisere apparater med flere tilstander, apparater med kontinuerlig tilstand og apparater med konstant strøm. I tillegg krever NILM system mer komplekse algoritmer for å analysere, fordele, klassifisere og tilordne energiforbruk til apparater.

Når vi har sett på hvordan forskjellige komponenter sender ut forskjellige underharmoniske komponenter, skjønner vi at dette er data som kan brukes i en analyse, sammen med konvensjonelle verdier. Dette er fordi hvert enkelt apparat ser ut til å ha en unik signatur, spesielt når man ser det i sammenheng med strøm og spenning.

Vi mener at de forskjellige verktøyene vi har vurdert, kan kombineres i et system for Machine Learning. Får man til det, kan man trolig kunne øke automatiseringen av et bygg/bolig ganske betraktelig. I tillegg vil en slik detaljert analyse, kunne føre til at man får oversikt over hvilke områder man bruker mest energi på, slik at man kan redusere forbruket i dette området. Hvis det for eksempel er et bygg der det brukes mye mer energi til lys i en etasje enn en annen, så vil dette systemet vise det. Da kan man fokusere innsatsen på den etasjen i stedet for hele bygget. På denne måten kan man få mer effektiv energisparing, uten unødvendig store ombygginger av el-systemet. En slik dyp analyse, ved hjelp av Machine

Learning, kan man få muligheten til å se eksakt hva man bruker energi på, ned til komponentnivå. Da vil det være lettere å gjøre kutt der det har størst påvirkning til energiforbruket. Men slik som med NILM/NIALM, har et slikt system høye krav til maskinvare og programvare, da man må kunne behandle store datamengder, svært raskt, noe som kan gjøre det dyrt i drift.

Hva betyr dette for samfunnet? Om man ser på et normalt forbruk til et næringsbygg, ligger varierer det mellom 200 og 350 $KWh/m^2\text{år}$. Hvis man finner et godt system for nettanalyse, som vi diskuterer i denne rapporten, kan man spare ca 30% av sitt nåværende energiforbruk. For et næringsbygg på 200-350 $KWh/m^2\text{år}$, er dette en innsparing på ca 60 -105 $KWh/m^2\text{år}$. I en gjennomsnittlig moderne bolig, ligger forbruket på ca. 20 - 25 $KWh/m^2\text{år}$. Man vil da kunne spare ca 6 - 7,5 $KWh/m^2\text{år}$. Strømprisen varierer mellom ca 40 øre pr KWh og 1Kr pr KWh . (Ifølge SSB) [38]. Inkludert avgifter og nettleie ligger den totale strømprisen på 80 - 140 øre pr KWh . For et næringsbygg, på 5000 m^2 , vil man kunne få en innsparing i området 240000kr - 420000 kr, avhengig av om man benytter høyeste eller laveste prisnivå i beregningene. For boliger på 150 m^2 , blir det en innsparing på ca. 720 - 1260 kr pr år. Det er viktig å huske at disse beregningene er basert på tall med mye usikkerhet, derfor får vi et såpass stort sprik i innsparing. Vi kan se at energisparingen er ganske betydningsfull, men også økonomiske sett, spesielt i næringsbygg. Per dags dato, er det mange som spår at strømprisen vil øke, samtidig som komponent kostnader ser ut til å synke, det vil av den grunn være mulig for innsparinger i det øvre sjiktet av våre beregninger.

Finnes den måleren vi trenger?

Dette spørsmålet er det ikke et enkelt svar på. Et kort svar kunne vært ja, da det finnes, men dette er målere til laboratoriebruk, slik som målere i Fluke 430 serien, dette er en type måler som har langt høyere samplingsrate, og noe høyere nøyaktighet, enn de målerne vi har sett på hos Carlo Gavazzi og ABB. I tillegg er målere av denne typen (Fluke 430) ikke godt tilpasset fast montering, og er svært dyr. Den er derfor ikke egnet til praktisk bruk i reelle el-anlegg. Fra det vi har lest, og fra vår forståelse, er de kravene som stilles til slike målere svært høye. Det betyr at det bare er et fåtall av tilgjengelige målere til denne bruken. De målerne vi har sett på hos Carlo Gavazzi og ABB, kommer nære våre krav, men de treffer ikke helt.

Med de temaene vi har diskutert i denne oppgaven, og det vi har funnet, tror vi det kan være nyttig å bruke disse funnene til en praktisk undersøkelse eller et laboratorieeksperiment, slik at man får testet funnene våre skikkelig. Da vil man finne ut om den måleren vi velger i denne rapporten, er god nok. Skulle det vise seg at det som ikke finnes på markedet allerede er bra nok, kan det være interessant å se om man kan få utviklet rimelige målere, med høyere sampling og nøyaktighet. Dette ser vi for oss kan være et samarbeid mellom entreprenør og produsent. Samtidig vil vi anbefale å undersøke videre, hvordan dataene skal samles inn i en skyløsning som GK Cloud. Til dette tror vi det kunne være en ide å ta i bruk studenter fra NTNU, for å finne gode løsninger for skyløsningen og overføringen av dataene.

6. Konklusjoner

Etter å ha diskutert nøye ulike temaer i denne rapporten, har vi kommet fram til følgende konklusjoner, som skiller seg ut spesielt, og som vi anser som våre viktigste funn.

- NILM: Metoden for Non Intrusive Load Monitoring er en viktig metode viktig, fordi den beskriver detaljert hvordan man kan detektere enkeltapparater i et bygg, med samplingsfrekvens i kHz området, ga denne metoden best resultat.
- THD / apparatsignaturer: Basert på målinger og forsøk som er beskrevet i Das, J. C. (2017) [3] og Mathisen, D. (2015) [4], viser en klar signatur i apparaters emisjon av underharmoniske frekvenser, i kombinasjon med hvor mye strøm hvert enkelt apparat trekker, slik at de er detektbare.
- Machine Learning: En såpass detaljert analyse av et forbruk i et bygg som vi presenterte i denne oppgaven, ville ikke vært mulig uten en form for Machine learning, da oppgaven med å analysere de enorme mengder data det krever, er tilnærmet umulig å gjennomføre for hånd.
- Målenøyaktighet og samplingsfrekvensen: Det siste konklusjonen vi ønsker å ta med, er viktigheten av en høy målenøyaktighet i området $\pm 0,1\%$ for strøm og spenning og $\pm 1\%$ for øvrige verdier. Vi fant også ut at man må holde seg på et middels høyt samplingsnivå på over 1 kHz.
- Bestemme hvilken måler vi anbefaler:
Etter å ha diskutert om hvilken måler, som kunne passet kantinen i NINA med Ola. B. Eliseussen produsent fra Carlo Gavazzi AS, og Christian Eklind, produktmarkedsføring spesialist fra ABB kom vi opp med to forslag. WM20 og WM40 energimålere fra Carlo Gavazzi. Ved å sammenligne de to målere fant vi ut at WM20 med kommunikasjon protocol MCBACIP som er måleren som blir valgt. Valgt støttes ved at WM20 i forhold til WM40 er veldig like i kvalitet av måling, men WM20 koster mindre og har færre alternativer av kommunikasjon opsjoner enn WM 40 som er noe vi har ikke bruk for. Derfor er det WM20 som er måleren vi har konkludert med, da den kommer nærmest de kravene vi har stilt.

7. Bibliografi

- [1] (2019, desember). *Power harmonics management*. Hentet fra: <https://bit.ly/3cE5tqC>
- [2] Fornieles, F. (2006). *PROCEDURE FOR THE STUDY AND THE ANALYSIS OF HARMONIC DISTURBANCE* Hentet fra: <https://bit.ly/32ZE66i>
- [3] Das, J.C. (2017). *Harmonic Generation Effects Propagation and Control, Power systems handbook* (Vol. 3). New York: CRC Press.
- Side. 51, tabell 1.11 Residential loads and Whole House Harmonics Current Situation
- [4] Mathisen, D. (2015, juni). *Konsekvenser av overharmoniske strømmer og spenninger fra elektronisk utstyr i lavspenningsanlegg*. (Mastergrad). NTNU, Trondheim.
- [5] GK Norge. (2018). Hentet fra: <https://bit.ly/2U7dWM3>
- [6] Wikipedia. (2019, november). *Kvadratisk gjennomsnitt*. Hentet fra: <https://bit.ly/2WuCpfl>
- [7] Norsk institutt for naturforskning. (2020). *Norsk institutt for naturforskning*. Hentet fra: <https://www.nina.no/Om-NINA>
- [8] Wikipedia. (2020, februar). *Nonintrusive load monitoring*. Hentet fra: <https://bit.ly/2J48W4s>
- [9] NTNU. (2020). *Om NTNU*. Hentet fra: <https://www.ntnu.no/om>
- [10] Store Norske Leksikon. (2019, august). Hentet fra: <https://snl.no/TV>
- [11] Hart, G.W (1992). *Nonintrusive appliance load monitoring* Hentet fra: <https://bit.ly/2ULUDqP>
- [12] Wójcik. A; Łukaszewski. R; Kowalik. R; Winiecki. W.. (2019). *Nonintrusive Appliance Load Monitoring: An Overview, Laboratory Test Results and Research Directions, MDPI*. Hentet fra: <https://bit.ly/2vMEIw7>
- [13] U.S. Energy Information Administration(2019). *International Energy Outlook 2019* Hentet fra: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>
- [14] VVSaktuelt (2017). *Energimåling er et krav*. Hentet fra: <https://bit.ly/2TI18eA>
- [15] Byggteknisk forskrift. (2020) *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Hentet fra: <https://bit.ly/3cOHTaX>
- [16] Jin, Yuanwei; Tebekaemi, Enive; Berges, Mario; Soibelman, Lucio (2011). *Robust adaptive event detection in non-intrusive load monitoring for energy aware smart facilities*. Hentet fra: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5947314>

- [17] Nordford, Leslie K.; Leeb, Steven B. (1996). *Non-intrusive electrical load monitoring in commercial buildings based on steady-state and transient load-detection algorithms*. Hentet fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0378778895009582>
- [18] Michael Zeifman, and Kurt Roth (2011). *Nonintrusive Appliance Load Monitoring: Review and Outlook*. Hentet fra: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5735484>
- [19] Regjeringen.no (2012). *Kort om OECD*. Hentet fra: https://www.regjeringen.no/no/tema/naringsliv/handel/ud_innsikt/om_oecd/id707180/
- [20] Snl.no (2020). *OECD* Hentet fra: <https://snl.no/OECD>
- [21] NVE-RME (2015) Smart metering (AMS). Hentet fra: <https://bit.ly/2x9TQIa>
- [22] Olje- og energidepartementet. (2019) *Forskrift om måling, avregning, fakturering av netjenester og elektrisk energi, nettselskapets nøytralitet*. Hentet fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-03-11-301/%5CT1%5Ctextsection+4-2>
- [23] Jacquemod, Cyril (2016). Low cost wireless current sensor for NIALM application, sciencedirect.com. Hentet fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924424716307038>
- [24] Nilsson, N.J. (1998, november). *Introduction to Machine Learning*. Stanford, California, USA: Department of Computer Science. Stanford University. Hentet fra: <https://ai.stanford.edu/~nilsson/MLBOOK.pdf>
- [25] Hurwitz, J. Kirch, D. IBM (2018). *Machine Learning for Dummies*. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc. Hentet fra: <https://www.ibm.com/downloads/cas/GB8ZMQZ3>
- [26] Wikipedia. (2020, april). *Communication Protocol*. Hentet fra: https://en.wikipedia.org/wiki/Communication_protocol#Standards_Organizations
- [27] Johnsen, R (2009, juni). *Om Kommunikasjonprotokoll*. Hentet fra: <https://snl.no/kommunikasjonsprotokoll>
- [29] Liseter, I.M, Rossen. E. (2018, februar). *OM HTML*. Hentet fra: <https://snl.no/HTML>
- [30] Nettrafikk.no (2015, mai). *Hva er HTTP*. Hentet fra: <https://nettrafikk.no/hva-er-https/>
- [31] W3Schools.in. (2020, april). *Types of Network protocols and Their Uses*. Hentet fra: <https://www.w3schools.in/types-of-network-protocols-and-their-uses/>
- [32] Wikipedia. (2020, januar). *Om flow control*. Hentet fra: [https://en.wikipedia.org/wiki/Flow_control_\(data\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Flow_control_(data))

- [33] Rouse. M. Rosencrance. L, Gerwig. K. (2020, februar). *TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)*
Henter fra:
<https://searchnetworking.techtarget.com/definition/TCP-IP>
- [34] Sander. K. (2019, november). Om TCP/IP. Hentet fra: <https://estudie.no/tcp-ip/>
- [35] Live: *Corona-viruset sprer seg i Norge og verden*. Hentet fra:
<https://www.vg.no/spesial/2020/corona/>
- [36] WHO. (2020, april). *WHO tidslinje*. Hentet fra:
<https://www.who.int/news-room/detail/27-04-2020-who-timeline---covid-19>
- [37] Carlo Gavazzi AS (februar 2020). *Måleutstyr for energi-/forbruksmåling og nettanalyse*. Hentet fra:
<https://gavazzi.no/wp-content/uploads/ENERGIPRODUKTER-02-2020revW1.pdf>
- [38] SSB (2020, februar). *Elektrisitetspriser*. Hentet fra:
<https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elkraftpris>
- [39] Nærings- og fiskeridepartementet. (2008) *Forskrift om krav til elektrisitetsmålere*. Hentet fra: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-12-28-1753/KAPITTEL_1
- [40] ASHRAE. (2020) *General Information*. Hentet fra: [General Information](#)
- [41] SNL. (2020, januar). *Om ANSI*. Hentet fra: <https://snl.no/ANSI>
- [42] Piscada. (2020). *Piscada* Hentet fra :<https://piscada.com/nb/>
- [43] BlombergNEF. (2018). *Global Energy Demand to Increase 57% by 2050*. Hentet fra:
<https://about.bnef.com/blog/global-electricity-demand-increase-57-2050/>
- [44] Carlo Gavazzi (2020, februar). *Kommunikasjon og overføring av måleverdier*. Hentet fra:
<https://gavazzi.no/overfore-maleverdier-og-kommunisere-med-pls-dataloggere-sd-anlegg/>
- [45] Newman, H. M. (1997, september). *The New Standard Protocol*. Hentet fra:
<http://www.bacnet.org/Bibliography/EC-9-97/EC-9-97.html>
- [46] Beal, V. (2019, april). *Layers of OSI Model*. Hentet fra:
<https://www.geeksforgeeks.org/layers-of-osi-model/>
- [47] Tech Differences. (2016, mars). *Difference Between TCP/IP and OSI Model*. Hentet fra: <https://techdifferences.com/difference-between-tcp-ip-and-osi-model.html>
- [48] Rouse, M. (2018, august). Hva er ASHRAE. Hentet fra: <https://searchdatacenter.techtarget.com/definition/ASHRAE>

8. Vedlegg

Vedlegg 1 Avansert energimåling

Avansert energimåling

Av: Hussein M. Hmayed, Ruben Archer, og Samir Huseen Ahimad

NTNU Institutt for elkraftteknikk

20.mai.2020

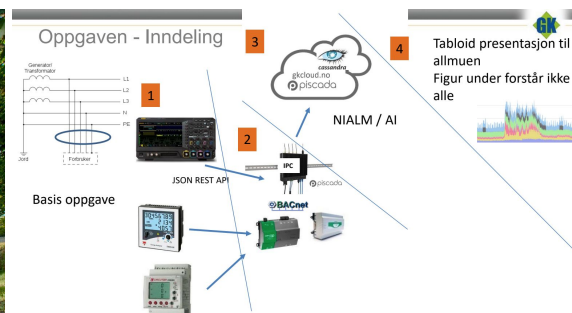
Introduksjon

En energimåler er et apparat som er installert i alle sikringskap og fordelingstavler. Den skal måle hvor mye elektrisk energi man bruker. Man tenker kanskje at dette bare er noe som nettselskapene har satt der for at de skal se forbruket vårt. Energimåleren kan også brukes av oss, slik at vi får en oversikt over hvor mye energi man bruker. I dag, selv om målerne er såkalte smarte målere, gjør de stort sett det samme som før, de måler det samlede energiforbruket for hele huset, eller leiligheten. Men hva om man

kunne se mer nøyaktig hva man faktisk bruker energi på? Man kan se for seg at man bruker unødvendig mye energi på lys, men hvordan skal man kunne vite det? Man ser på måleren man har i sikringsskapet, og ser at man bruker mer energi enn det man hadde forventet, men måleren man har viser ikke hvilke områder man bruker mest energi på. Det er dette problemet vi som en gruppe av studenter fra NTNU har samarbeidet med GK AS har prøvd å finne en løsning på, hva om måleren kunne si oss hvilke områder vi bruker mest energi på.



NINAs hovedkontor, NINA-huset, ligger på Gløshaugen, i Trondheim. Oppgave - Inndeling



Oppgaven

GK AS har fått en oppgave om å installere en energimåler i kantine i bygget til Norsk institutt for naturforskning (NINA), og med det har GK utfordret oss om å finne en avansert måler som kunne tilfredsstillende NINAs behovet for en energimåler som kan gi mer enn hva en vanlig energimåler kan gjøre.

For å finne et svar på om man kan se hvilke områder man bruker mest energi på, måtte vi ha en litt mer avansert måler, enn det man vanligvis har i sikringsskapet hjemme. For å gjøre dette, fant vi ut at man trenger å måle flere ting. Vanligvis bryr vi oss om strøm, spenning og effekt, men for å kunne gjøre det vi ønsker må vi måle mer, og det må måles mer nøyaktig. For eksempel fant vi ut at man måtte måle noe som kalles for THD. Det er en forkortelse for Total Harmonic Distortion, dette er en spesiell type elektrisk effekt, som oppstår når man bruker mange forskjellige apparater med elektronikk,

som en datamaskin eller smart-TV. Det THD gjør, er at det forvrenger startsignalet, man har kanskje hørt en el-gitar og hvordan den høres annerledes ut enn en akustisk gitar. Gitarlyden har blitt forvrengt, eller vrent, og det er omtrent det samme som THD gjør for strømmen, den blir forvrengt. Denne spesielle effekten kan man utnytte, for det viser seg at forskjellige apparater har sin egen unike signatur, som gjør at de skiller seg ut. Kort forklart, vil strømsignalet bli forvrengt på en spesiell måte, ettersom hvilke apparater som er skrudd på eller av.

For å få de målingene fra måleren til GK Cloud skyløsning, må man ha en kommunikasjon skje mellom dem. De informasjonspakkene som inneholder målingene, blir sendt i noe som heter kommunikasjonsprotokoll, men hva er kommunikasjonsprotokoll?

Kommunikasjonsprotokoll er systemet med et sett av regler som skaper en kommunikasjon dvs. overføring av informasjon mellom to eller flere enheter. De kommunikasjonsprotokoller gjør at målingene sendes på en sikker måte, og ligger trygt i skyløsningen.

Bruk av NILM/NIALM for å gi informasjon til skyløsningen GK Cloud. Nonintrusive load monitoring (NILM), eller nonintrusive appliance load monitoring (NIALM), er en prosess for å analysere endringer i strøm og spenningen

Konklusjon

Etter å ha gjennomført flere samtaler med produsentene ABB og Carlo Gavazzi AS, og grundig vurdering av tilgjengelige måleutstyr, har vi kommet fram til å velge måleren WM20AV53H fra Carlo Gavazzi som kunne gi oss mulighet for å finne de viktigste elektriske parametere som er i samsvar med problemstillingen. Den måleren som kan gi de nærmest resultatene vi er ute etter.



WM20AV53H, er en måler fra Carlo Gavazzi.

som går inn i et hus, og deretter detektere hvilke apparater som er tilkoblet, samt deres energiforbruk. Det er rimelig at man bruker NILM/NIALM systemet for å overvåke alle apparater i et hus/bygning på grunn av lave kostnader, mindre behov for 'hardware' installasjon, enklere å sette opp og vedlikehold. Her bruker man enkelt avanserte smart måler for å analysere av strømforbruk av individuelle apparater.

Vi som gruppe, anbefaler at denne problemstillingen tas videre og gir mulighet til NTNU studenter for å gjennomføre praktiske undersøkelser, og komme opp med det beste resultat i fremtiden. Det hadde vært spennende hvis det gis mulighet for studenter fra ulike linjer som kan jobbe med algoritmer (programmering) også. Dette vil være en naturlig fortsettelse av vårt arbeid.

Vedlegg 2 Kursfortegnelse 433.14 1.etg.syd Kjøkken (Kantine)

SKAP 1 serverrom



Tlf: 73 84 84 00
21/02/2013

Må rettes!

Anlegg	NINA	IK 3p max (KA)	
Adresse	Gløshaugen	Cos □□□□□□□□	
Fordeling	433.03- sokkel datarom	IK 2p min (KA)	
Spenningsystem	TN-C-S	Cos □	
Spenning	400V	Dim Jordfstrøm (A)	
Isolasjonsmålt			

KURS NR.	KURSFORTEGNELSE	Sikring Amp.	Forlegn måte	Lengde i meter	Ledn. Tverrsnitt mm ²	Rekkeklemme nr	Kontaktor
0	Fra hovedfordeling 432.01	400			PFXP 4G95AI		
1	Bypass UPS 1	100			4x25+j		
2	Main UPS 1	100			4x25+j		
3	Bypass UPS 2	100			4x25+j		
4	Main UPS 2	100			4x25+j		
5	Reserve	100					
6	Reserve	100					
7	Reserve	100					
8	Reserve	100					
9	Reserve	100					
10	Output UPS 2	100			4x25+j		
11	Output UPS 1	100			4x25+j		
12	Låsbare brytere	400			4x25+j		
13	Signalstatus brytere	400			4x25+j		
14	Til UPSer	B10					
15	Strømskinne 1A	160/ 100			4x50AI+j		
16	Strømskinne 1B	160/ 100			4x50AI+j		
17	Strømskinne 2A	160/ 100			4x50AI+j		
18	Strømskinne 2B	160/ 100			4x50AI+j		
19							
20							
21	Stikk kjøling 1	C16			2x2,5+j		
22	Stikk kjøling 2	C16			2x2,5+j		
23	Reserve	C16					
24	Reserve	C16					
25	Reserve	C16					
26	Reserve	C16					

