



KÖNNUN UM KOSTNAÐ HEIMILA VEGNA RAFORKUSKORTS

10.09.2020



© 2020, EFLA verkfræðistofa hf

- Vinnslu efnis og frágang texta önnuðust Jónas Hlynur Hallgrímsson og Haukur Ásberg Hilmarsson fyrir Verkfræðistofuna EFLU hf.

ISBN 978-9935-9479-9-4

SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ**SKJALALYKILL**

3350-003-04-SKY-008-V01

SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

60

VERKEFNISSTJÓRI / FULLTRÚI VERKKAUPA

Ragnar Stefánsson. Landsnet

VERKEFNISSTJÓRI EFLA

Jón Vilhjálmsson

LYKILORD

Raforkunotkun, skortkostnaður,
raforkutruflun, kostnaður við
raforkutruflun

STAÐA SKÝRSLU

- Drög
 Drög til yfirlstrar
 Lokið

DREIFING

- Opin
 Dreifing með leyfi verkkaupa
 Trúnaðarmál

TITILL SKÝRSLU

Könnun um kostnað heimila vegna raforkuskorts

VERKHEITI

START, Kostnaður vegna skorts

VERKKAUPI

START

HÖFUNDUR

Haukur Ásberg Hilmarsson, Jónas Hlynur Hallgrímsson

ÚTDRÁTTUR

Í þessari skýrslu er umfjöllun um könnun sem framkvæmd var árið 2020 um kostnað heimila vegna raforkuskorts. Könnunin byggir á könnun um greiðsluvilja heimila til að forðast raforkuskort sem framkvæmd var af Vatnsauðlinda- og orkumálastofnun Noregs (NVE) og lögð var fyrir norsk heimili árið 2017. Út frá greiðsluvilja heimila til að forðast raforkuskorts er kostnaður þeirra vegna raforkuskorts í mismunandi aðstæðum reiknaður.

ÚTGÁFUSAGA

| NR. | HÖFUNDUR | DAGS. | RÝNT | DAGS. | SAMÞYKKT | DAGS. |
|-----|---|----------|------------------------------|----------|---|----------|
| 01 | Haukur Ásberg Hilmarsson | 10.04.20 | Jónas Hlynur Hallgrímsson | 14.04.20 | Haukur Ásberg Hilmarsson | 14.04.20 |
| 02 | Haukur Ásberg Hilmarsson | 11.08.20 | Jónas Hlynur Hallgrímsson | 20.08.20 | Haukur Ásberg Hilmarsson | 20.08.20 |
| 03 | Haukur Ásberg Hilmarsson, Jónas Hlynur Hallgrímsson | 08.09.20 | Jónas Hlynur Hallgrímsson | 10.09.20 | Haukur Ásberg Hilmarsson, Jónas Hlynur Hallgrímsson | 10.09.20 |

SAMANTEKT

Nánast allt daglegt líf í nútímaþjóðfélagi byggir á raforkunotkun og truflanir á raforkuafhendingu leiða því af sér óþægindi og kostnað. Hér á landi er það fremur sjaldgæft að notendur verði fyrir raforkuskorti en á undanförunum árum hafa notendur að meðaltali verið straumlausir í einn til þrjá tíma á ári sem er einungis um 0,01-0,03% af árinu. Auka má öryggi raforkuafhendingar með að styrkja flutnings- og dreifikerfi raforku en aldrei er hægt að tryggja afhendinguna fullkomlega sama hve miklir fjármunir eru lagðir í kerfið.

Núverandi tölur um kostnað heimila vegna raforkuskorts byggja á samnorrænni könnun frá 1994 og útreiknuðum kostnaði byggt á þjóðhagsreikningum. Árið 1996 voru þessar niðurstöður teknar saman og lagðar voru fram tillögur að kostnaði heimila vegna raforkuskorts.

Í þessari skýrslu er farið yfir hönnun og framkvæmd nýrrar könnunar um kostnað heimila vegna raforkuskorts og niðurstöður þeirrar könnunar teknar saman. Niðurstöðurnar eru hugsaðar sem viðbót við þær upplýsingar sem til eru um kostnað heimila á Íslandi vegna raforkuskorts. Nota má niðurstöðurnar ásamt tölum um kostnað reiknaðan út frá hagtölum til að uppfæra tillögur START um kostnað heimila vegna raforkuskorts.

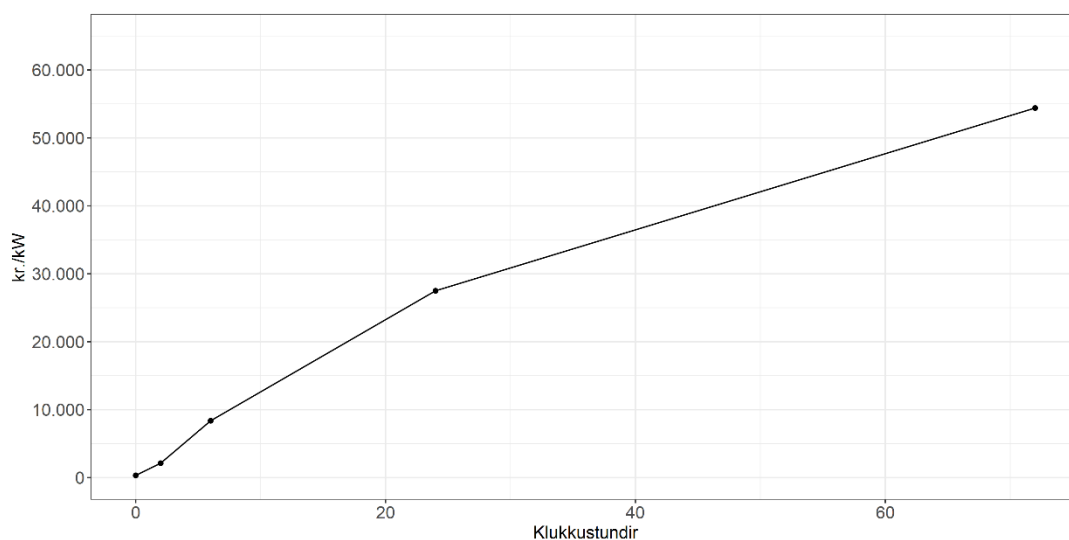
Könnunin byggir á könnun Vatnsauðlinda- og orkumálastofnun Noregs (NVE) sem lögð var fyrir norsk heimili árið 2017. Könnunin spyr um greiðsluvilja heimila til að forðast raforkuskort í mismunandi aðstæðum. Þar sem hönnun og prófun spurningalista er stór hluti af þeirri vinnu sem könnun sem þessi krefst var kosið að fara þá leið að aðlaga norsku könnunina að íslenskum aðstæðum og byggja ofan á þá hönnunarvinnu sem fram fór í Noregi frekar en að hanna nýja könnun frá grunni.

Könnunin var send á 2.339 einstaklinga vorið 2020, af þeim opnuðu 1.119 könnunina eða 47,8%. Af þeim sem opnuðu könnunina svöruðu 869 öllum spurningum í könnuninni eða 37,2% af útsendum könnunum og 77,7% af þeim sem opnuðu könnunina. Stuðst var við þær reglur um skilgreiningu mótmælasvara og óeðlilegra svara sem þróaðar voru við úrvinnslu á niðurstöðum í Noregi. Af 869 einstaklingum sem kláruðu könnunina svöruðu 207 einstaklingar *Veit ekki* við öllum spurningum sem varða greiðsluvilja. 60 svör voru skilgreind sem mótmælasvör og 114 svör voru skilgreind sem óeðlileg. Heildarfjöldi svara einstaklinga eftir að hafa fjarlægt svör einstaklinga með óeðlileg svör og mótmælasvör voru því 486.

Út frá niðurstöðum um greiðsluvilja heimila til að forðast raforkuskort sem sjá má í töflu 1 var kostnaður heimila vegna raforkuskorts reiknaður. Byggir útreikningur kostnaðar á KILE formúlu Norðmanna. Á mynd 1 má sjá kostnað heimila vegna raforkuskorts í skilgreindu grunntilviki, klukkan 17 á þriðjudegi í janúar.

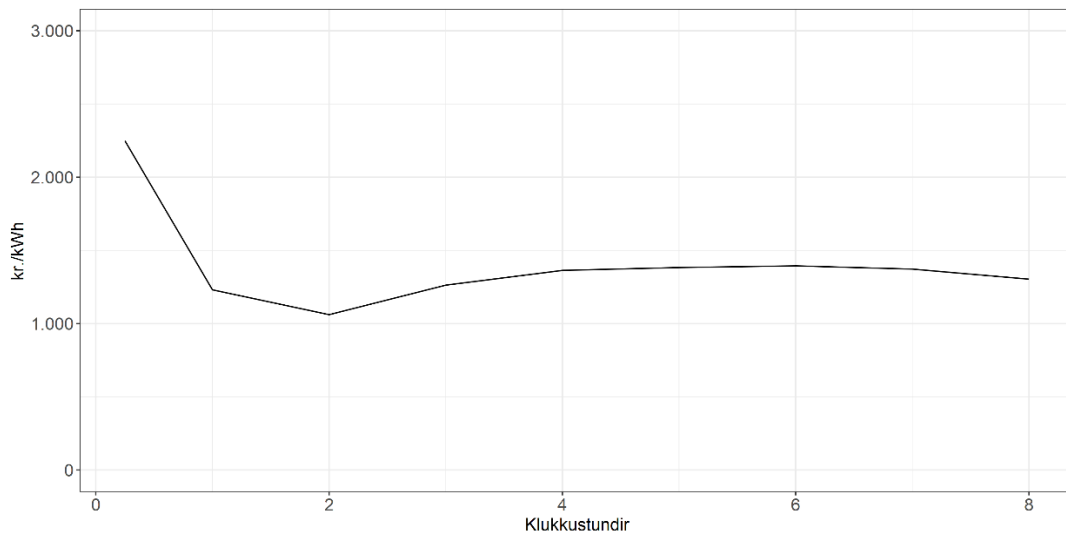
TAFLA 1: Greiðsluvilji heimila til að forðast raforkuskort

| AÐSTÆÐUR | 1 MÍN | 2 KLST | 6 KLST | 24 KLST | 72 KLST |
|---|-------|--------|--------|---------|---------|
| Kl. 17 þriðjudagur í janúar | 321 | 2.121 | 8.365 | 27.492 | 54.393 |
| kl. 09 þriðjudagur í janúar | | | 6.496 | | |
| kl. 01 þriðjudagur í janúar | | | 5.087 | | |
| kl. 17 laugardagur í janúar | | | 10.953 | | 55.612 |
| kl. 17 þriðjudagur í júlí | | | 7.345 | | 46.782 |
| kl. 17 þriðjudagur í janúar, tilkynnt fyrirfram | | | 4.922 | | 37.526 |



MYND 1: Kostnaður heimila vegna raforkuskorts, kr./kW

Á mynd 2 má sjá kostnað heimila vegna raforkuskorts í kr./kWh fyrir fyrstu 8 klukkustundir raforkuskorts í grunntilviki. Ljóst er að töluverð óþægindi verða vegna raforkuskorts óháð lengd truflunarinnar. Því er kostnaður við styttri tímalengdir töluvert hár miðað við raforkunotkun á sama tímabili. Í þessu tilviki, kl.17 á þriðjudegi í janúar, fer kostnaður lækkandi eftir 6 klukkustundir þegar klukkan er um 23 að kvöldi og eftirspurn eftir raforku fer minnkandi.



MYND 2: Kostnaður heimila vegna raforkuskorts, kr./kWh

Hafa ber í huga að erlend fordæmi sýna að kostnaðarútreikningur byggður á spurningum um greiðsluvilja gefur almennt lægri upphæð en kostnaður reiknaður út frá þjóðhagsreikningum. Því er eðlilegt að mið sé tekið af mismunandi reikniaðferðum þegar settar eru fram tillögur um hver kostnaður heimila er vegna raforkuskorts.

EFNISYFIRLIT

| | |
|--|-----------|
| SAMANTEKT | 5 |
| 1 INNGANGUR | 13 |
| 2 AÐFERÐIR TIL AÐ META KOSTNAÐ VEGNA RAFORKUSKORTS | 14 |
| 2.1 Hagrænar aðferðir til að meta kostnað vegna raforkuskorts | 14 |
| 2.1.1 Spurningakannanir | 15 |
| 2.1.2 Útreikningur frá þjóðhagsreikningum | 15 |
| 2.1.3 Markaðsaðferðir | 16 |
| 2.1.4 Aðrar aðferðir | 16 |
| 2.2 Fyrri athuganir á kostnaði vegna raforkuskorts | 16 |
| 2.2.1 Ísland | 16 |
| 2.2.2 Noregur | 18 |
| 2.2.3 Evrópa | 19 |
| 3 SPURNINGAKÖNNUN UM KOSTNAÐ HEIMILA VEGNA RAFORKUSKORTS | 21 |
| 3.1 Hönnun og uppsetning könnunar | 21 |
| 3.1.1 Könnun í Noregi 2017 | 21 |
| 3.1.2 Undirbúningur könnunar | 22 |
| 3.2 Uppsetning könnunar | 22 |
| 3.2.1 Inngangur | 22 |
| 3.2.2 Viðfangsefnið kynnt fyrir svarendum | 23 |
| 3.2.3 Rökstuðningur á spurningum um greiðsluvilja | 25 |
| 3.2.4 Spurningar um greiðsluvilja | 26 |
| 3.2.5 Verðstika | 27 |
| 3.2.6 Spurningar um bakgrunn svaranda | 28 |
| 4 ÚRSVINNSLA SVARA | 29 |
| 4.1 Úrtak og svarhlutfall | 29 |
| 4.2 Fjarlægð svör | 30 |
| 4.2.1 Mótmælasvör | 30 |
| 4.2.2 Óeðlileg svör | 32 |
| 4.2.3 Handvirkt fjarlægð svör og fyllt inn fyrir gagnagöt | 33 |
| 4.3 Vigtun svara | 33 |
| 4.4 Greiðsluvilji heimila til að forðast raforkuskort | 34 |
| 4.4.1 Mat á greiðsluvilja heimila við að forðast raforkuskort | 34 |
| 4.4.2 Áhrif persónulegra einkenna svarenda á greiðsluvilja | 36 |
| 4.4.3 Tölfræði próf | 39 |
| 5 ÚTREIKNINGUR KOSTNAÐARFALLA HEIMILA | 42 |
| 5.1 Munur á kostnaði og greiðsluvilja | 42 |
| 5.2 Kostnaður heimila vegna raforkuskorts | 43 |
| 5.2.1 fK, m Leiðréttingarstuðull vegna mánaðar | 44 |
| 5.2.2 fK, d Leiðréttingarstuðull vegna vikudags | 44 |
| 5.2.3 fK, h Leiðréttingarstuðull vegna klukkustundar | 45 |
| 5.2.4 Kp, ref(r) Kostnaður á kW | 46 |

| | | |
|--------------|---|----|
| 5.2.5 | Pref Leiðréttingarstuðull vegna mismikillar aflþarfar | 47 |
| 5.3 | Áhrif þess að tilkynna fyrirfram um raforkuskort | 48 |
| 5.4 | Kostnaðarfall í mismunandi aðstæðum | 49 |
| 5.5 | Kostnaður í kr./kWh | 51 |
| HEIMILDASKRÁ | | 55 |
| VIÐAUKI A | TOBIT LÍKAN | 57 |

MYNDASKRÁ

| | |
|---|----|
| MYND 1: Kostnaður heimila vegna raforkuskorts, kr./kW | 6 |
| MYND 2: Kostnaður heimila vegna raforkuskorts, kr./kWh | 7 |
| MYND 3: Kostnaður á kW sem fall af tíma á verðlagi febrúar 2020 miðað við gengi 30.mars 2020 | 19 |
| MYND 4: Mynd af heimili þar sem búið er að draga fram helstu raforkunotkun | 24 |
| MYND 5: Dæmi um spurningu um þau óþægindi sem fylgja raforkuskorti | 24 |
| MYND 6: Dæmi um spurningu um greiðsluvilja heimila til að forðast raforkuskort | 26 |
| MYND 7: Dæmi um möguleg svör einstaklings úr könnuninni | 27 |
| MYND 8: Spurning um greiðsluvilja úr könnun NVE | 28 |
| MYND 9: Uppgefin ástæða fyrir <i>Veit ekki</i> svörum | 30 |
| MYND 10: Spurning 27 sem birtist einstaklingum sem svara 0 kr. | 31 |
| MYND 11: Dreifing svara við spurningu 27 | 32 |
| MYND 12: Greiðsluvilji einstaklinga til að forðast raforkuskort fyrir og eftir að útlagar hafa verið fjarlægðir | 35 |
| MYND 13: Greiðsluvilji vegna rafmagnsleysis kl.17 á þriðjudegi í janúar | 39 |
| MYND 14: Greiðsluvilji vegna 6 klukkustunda raforkuskorts í mismunandi aðstæðum | 41 |
| MYND 15: Greiðsluvilji vegna 72 klukkustunda raforkuskorts í mismunandi aðstæðum | 41 |
| MYND 16: Kostnaður í kr./kW, K_p , $ref(r)$ | 47 |
| MYND 17: Kostnaðarfall vegna raforkuskorts kl. 17 á þriðjudegi í júlí | 49 |
| MYND 18: Kostnaðarfall vegna raforkuskorts kl. 17 á þriðjudegi í júlí | 50 |
| MYND 19: Kostnaðarfall vegna raforkuskorts kl.19 á laugardegi í desember | 50 |
| MYND 20: Kostnaðarfall vegna raforkuskorts kl.02 á fimmtudegi í september | 51 |
| MYND 21: Kostnaðarfall vegna raforkuskorts kl.02 á fimmtudegi í september sem tilkynnt er um fyrirfram | 51 |
| MYND 22: Kostnaður í kr./kWh af raforkuskorti kl. 17 á þriðjudegi í júlí | 52 |
| MYND 23: Kostnaður í kr./kWh af raforkuskorti kl. 19 á laugardegi í desember | 53 |
| MYND 24: Kostnaður í kr./kWh af raforkuskorti kl. 02 á fimmtudegi í september | 53 |
| MYND 25: Kostnaður í kr./kWh af raforkuskorti kl. 02 á fimmtudegi í september sem tilkynnt er um með góðum fyrirvara | 54 |
| MYND 26: Kostnaður vegna raforkuskorts á sænskum heimilum í íslenskum krónum á verðlagi febrúar 2020 miðað við gengi 30.mars 2020 | 58 |

TÖFLUSKRÁ

| | |
|--|----|
| TAFLA 1: Greiðsluvilji heimila til að forðast raforkuskort | 6 |
| TAFLA 2: Meðalkostnaður á heimilum vegna rafmagnsleysis (kr./kW). Tölur á verðlagi ársins 2020 | 17 |
| TAFLA 3: Meðalkostnaður á rafhituðum heimilum vegna rafmagnsleysis (kr./kW). Tölur á verðlagi ársins 2020 | 17 |
| TAFLA 4: Kostnaður heimila (kr./kWh) í hlutfalli við skerta orku og á verðlagi ársins 2020. | 18 |
| TAFLA 5: Greiðsluvilji heimila til að forðast raforkuskort í íslenskum krónum á verðlagi febrúar 2020 miðað við gengi 30.mars 2020 | 18 |
| TAFLA 6: Kostnaður heimila vegna raforkuskorts í íslenskum krónum á verðlagi febrúar 2020 miðað við gengi 30.mars 2020 | 20 |

| | |
|--|----|
| TAFLA 7: Svarhlutfall könnunar | 29 |
| TAFLA 8: Hlutfall einstaklinga sem gefur upp greiðsluvilja 0 krónur | 31 |
| TAFLA 9: Vigtunarflokkar Gallup | 33 |
| TAFLA 10: Greiðsluvilji til að forðast raforkuskort sem á sér stað kl. 17 á þriðjudegi í janúar | 36 |
| TAFLA 11: Greiðsluvilji heimila til að forðast raforkuskort | 36 |
| TAFLA 12: Persónueinkenni einstaklinga sem svara könnuninni | 37 |
| TAFLA 13: Áhrif persónueinkenna á greiðsluvilja | 38 |
| TAFLA 14: Niðurstöður tölfræði prófa | 40 |
| TAFLA 15: Aðferðir til að staðla niðurstöður miðað við raforku | 43 |
| TAFLA 16: Leiðréttinga stuðlar, fK, m | 44 |
| TAFLA 17: Leiðréttinga stuðlar, fK, d | 45 |
| TAFLA 18: Leiðréttinga stuðlar, fK, h | 46 |
| TAFLA 19: Greiðsluvilji til að forðast raforkuskort sem á sér stað kl. 17 á þriðjudegi í janúar deilt með aflþörf heimila | 46 |
| TAFLA 20: Kostnaður í kr./kW, Kp, ref(r) | 47 |
| TAFLA 21: Leiðréttingarstuðull vegna tilkynningar um raforkuskort | 49 |

1 INNGANGUR

Segja má að raforka sé ein meginundirstaða nútímaþjóðfélags. Á heimilum eru rafmagnstæki ómissandi og bæði heimils- og frístundarstörf fólks truflast verulega við rafmagnsleysi. Hér á landi er það fremur sjaldgæft að notendur verði fyrir rafmagnsleysi en á undanförunum misserum hafa fárviðri þó valdið því að langvarandi rafmagnsleysi hefur orðið á ákveðnum svæðum. Auka má öryggi raforkuafhendingar með að styrkja flutnings- og dreifikerfi raforku en aldrei er hægt að tryggja afhendinguna fullkomlega sama hve miklir fjármunir eru lagði í kerfið.

Í upphafi árs 1986 mynduðu nokkur helstu raforkufyrirtæki landsins ásamt Orkustofnun starfshóp til að koma á skráningu rekstrartruflana og til að vinna að mati á kostnaði notenda vegna rafmagnsleysis (START hópurinn). Skráning rekstrartruflana hefur nú staðið yfir í rúmlega þrjú áratugi og liggja því fyrir ítarlegar upplýsingar um truflanir í raforkukerfinu á síðustu árum.

Ekki hafa verið fundnar neinar leiðir til að meta kostnað heimila vegna raforkuskorts nákvæmlega en útreikningar hafa almennt stuðst við niðurstöður kannana, hagtolur eða hvoru tveggja. START hópurinn vann nokkrar athuganir á kostnaði heimila vegna raforkuskorts fyrir rúmum tveimur áratugum bæði út frá hagtolum og með könnunum. Árið 1996 voru þessar upplýsingar teknar saman og settar voru fram tillögur að tölum um þennan kostnað sem nota má við gerð áætlana um uppbyggingu raforkukerfisins. Á árinu 2006 var ákveðið að stefna að því að uppfæra þær tölur byggt á þróun hagtalna á hverju ári og hefur það verið gert árlega síðan.

Í þessari skýrslu er farið yfir hönnun og framkvæmd nýrrar könnunar um kostnað heimila vegna raforkuskorts og niðurstöður teknar saman. Niðurstöðurnar eru hugsaðar sem viðbót við þær upplýsingar sem til eru um kostnað heimila á Íslandi vegna raforkuskorts. Nota má niðurstöðurnar ásamt tölum um kostnað byggt á hagtolum til að setja fram nýja tillögu að tölum um kostnað heimila sem nota má við gerð áætlana um uppbyggingu raforkukerfisins líkt og gert var árið 1996. Við túlkun á niðurstöðum könnunarinnar er nauðsynlegt að hafa í huga ber að hafa í huga að óvissa ríkir um raunverulegan kostnað heimila vegna raforkuskorts.

Í kafla 2 verður farið yfir helstu aðferðir sem stuðst hefur verið við til að mæla kostnað heimila vegna raforkuskorts og fyrri niðurstöður bæði á Íslandi og erlendis. Í kafla 3 er hönnun og framkvæmd könnunarinnar lýst. Í kafla 4 er greiðsluvilji heimila reiknaður út frá svörum könnunarinnar. Í kafla 5 er kostnaður heimila vegna raforkuskorts reiknaður byggt á greiðsluvilja heimila.

2 AÐFERÐIR TIL AÐ META KOSTNAÐ VEGNA RAFORKUSKORTS

Kostnaður sem heimili og fyrirtæki verða fyrir vegna raforkuskorts getur verið margvíslegur. Ekki er til staðar neitt opinbert markaðsvirði fyrir þann raforkuskort sem heimili verða fyrir. Því þarf að beita hagrænum aðferðum til þess að reikna kostnað þeirra áhrifa sem raforkuskortur hefur í för með sér.

Hér verður farið yfir helstu aðferðirnar sem til staðar eru til að meta kostnað vegna raforkuskorts. Farið verður yfir hverja aðferð fyrir sig, og kostir og gallar hvernar aðferðar dregnir fram. Einnig verður farið yfir fyrri athuganir sem gerðar hafa verið á kostnaði vegna raforkuskorts bæði á Íslandi og erlendis.

Hafa ber í huga að tölur um kostnað vegna raforkuskorts geta aldrei verið mjög nákvæmar auk þess sem þær eru háðar því hvernig stendur á hjá notandanum er til rafmagnsleysis kemur og því hve lengi rafmagnsleysið varir. Kostnaður notenda vegna rafmagnsleysis er í flestum tilvikum margfalt það verð sem notendur eru að greiða fyrir raforkuna. Ástæða þess að kostnaður er mikill við rafmagnsleysi á heimilum er að fólk getur þá ekki sinnt heimilistörfum eða því sem það hefur áhuga á að nýta frítíma sinn í. Þetta veldur verulegum óþægindum og líklegt að fólk væri reiðubúið að greiða þó nokkuð til að komast hjá slíkum óþægindum [1].

2.1 Hagrænar aðferðir til að meta kostnað vegna raforkuskorts

Hægt er að flokka aðferðir til að meta kostnað vegna raforkuskorts á marga mismunandi vegu en flestar byggja þær á grunni úr hagfræðilegum kenningum og gera ráð fyrir að neytendur taki ákvarðanir með því markmiði að hámarka notagildi sitt [2]. Algeng skilgreining er að skipta aðferðum í afhjúpuðuð notagildi (e. revealed preferences) og lýsingu á notagildum (e. stated preferences). Afhjúpuð notagildi byggja á ákvörðunum neytenda á raunverulegum markaði. Lýsing á notagildum byggir á svörum neytenda um hvernig þeir myndu hegða sér á raunverulegum markaði.

Önnur leið til þess að flokka aðferðir er í beinar og óbeinar aðferðir. Beinar aðferðir einblína einungis á beint fjárhagslegt tjón sem verður vegna raforkuskorts t.d. skemmdir á búnaði og öðrum eignum. Óbeinar aðferðir reyna að afhjúpa notagildi og forgangsöröðun notanda og meta allan kostnað sem þeir verða fyrir en er ekki endilega augljós við fyrstu sýn t.d. að geta ekki horft á sjónvarp vegna rafmagnsleysis [2].

Fjórar helstu aðferðirnar sem sögulega hefur verið beitt til þess að meta kostnað vegna raforkuskorts eru spurningakannanir, útreikningur frá þjóðhagsreikningum, markaðsaðferðir og aðrar aðferðir. Hér verður farið yfir helstu kosti og galla hvorrar aðferðar [3].

2.1.1 Spurningakannanir

Með spurningakönnunum má bæði kanna beinan kostnað vegna raforkuskorts sem og skilyrt verðmætamat (e. contingent valuation) á raforkuskorti. Þegar spurt er um beinan kostnað eru heimili beðin um að meta það beina fjárhagslega tjón sem þau verða fyrir vegna hugsanlegs raforkuskorts. Skilyrt verðmætamat byggir hins vegar á að heimili gefi upp hversu háa upphæð þau væru tilbúin að greiða til að forðast raforkuskort eða hversu mikið þau þyrftu að fá greitt fyrir að upplifa raforkuskort til þess að vera jafn vel sett og við það velferðartap sem raforkuskortur hefur í för með sér [4].

Almennt má fullyrða að spurningar um beinan kostnað henti vel þegar könnunum er beint til fyrirtækja þar sem að beinn kostnaður er stór hluti þess heildarkostnaðar sem þau verða fyrir vegna raforkuskorts. Spurningar um skilyrt verðmætamat eru taldar henta betur fyrir heimili vegna þess að kostnaður heimila vegna raforkuskorts felst að miklu leiti í óþægindum, gert er ráð fyrir að skilyrt verðmætamat heimila taki mið af þeim óþægindum sem heimili verða fyrir en það gerir beinn kostnaður ekki.

Helstu kostir spurningakannana eru að svör notenda geta innihaldið verðmat á óþægindum sem þeir verða fyrir vegna raforkuskorts, svarendur þurfa ekki endilega að hafa upplifað raforkuskort áður og hægt er að spyrja svarendur um mismunandi aðstæður og tímasetningar raforkuskorts. Helstu gallar spurningakannana eru að þær eru tíma- og fjárfrekar, mikla vinnu þarf í að setja upp spurningalista og vinna úr niðurstöðunum, hætta er á að framsetning spurninga hafi áhrif á svör, svarendur geta gefið óraunhæf svör vegna þekkingarleysis, svör eru huglæg og byggja því á viðhorfi, samhengi og hugarástandi, einnig þarf að taka tillit til mótmælasvara.

Vandamál við framkvæmd spurningakannana um skilyrt vermætamat er að fólk á oft erfitt með að gera sér grein fyrir hversu mikils virði ákveðin vara er. Sérstaklega þegar átt er um vöru eins og örugga afhendingu raforku sem fólk hefur almennt ekki verðhugmynd um, né reynslu af raforkuskorti almennt. Til að bæta upp fyrir það getur verið gott að nota verðstikur sem gefa fólki ákveðna hugmynd um verðbil og auðvelda fólki því að svara. Við það er samt hætta á að svör verði bjöguð ef fólk upplifir sitt svar sem hátt eða lágt miðað við verðstikuna. Því er nauðsynlegt að velja hæfilegan og raunhæfan skala fyrir verðstikuna.

2.1.2 Útreikningur frá þjóðhagsreikningum

Útreikningur á kostnaði heimila vegna raforkuskorts út frá þjóðhagsreikningum er aðferð sem beitt hefur verið víða um heim og á Íslandi. Aðferðin byggir á notkun á opinberri tölfræði um hagstærðir (vinnsluvirði atvinnugreina, laun eftir skatt o.fl.) og raforkunotkun mismunandi notkunarflokka. Aðferðin hefur þá kosti að hún krefst fárra breytistærða, aðgengi að gögnum er almennt gott, auðvelt er að uppfæra útreikninga með nýjum gögnum og hún ekki jafn kostnaðarsöm og aðrar aðferðir. Helstu gallarnir við aðferðina er að hún krefst ákveðinna forsenda í útreikningum og hún tekur ekki tillit til

Þess kostnaðar sem ekki kemur fram í þjóðhagsreikningum [1]. Einnig er oft erfitt að greina mismun í kostnaði milli raforkuskorts sem verður við mismunandi aðstæður.

2.1.3 Markaðsaðferðir

Markaðsaðferðir byggja á þeim ákvörðunum sem neytendur hafa tekið á frjálsum markaði og gefa í skyn kostnað heimila vegna raforkuskorts. Sumir notendur hafa komið sér upp búnaði til að verjast raforkuskorti. Kostnaður tengdur búnaðinum getur gefið vísbendingu um greiðsluvilja notendanna gagnvart raforkuskorti þ.e. þá upphæð sem þeir eru tilbúnir að greiða til þess að forðast raforkuskort. Kostir eru að uppsettur viðbúnaður notenda eru raungögn frá notendum og er þeirra mat á nauðsynlegum búnaði. Það sýnir raunverulegan greiðsluvilja notenda en ekki huglægan greiðsluvilja þeirra. Hins vegar er líklegt að ef kostnaður er reiknaður byggt á viðbúnaði notenda gefi það bjagaða niðurstöðu þar sem raforkuskortur er sjaldgæfur og varir oftast skammt. Mörg heimili eru því líkleg til að vera með lítinn sem engan viðbúnað vegnar raforkuskorts [3].

2.1.4 Aðrar aðferðir

Ýmsar aðrar aðferðir eru til staðar til að meta kostnað vegna raforkuskorts, hér verður fjallað um tvær aðferðir.

Tilviksrannsóknir byggja á því að gögnum er safnað beint frá raforkunotendum sem lent hafa í raforkuskorti. Mögulegt er að framkvæma tilviksrannsóknir í kjölfar raforkuskorts á ákveðnu svæði eða í kjölfar raforkuskorts hjá ákveðnum notendum. Helstu kostir aðferðarinnar eru að gögn eru allajafna áreiðanleg og gerð er greining á raunverulegum atburðum, ekki þarf að gefa sér sérstakar forsendur og ekki er þörf á ímynduðum eða huglægum aðstæðum. Helstu gallarnir eru að kostnaðarsamt getur verið að framkvæma tilviksrannsókn og þegar tilvik eru sjaldgæf verður erfitt að yfirfæra niðurstöður einstakra rannsókna á önnur tilvik. Tilviksrannsóknir eiga betur við þegar kemur að því að meta kostnað fyrirtækja og stofnanna, sem verða fyrir beinum mælanlegum kostnaði vegna raforkuskorts. Kostnaður heimila vegna raforkuskorts er að mestu leiti í formi óþæginda og tilviksrannsóknir gefa oft ekki nákvæma mynd af kostnaði vegna óþæginda en geta gefið nokkuð góða mynd af tjóni fyrirtækja vegna raforkuskorts.

Safngreining (e. meta-analysis) byggir á því að sameina niðurstöður margra rannsókna oft í mörgum löndum í eina niðurstöðu. Hefur þessi aðferð þá kosti að hún getur sparað mikinn tíma og kostnað ekki er þó víst að niðurstöður úr ákveðnu landi eigi jafn vel við annarsstaðar [4].

2.2 Fyrri athuganir á kostnaði vegna raforkuskorts

2.2.1 Ísland

Starfshópur um rekstrartruflanir (START hópurinn) hefur stuðst við útreikning á kostnaði byggðan á tölum úr þjóðhagsreikningum og könnun um kostnað heimila vegna raforkuskorts. START hópurinn áætlaði árið 1989 í fyrsta sinn kostnað vegna raforkuskorts út frá upplýsingum um raforkunotkun

greindum niður á notkunarflokkum og út frá hagtölum [5]. Þessir útreikningar hafa síðan verið endurteknir nokkrum sinnum og þá byggt á nýjum tölum um raforkunotkun og nýjum hagtölum.

Á árunum 1992-94 var unnin samnorræn athugun á kostnaði vegna raforkuskorts og var hún að stórum hluta kostuð af Norrænu ráðherranefndinni. Í þessari athugun tóku þátt rafveitur í Danmörku, Finnlandi og Íslandi. Bæði var spurt um kostnað vegna straumleysis og hvað notandinn væri tilbúinn að greiða til að komast hjá rafmagnsleysi. Í athuginni var einnig kannaður kostnaður við truflanir sem vitað var um með fyrirvara og hægt væri því að aðvara notendur fyrirfram.

Sendir voru spurningalistar til 1.060 heimila hér á landi og svör fengust frá 400 heimilum eða 38%. Til að meta kostnað vegna rafmagnsleysis voru notaðar þrjár spurningar sem miðuðu við mismunandi leiðir til að meta kostnaðinn. Fyrst var kannað hve mikið notendur vildu minnka notkun sína ef raforkuverð tífaldaðist í skamman tíma. Á þennan hátt var verðteygni notkunarinnar metin sem er síðan ein leið til að meta verðmæti raforkunnar fyrir notendur. Notendur voru síðan spurðir hve mikið þeir væru tilbúnir til að borga til að koma í veg fyrir rafmagnsleysi. Í þriðja lagi voru notendur beðnir um að áætla upphæð þess tjóns og óþæginda sem annars vegar ófyrirséð og hins vegar skipulagt rafmagnsleysi veldur á heimilinu. Þar að auki var ein almenn spurning er varðaði húsnæði, kyndingu þess og hvort notandi minnst rafmagnsleysis á síðasta ári. Í töflu 2 og töflu 3 má sjá niðurstöðurnar færðar yfir á verðlag 2020. [6]

TAFLA 2: Meðalkostnaður á heimilum vegna rafmagnsleysis (kr./kW). Tölur á verðlagi ársins 2020

| | 60 MÍN | 240 MÍN | 480 MÍN |
|------------------------------------|--------|---------|---------|
| Verðteygni | 104 | 47 | |
| Tilbúinn að borga | 236 | | |
| Kostnaður, ófyrirséð rafmagnsleysi | 530 | 1.380 | 4.939 |
| Kostnaður, skipulagt rafmagnsleysi | 82 | 414 | 2.428 |

TAFLA 3: Meðalkostnaður á rafhituðum heimilum vegna rafmagnsleysis (kr./kW). Tölur á verðlagi ársins 2020

| | 60 MÍN | 240 MÍN | 480 MÍN |
|-------------------|--------|---------|---------|
| Verðteygni | 93 | 299 | |
| Tilbúinn að borga | 27 | | |
| Kostnaður | 47 | 195 | 598 |

Árið 1996 voru tölur um kostnað byggt á þjóðhagsreikningum og tölur úr samnorrænnu könnuninni um kostnað heimila vegna raforkuskorts sameinaðar og lögð var fram tillaga að þeim kostnaði sem miða ætti við að íslensk heimili verði fyrir vegna raforkuskorts.

Síðan 2006 hefur kostnaður heimila vegna raforkuskorts verið metinn árlega út frá þjóðhagsreikningum. Þannig fæst mat á hlutfallslegri breytingu kostnaðar heimila milli ára. Sú hlutfallslega breyting hefur svo verið notuð til að uppfæra árlega tillögurnar frá 1996.

Notaðar eru tölur um laun (atvinnutekjur) við útreikning á kostnaði heimila og gert er ráð fyrir að fólk verðmeti tíma sinn í samræmi við þau laun sem það getur fengið greitt fyrir hann og eru tölur eru uppfærðar miðað við þróun meðalráðstöfunartekna (tekjur eftir skatt) skv. Hagstofunni. Niðurstöður

úr skýrslu hópsins frá árinu 2019 um tölur sem miða eigi við að íslensk heimili verði fyrir vegna raforkuskorts má sjá í töflu 4 [1]

TAFLA 4: Kostnaður heimila (kr./kWh) í hlutfalli við skerta orku og á verðlagi ársins 2020.

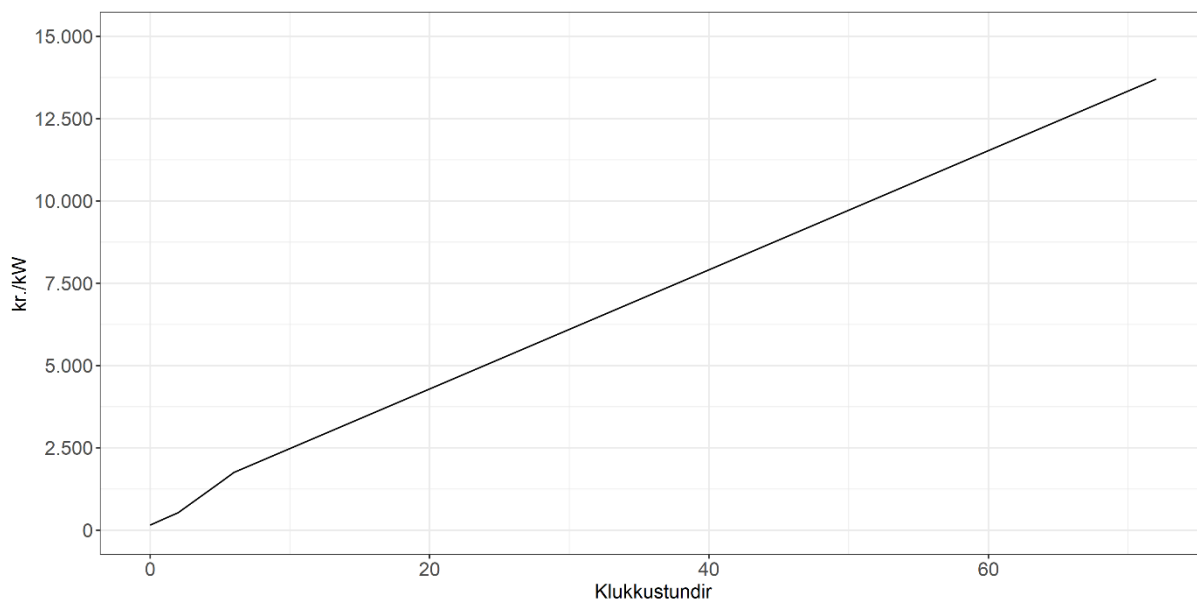
| | 15 MÍN | 60 MÍN | 240 MÍN | 480 MÍN |
|-----------------------------------|--------|--------|---------|---------|
| Meðalkostnaður | 1.401 | 1.401 | 1.003 | 1.800 |
| Kostnaður á virkum degi að vetri | 1.401 | 1.401 | 1.003 | 1.800 |
| Kostnaður utan vinnutíma að vetri | 1.703 | 1.703 | 1.197 | 2.167 |
| Kostnaður á virkum degi að sumri | 464 | 464 | 334 | 604 |
| Kostnaður utan vinnutíma að sumri | 636 | 636 | 464 | 830 |

2.2.2 Noregur

Vista Analyse hefur framkvæmt kannanir á greiðsluvilja heimila fyrir Vatnsauðlinda- og orkumálastofnun Noregs (NVE). Nýjasta könnunin var lögð fyrir 2000 manns í apríl og maí 2017. Spurt var um greiðsluvilja heimila til að forðast raforkuskort við mismunandi tímasetningar og tímalengdir og jafnframt út frá því hvort að tilkynnt hafi verið um raforkuskort fyrirfram eða ekki. Svarendur voru beðnir um að meta greiðsluvilja sinn á greiðslustíku sem var sú sama fyrir allar tímalengdar og hvort tilkynnt hafði verið um raforkuskort fyrirfram eða ekki. Niðurstöður könnunarinnar í íslenskum krónum á verðlagi ársins 2020 má sjá í töflu 5 og á mynd 3 má sjá niðurstöðurnar eftir að búið er að umreikna greiðsluvilja í krónum yfir á kostnað heimila mældan í kr./kW. [7].

TAFLA 5: Greiðsluvilji heimila til að forðast raforkuskort í íslenskum krónum á verðlagi febrúar 2020 miðað við gengi 30.mars 2020

| | 1 MÍN. | 2 TÍMAR | 6 TÍMAR | 24 TÍMAR | 72 TÍMAR |
|--------------------------------------|--------|---------|---------|----------|----------|
| Þriðjudagur kl 17 í janúar | 515 | 1.921 | 6.043 | 14.369 | 39.180 |
| Þriðjudagur kl 09 í janúar | | | 4.609 | | |
| Þriðjudagur kl 01 í janúar | | | 3.898 | | |
| Laugardagur kl 17 í janúar | | | 7.045 | | 34.557 |
| Þriðjudagur kl 17 í júlí | | | 3.690 | | 25.939 |
| Þriðjudagur kl 17 í janúar, tilkynnt | | | 2.924 | | 21.651 |



MYND 3: Kostnaður á kW sem fall af tíma á verðlagi febrúar 2020 miðað við gengi 30.mars 2020

Þar sem að könnunin sem lögð var fyrir á Íslandi var byggð á þeirri vinnu sem gerð var í Noregi verður farið nánar yfir uppsetningu og úrvinnslu norsku könnunarinnar í köflum 3, 4 og 5.

2.2.3 Evrópa

Samstarfsstofnun eftirlitsaðila á orkumarkaði (ACER) fékk Cambridge Economic Policy Associates Ltd. (CEPA) árið 2018 til að meta kostnað vegna raforkuskorts í öllum aðildarlöndum Evrópusambandsins. CEPA beitti þjóðhagsreikninga aðferð til þess að meta kostnaðinn. Kosturinn við aðferðina í þessu tilfalli er að hún gefur hlutlægt og samanburðarhæft mat á kostnaði milli landa.

Til að meta kostnað heimila vegna raforkuskorts var notast við þá nálgun að fólk verði fyrst og fremst fyrir truflun vegna raforkuskorts í frítíma sínum. Frítími er metinn sem sá tími sem er ekki notaður til vinnu eða annara persónulegra verkefna, persónuleg verkefni eru skilgreind sem verkefni sem allir þurfa að sinna daglega til dæmis svefn og máltíðir. Gert er ráð fyrir því að einstaklingar séu hlutlausir gagnvart einni aukalegri vinnustund eða einni aukalegri stund af frítíma. Byggir það á kenningum úr vinnumarkaðshagfræði þar sem gert er ráð fyrir að heimili finna hagstæðustu ráðstöfun á milli vinnu og frístunda. Gert er ráð fyrir að virði frítíma þeirra sem eru ekki í vinnu sé 0,5 af þeirra sem eru í vinnu.

Aðferðarfræðin byggði á að meta umfang og virði frítíma ásamt því að setja fram forsendur um staðkvæmd raforku þ.e. hlutdeild frítíma sem byggir á raforkunotkun. Stuðst var við raforkunotkun samkvæmt notkunarflokkum í aðildarlöndunum en virði frítíma byggir á tölum um einkaneyslu, launum og virðisauka. Út frá því má reikna kostnað vegna raforkuskorts á hverja kW stund.

Niðurstöðurnar sýndu að lönd í Vestur- og Norður-Evrópu upplifðu hærri kostnað vegna raforkuskorts, ásamt því að kostnaður þeirra var árstíðabundnari en kostnaður íbúa sunnar í álfunni. Hæstur var kostnaðurinn í Hollandi þar sem hann var metinn 22,94 €/kWh en lægstur var kostnaðurinn í Búlgaríu þar sem hann var metinn 1,50 €/kWh á verðlagi ársins 2015. Þó nokkur munur er á kostnaðinum milli

nálægra og sambærilegra landa. Sjá má kostnað heimila vegna raforkuskorts í töflu 6 í íslenskum krónum á verðlagi ársins 2020

TAFLA 6: Kostnaður heimila vegna raforkuskorts í íslenskum krónum á verðlagi febrúar 2020 miðað við gengi 30.mars 2020

| LAND | ÁRLEGUR MEÐALKOSTNAÐUR VEGNA RAFORKUSKORTS KR./KWH |
|--------------|--|
| Austurríki | 1.469 |
| Belgía | 1.565 |
| Bretland | 2.592 |
| Búlgaríá | 245 |
| Danmörk | 2.565 |
| Eistland | 845 |
| Finnland | 864 |
| Frakkland | 1.128 |
| Grikkland | 691 |
| Holland | 3.740 |
| Írland | 1.878 |
| Ítalía | 1.849 |
| Krótatía | 514 |
| Kýpur | 1.009 |
| Lettland | 768 |
| Litháen | 753 |
| Lúxemborg | 2.204 |
| Malta | 1.040 |
| Portúgal | 960 |
| Pólland | 1.021 |
| Rúmenía | 737 |
| Slóvakía | 771 |
| Slóvenía | 704 |
| Spánn | 1.285 |
| Svíþjóð | 900 |
| Tékkland | 576 |
| Ungverjaland | 533 |
| Þýskaland | 2.023 |

Athuga skal að hér er unnið með árleg gögn og því er ekki gerður greinarmunur á kostnaði vegna raforkuskorts sem verður um vetur eða sumar. [3]

3 SPURNINGAKÖNNUN UM KOSTNAÐ HEIMILA VEGNA RAFORKUSKORTS

3.1 Hönnun og uppsetning könnunar

3.1.1 Könnun í Noregi 2017

Eins og komið hefur fram var könnunin sem lögð var fyrir á Íslandi um greiðsluvilja heimila til að forðast raforkuskort byggð á könnun sem lögð var fyrir í Noregi vorið 2017. Ástæða þess að kosið var að fara þá leið frekar en að hanna íslenska könnun frá grunni er að mikla vinnu þarf að leggja í hönnun og prófun könnunar áður en hægt er að leggja hana fyrir almenning. Könnun Vista Analyse er hönnuð eftir tillögum ráðs evrópskra eftirlitsaðila á orkumarkaði (CEER) [2]. Vinna við könnunina stóð yfir í Noregi frá júní 2016 til maí 2017. Könnun var lögð fyrir af Gallup í Noregi og voru spurningarnar sendar á viðhorfshóp Gallup í Noregi.

Í Noregi var í upphafi búin til drög að spurningalista sem prófaður var á fundum í Ósló og Álasundi. Í Álasundi var lögð áhersla á að fá fólk sem hafði áður upplifað rafmagnstruflun til þess að prófa spurningalistann. Næst var spurningalistinn settur upp sem netkönnun og framkvæmdar voru einstaklingsprófanir. Þar var lögð áhersla á að svarendur lýstu hugsunarhætti sínum við svör á spurningalistanum og var það gert til þess að kanna hvort að svarendur væru að skilja spurningar rétt og hvaða spurningar mætti orða betur. Spurningalistinn var svo kannaður á 300 manna úrtaki og niðurstöður voru reiknaðar út og metnar. Niðurstöðurnar bentu til þess að bæta þyrfti við spurningum sem fiskuðu út einstaklinga sem væru að gefa mótmælasvör. Að lokum var könnunin lögð fyrri 2000 manna úrtak og unnið var úr niðurstöðunum sem birtust loks í endanlegri skýrslu árið 2017 [7].

Þar sem að aðstæður á Íslandi eru að mörgu leyti líkar aðstæðum í Noregi var kosið að byggja ofan á þá vinnu sem gerð hafði verið í Noregi og aðlaga þá könnun að íslenskum aðstæðum frekar en að hanna nýja könnun frá grunni með tilheyrandi kostnaði.

3.1.2 Undirbúningur könnunar

Við undirbúning könnunarinnar hérlendis þurfti að aðlaga einstaka spurningar að íslenskum aðstæðum. Sumar spurningarnar í könnuninni fjölluðu um aðstæður sem eru til staðar í Noregi en ekki á Íslandi og voru slíkar spurningar sérstaklega aðlagaðar að íslenskum aðstæðum.

Endanlegur spurningalisti var þróaður í samvinnu við Gallup á Íslandi sem sá um uppsetningu og framkvæmd könnunarinnar. Gallup kom með mikilvægar og góðar athugasemdir um hvernig betur mætti huga að málfari og framsetningu spurninga enda með mikla reynslu af framkvæmd spurningakannana.

Könnunin var prófuð á fámennu úrtaki þann 16. apríl. Teknar voru saman athugasemdir um það sem mætti betur fara. Nokkrir einstaklingar nefndu að verðstíkan væri helst til of löng svo hún kæmist ekki fyrir auðveldlega á minni skjám t.d. í farsíma. Er þetta algengt vandamál í könnunum þar sem boðið er upp á möguleg svör með verðstíku. Einnig var ljóst að könnunin var í lengri kantinum miðað við kannanir sem almennt eru lagðar fyrir á Íslandi. Aðrar athugasemdir sneru fyrst og fremst að orðalagi spurninga.

Breytingar voru í kjölfarið gerðar á könnuninni. Markmiðið með þeim breytingum var að orða einstaka spurningar á betri hátt svo að ólíklegra væri að svarandi myndi misskilja spurninguna ásamt því að stytta spurningakönnunina eins og hægt væri. Til að mynda voru fjórar spurningar um hvort samfélagið ætti að verja meiri fjármunum í ákveðna hluti sameinaðar í eina spurningu. Einnig var nokkrum spurningum um viðbúnað notenda vegna mögulegs raforkuskorts sleppt sem ekki voru taldar mikilvægar við úrvinnslu svara.

Skoðað var sérstaklega hvernig væri best að spyrja um hversu mikið einstaklingar væru tilbúnir að greiða til að forðast raforkuskort vegna þess hve illa verðstíkan hentaði á smærri skjám. Mögulegt væri að spyrja opinna spurninga, fækka möguleikum á núverandi verðstíku eða að hafa mismunandi verðstíkur fyrir mismunandi tímalengdir til þess að leysa vandann að einhverju leiti. Ljóst er að enginn þessara möguleika er gallalaus. Að lokum var niðurstaðan sú að uppsett verðstíka væri besti möguleikinn í stöðunni og ákveðið var því að halda henni og að hvetja einstaklinga til að svara könnuninni á stærri skjám eins og kostur væri.

Könnunin var send til 60 einstaklinga úrtaks föstudaginn 15. maí. Voru niðurstöður úr því úrtaki taldar góðar og engir augljósir vankantar voru til staðar á könnuninni. Því var ákveðið að senda könnunina út með tölvupósti á viðhorfshóp Gallup þriðjudaginn 19. maí.

3.2 Uppsetning könnunar

3.2.1 Inngangur

Könnunin hefst á inngangi þar sem svarandi er boðinn velkominn í könnunina og honum er sagt að könnunin sé á vegum starfshóps um rekstrartruflanir í raforkukerfinu en hópurinn samanstendur af fulltrúum allra veitufyrirtækja raforku á Íslandi auk Landsnets og Orkustofnunar. Svaranda er sagt að upplýsingar úr könnuninni muni nýtast til að tryggja viðeigandi afhendingaröryggi raforku. Svaranda er gert ljóst að honum ber hvorki skylda til að svara spurningakönnuninni í heild né einstökum

spurningum. Einnig er svaranda bent á að gera megi hlé á útfyllingu könnunarinnar og halda áfram síðar.

3.2.2 Viðfangsefnið kynnt fyrir svarendum

Fyrstu spurningarnar í könnuninni eru hugsaðar til frekari glöggvunar fyrir síðari spurningar. Til að byrja með er svarandi spurður um hvort hann telji að verja eigi auknum fjármunum í ákveðin málefni eins og að sjá heimilum fyrir öruggu framboði af köldu vatni, öruggri tengingu um ljósleiðara, öruggri afhendingu rafmagns og öruggu farsímasambandi. Megin tilgangur þessara spurninga er að koma svaranda í skilning um að það er fjöldi samfélagslegra verkefna sem þarf að fjármagna og setja þarf örugga afhendingu raforku í samhengi við aðrar aðgerðir sem einnig eru mikilvægar.

Næst eru tvær spurningar sem minna svaranda á nýlega atburði sem hafa ollið rafmagnsleysi á íslenskum heimilum. Atburðirnir eru óveður sem gengu yfir landið annars vegar í desember 2019 og hins vegar í febrúar 2020 og ollu víðtækum raforkuskorti í sumum landshlutum. Svarandi er spurður hvort hann muni eftir þessum atburðum. Megin tilgangurinn með þessum spurningum er að minna svaranda á að raforkuskortur er raunverulegur möguleiki í nútíma samfélagi. Að því loknu er svarandi spurður út í hans persónulegu reynslu af rafmagnsskorti. Svarandi er spurður hvort hann hafi upplifað langvarandi rafmagnsleysi (24 klukkustundir eða lengur) á síðustu 5 árum.

Í kjölfarið er spurt um hvort að heimilið styðjist við rafhitun eða ekki. Kosið var að útskýra ekki fyrir svarendum að kólnað gæti í húsum sem eru hituð með hitaveitu vegna raforkuskorts til lengri tíma þar sem dæling á heitu vatni getur verið háð rafmagni. Það var talið valda óþarfa flækjustigi ef útskýrt væri að mögulega yrði kalt á heimilum sem styðjast við hitun frá hitaveitu og því var ákveðið að spyrja einungis hvort að heimili væri með rafhitun eða ekki.

Næst er svaranda sýnd mynd 4 þar sem sýnd eru helstu tæki sem ganga fyrir rafmagni á hefðbundnu heimili. Til þess að fá svaranda til að skoða myndina vel er hann spurður hvort hann sakni einhvers á myndinni.



MYND 4: Mynd af heimili þar sem búið er að draga fram helstu raforkunotkun

Til þess að tryggja að svarandi hafi í hug bæði beinan og óbeinan kostnað af rafmagnsskortri sem hann verður fyrir er hann næst minntur á helstu óþægindi sem rafmagnsskortur getur valdið á heimili og hann er beðinn um að hugsa hvort að hann verði til staðar til þess að upplifa þann kostnað. Svarandi er spurður um helsta kostnað og helstu óþægindi fyrir heimilið sem hljótast af því að upplifa rafmagnsleysi á venjulegum þriðjudegi í janúar kl. 17 í mismunandi tímalengdir. Svarandi fær lista yfir mögulegan kostnað og óþægindi og er beðinn um að merkja við allt sem á við á hans heimili jafnframt er hægt að bæta við fleiri möguleikum. Dæmi um slíka spurningu má sjá á mynd 5

Hver telur þú að sé helsti kostnaður og helstu óþægindi fyrir heimili þitt, af því að verða rafmagnslaust á venjulegum þriðjudegi í janúar kl. 17?



Þá er átt við rafmagnsleysi sem er fyrirvaralaust og varir í 72 klukkustundir.

Vinsamlega merktu við allt sem við á.

- Stilla verður klukkur og þvúmlíkt á ný
- Hugsanlegar skemmdir verða á rafmagnsbúnaði
- Sjónvarp, internet og leikjötölur verða óvirk
- Öll rafmagnsljós slokkna
- Ekki er hægt að nota rafmagnsbúnað og rafljóðuknúinn búnaður verður rafmagnslaust
- Ekki fæst heilt neysluvatn
- Matur í ísskáp og frysti skemmist
- Notkun greiðslukorta og rafrænnar bankabjónustu er ekki möguleg
- Íbúar á heimilum þar sem hitun er alfaríð háð rafmagni neyðast til að flytja út
- Skemmdir verða á heimilum þar sem hitun er alfaríð háð rafmagni, t.d. vegna þess að vatnslagnir frjósa
- Annað, hvað?
- Enginn kostnaður eða óþægindi
- Vil ekki svara
- Veit ekki

TIL BAKA

ÁFRAM

MYND 5: Dæmi um spurningu um þau óþægindi sem fylgja raforkuskorti

3.2.3 Rökstuðningur á spurningum um greiðsluvilja

Vandamál þegar kemur að könnunum þar sem spurt er um greiðsluvilja á vörum eða þjónustu þar sem verðmyndun er ekki á markaði er að flestir átta sig á því að þeir munu aldrei raunverulega þurfa að láta fé beint af hendi til að forðast raforkuskort. Nauðsynlegt er því að til staðar sé spurning sem gefur svarendum útskýringu á af hverju verið er að spyrja þá um viðfangsefnið og hvað svör þeirra þýða [8]. Í norsku könnuninni er KILE kerfið stuttlega útskýrt og hvernig svör verði notuð til að uppfæra það kerfi. Þar sem ekki er til staðar svipað kerfi á Íslandi og ekki stendur til að skapa þannig kerfi er ljóst að ekki er hægt að þýða þá útskýringu og nýta á Íslandi.

Aðrar spurningakannanir hafa búið til ímyndaðar aðstæður þar sem svarendur eru beðnir um að hugsa sér að þeir séu að fara að upplifa raforkuskort en að til staðar sé varaafli sem geti komið í veg fyrir að þeir upplifi raforkuskort. Þeir eru svo beðnir um að gefa til kynna hvað þeir væru tilbúnir að greiða fyrir varaaflið í þessum aðstæðum og er það túlkað sem greiðsluvilji fólks til að forðast raforkuskort [9].

Hér þarf að setja fram útskýringu sem kemur svarendum í skilning um að vilji sé fyrir til að ráðast í framkvæmdir sem að bæta afhendingaröryggi raforku og að þessi könnun sé liður í að huga að þeim aðgerðum. Svör heimila munu nýtast í skipulagningu fjárfestinga og því er nauðsynlegt að svörin séu eins sannsögul og mögulegt er.

Koma þarf einstaklingum í skilning um að eftir því sem meira er fjárfest í dreifikerfinu til að auka raforkuöryggi geti kostnaður heimila við raforkunotkun aukist. Þannig geti háar upphæðir sem benda til þess að heimili væru tilbúnir að greiða mjög mikið fyrir aukið raforkuöryggi leitt til þess að ráðist verði í fjárfestingar sem skili auknu raforkuöryggi en mögulega auknum kostnaði við raforkunotkun. Á hinn bóginn geta lág svör bent til þess að heimili séu ekki tilbúnir að greiða mjög mikið fyrir aukið raforkuöryggi, þá yrði mögulega ráðist í minni framkvæmdir og á sama tíma yrði hætta á að minni framfarir yrðu í raforkuöryggi.

Þessa útskýringu þarf að orða mjög varfærnislega þar sem stór hluti þeirra sem svara könnuninni munu ekki hafa upplifað raforkuskort áður. Því gæti verið erfitt fyrir þá einstaklinga að sætta sig við miklar fjárfestingar sem gætu leitt til hærra verðs fyrir þá, en lítinn sem engan ávinning, þar sem að þeir telja sig ólíklega til að lenda í mögulegum aðstæðum sem leiða til raforkuskorts. Fara þarf varlega í að tengja svör við könnuninni beint við fjárfestingar og hærri raforkukostnað einstaklinga þar sem það getur bjagað svör en jafnframt þarf að koma einstaklingum í skilning um að þeirra svör skipti máli, verði notuð við ákvarðanatöku í framtíðinni og því er mjög nauðsynlegt að þau lýsi raunverulegum greiðsluvilja heimila.

Útskýringin eins og hún var sett fram í könnuninni:

Óveður sem gengið hafa yfir landið síðastliðinn vetur hafa sýnt fram á veikleika í raforkukerfinu á Íslandi. Vilji er til að styrkja innviði og draga úr líkum á rafmagnsleysi. Slíkar framkvæmdir fela í sér mikla fjárfestingu og því er mikilvægt að ekki sé ráðist í offjárfestingar sem valda neytendum og skattgreiðendum óhóflegum kostnaði en skila litlum ávinningi.

Til að geta tekið upplýstari ákvarðanir um fjárfestingarkosti viljum við spyrja þig nokkurra spurninga um afleiðingar rafmagnsleysis fyrir þitt heimili og hvers virði þú telur það vera fyrir heimili þitt að forðast rafmagnsleysi.

3.2.4 Spurningar um greiðsluvilja

Mynd 6 sýnir fyrstu spurningu um greiðsluvilja í könnuninni. Svarandi er beðinn um að draga bendilinn á þá upphæð á stikunni sem samsvarar því virði sem hann telur fyrir heimilið að forðast raforkuskort í þá tímalengd sem tilgreind er. Til þess að koma í veg fyrir að fólk taki ekki þátt í könnuninni með því að færa bendilinn ekki úr upphafsstöðu byrjar bendillinn á hlutlausum reit til vinstri við núll. Færa þarf bendilinn á upphæð eða að velja „Veit ekki“ til að halda áfram.

Næst verður þú spurð(ur) um hversu mikils virði það er fyrir heimili þitt að koma í veg fyrir kostnað og óþægindi vegna rafmagnsleysis á heimilinu kl. 17 á venjulegum þriðjudegi í janúar. Rafmagnsleysið er fyrirvalaust.

Vinsamlega færðu bendilinn á stikunni á þá upphæð sem þú telur samsvara virði þess fyrir heimili þitt að koma í veg fyrir rafmagnsleysi á heimilinu þínu í tímann sem tilgreindur er lengst til vinstri við hverja stiku. Ímyndaðu þér að upphæðin sé greidd í einu lagi.

0 kr. 100 250 500 1.000 1.500 2.000 3.000 4.000 5.000 7.500 10.000 15.000 20.000 25.000 30.000 40.000 50.000 60.000 75.000 100.000 125.000 kr. +

1 mín

2 klst

6 klst

24 klst

72 klst

Veit ekki

TIL BAKA ÁFRAM

MYND 6: Dæmi um spurningu um greiðsluvilja heimila til að forðast raforkuskort

Næst er svarandi spurður hversu mikið hann væri tilbúinn að greiða til að forðast 6 tíma raforkuskort sem hefst kl. 09 og kl. 01 á þriðjudegi í janúar. Til þess að auðvelda svaranda að komast að niðurstöðu eru honum sýndar upphæðirnar sem hann valdi fyrir samskonar raforkuskort sem hefst kl. 17 á þriðjudegi í janúar. Því næst er spurt um 6 tíma og 72 tíma raforkuskort sem hefst kl. 17 á laugardegi í janúar, þriðjudegi í júlí og þriðjudegi í janúar ef tilkynnt hefði verið um raforkuskort með góðum fyrirvara. Aftur eru svaranda sýnd svör sín frá fyrri spurningu til þess að auðvelda honum að velja upphæð.

Að lokum fær svarandi að sjá töflu þar sem öll svör hans birtast og hann hefur tækifæri á að breyta svörum sínum. Dæmi um töflu sem birtist svaranda má sjá á mynd 7. Svarendur sem gefa upp að greiðsluvilji sé núll fyrir raforkuskort sem varir í 6 klukkustundir eða lengur fá aðra spurningu sem spyr hvers vegna þeir eru ekki tilbúnir að greiða til þess að forðast raforkuskort. Tilgangurinn með þeirri spurningu er að aðskilja þá sem hafa raunverulega greiðsluviljann núll og þá sem að kusu að svara núll vegna þess að þeir eru að mótmæla því að þeir ættu að greiða fyrir að forðast raforkuskort. Eins fá þeir einstaklingar sem svara „Veit ekki“ aðra spurningu

Í töflunni hér fyrir neðan sérðu hvaða upphæðir þú gafst upp fyrir heimili þitt í spurningunum hér á undan. Ef þú óskar eftir að breyta einhverjum af svörum þínum þá getur þú gert það beint í töflunni.

Haltu áfram með könnunina ef þú ert ánægð(ur) með svörin sem þú gafst.

| | 1 mínúta | 2 klst | 6 klst | 24 klst | 72 klst |
|---|----------|--------|--------|---------|---------|
| kl. 17 á Þriðjudegi í janúar | 0 | 0 | 1000 | 5000 | 15000 |
| kl. 09 á Þriðjudegi í janúar | | | 500 | | |
| kl. 01 á Þriðjudagsnótt í janúar | | | 0 | | |
| kl. 17 á laugardegi í janúar | | | 500 | | 7500 |
| kl. 17 á Þriðjudegi í júlí | | | 500 | | 5000 |
| kl. 17 á Þriðjudegi í janúar – sem þú hefur verið látinn vita af fyrirfram | | | 500 | | 1000 |

TIL BAKA ÁFRAM

MYND 7: Dæmi um möguleg svör einstaklings úr könnuninni

3.2.5 Verðstika

Eins og komið hefur fram er megin ástæða þess að margar kannanir sem spyrja um greiðsluvilja styðjast við verðstiku að auka svarhlutfall í könnuninni. Flestir einstaklingar eiga erfitt með að setja verðgildi á hluti sem þeir hafa litla eða enga reynslu af. Þar sem meirihluti Íslendinga hefur ekki upplifað langvarandi raforkuskort er hætt við að einstaklingar ættu of erfitt með að setja peningalegt virði á það að forðast raforkuskort. Til þess að forðast það er hægt að nota verðstiku sem gefur einstaklingum hugmynd um algengustu svör og auðveldar einstaklingi að komast að greiðsluvilja sínum.

Það að bjóða svarendum upp á að staðsetja sig á verðstiku getur hins vegar valdið ákveðinni bjögun á svörum þar sem einstaklingar gætu breytt svörum sínum eftir því hvort þeir upplifi sem svör sín sem há eða lág miðað við önnur svör sem eru til staðar á verðstikunni. Notkun verðstiku felur því í sér ákveðin fórnarskipti þar sem aukið svarhlutfall hefur í för með sér mögulega bjögun svara.

Vegna þess að hönnun stikunnar getur haft áhrif á svör í könnuninni er mjög mikilvægt að hönnun hennar sé vönduð. Hönnun verðstikunnar byggði á þeirri hönnunarvinnu sem fór fram í Noregi. Á mynd 8 má sjá dæmi um spurningu um greiðsluvilja heimila úr könnun NVE. Verðskalinn er frá 0 NOK upp í 12.500 NOK. Ekki er jafnt bil milli allra gilda á stikunni, heldur er veldisvöxtur á milli gilda, stærra bil er á milli hærri gilda en þeirra lægri. Ljóst er að stikan sem lögð er fram þarf bæði að rúma það gildi sem flestir vilja gefa upp fyrir einnar mínútu truflun og tveggja tíma truflun sem og það gildi sem flestir gefa upp fyrir 72 tíma truflun.

Test - v1

Side 14 av 30

Hva er det verdt for husholdningen din å unngå kostnadene og ulempene ved ett strømbrodd i boligen din kl. 17 en typisk tirsdag i januar? Strømbroddet er ikke varslet på forhånd.

Flytt markøren til det høyeste beløpet det er verdt for husholdningen din å unngå ett strømbrodd i boligen din for hver av varighetene som er vist. Se for deg at beløpet betales som en engangsbetaling.

Varighet Vet ikke

1 minutt 12500

2 timer 12500

6 timer 12500

24 timer 12500

72 timer 12500

◀ ▶

NORSK GALLUP

MYND 8: Spurning um greiðsluvilja úr könnun NVE

Ákveðið var að halda sömu hlutföllum milli lægstu og hæstu upphæða stikunnar og í Noregi. Því er greiðslustíkan í könnuninni frá 0 kr. að 125.000 kr. Veldisvöxtur er milli upphæða stikunnar og er því styttra bil á milli lægri upphæða stikunnar en þeirra hærri.

3.2.6 Spurningar um bakgrunn svaranda

Að lokum er svarandi spurður nokkurra einfaldra spurninga um hvort að hvort að hann búi í eigin húsnæði, hverjar tekjur heimilisins eru. Svaranda er einnig gefið tækifæri til að koma á framfæri athugasemdum við framkvæmd könnunarinnar séu þær til staðar.

4 ÚRSVINNSLA SVARA

Gallup á Íslandi sá um framkvæmd og samantekt á svörum könnunarinnar. EFLA verkfræðistofa sá um úrvinnslu á niðurstöðum og skrif á skýrslu.

4.1 Úrtak og svarhlutfall

Könnunin var send á 2.339 einstaklinga, af þeim opnuðu 1.119 könnunina eða 47,8%. Af þeim sem opnuðu könnunina svöruðu 869 öllum spurningum í könnuninni eða 37,2% af útsendum könnunum og 77,7% af þeim sem opnuðu könnunina. Má að öllum líkindum rekja þetta til þess að könnunin er þyngri en almennar kannanir sem lagðar eru fyrir almenning á Íslandi.

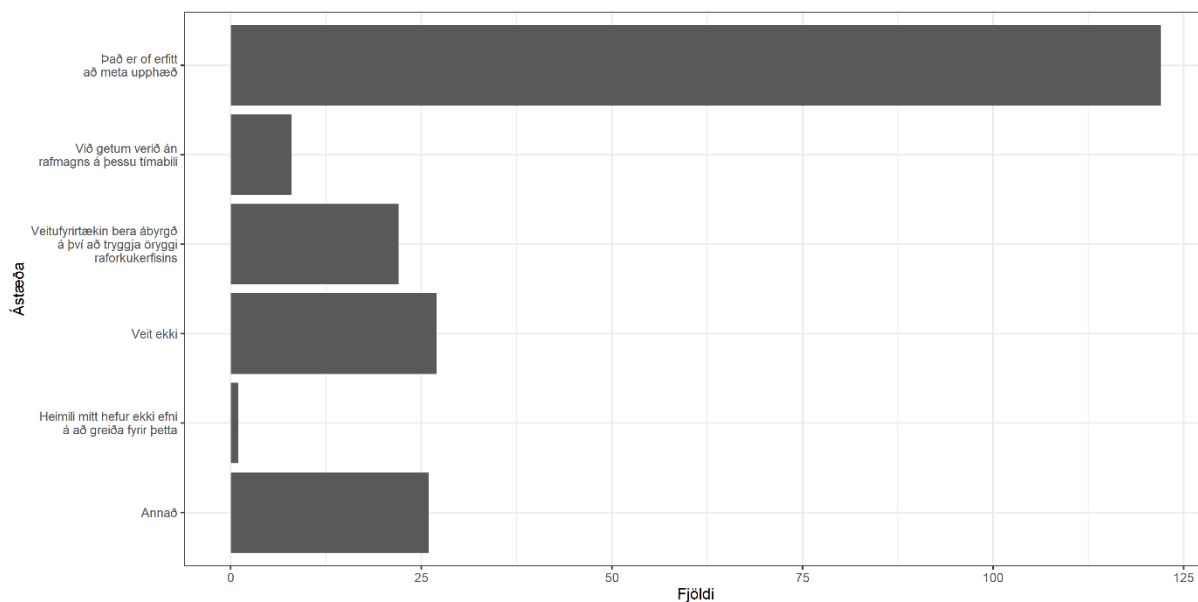
TAFLA 7: Svarhlutfall könnunar

| | FJÖLDI EINSTAKLINGA | HLUTFALL |
|--------------|---------------------|----------|
| Úrtak | 2.339 | 100% |
| Opna könnun | 1.119 | 48% |
| Klára könnun | 869 | 37% |

Þrátt fyrir að 869 einstaklingar hafi klárað könnunina var hluti þeirra sem svaraði öllum spurningum um greiðsluvilja til að forðast raforkuskort með *Veit ekki*. Alls svöruðu 207 einstaklingar öllum spurningum um hversu mikils virði það væri að forðast raforkuskort með *Veit ekki*. Ómögulegt er að segja með fullri vissu hvers vegna einstaklingar svöruðu öllum spurningum *Veit ekki*. Þeir sem svara *Veit ekki* fá þó aðra spurningu sem gefur að einhverju leiti til kynna hvers vegna þeir einstaklingar svöruðu *Veit ekki*.

Þú svaraðir einni eða fleiri spurningum um það hversu mikils virði það er fyrir þitt heimili að komast hjá rafmagnsleysi með Veit ekki. Hver er aðalástæðan fyrir því að þú svaraðir Veit ekki?

Fyrir þá 207 einstaklinga sem svöruðu “Veit ekki” við öllum mögulegum aðstæðum má sjá dreifingu svara við þeirri spurningu á mynd 9 .



MYND 9: Uppgefin ástæða fyrir *Veit ekki* svörum

Ljóst er að lang flestum fannst einfaldleg of erfitt að meta virði þess að forðast raforkuskort. Ekkert er hægt að gera með svör þeirra sem svara öllum spurningum um greiðsluvilja með *Veit ekki* og eru þeir 207 einstaklingar því fjarlægðir. Eftir standa þá 662 einstaklingar.

4.2 Fjarlægð svör

Þegar kostnaður er áætlaður með spurningakönnun er nauðsynlegt að vita að sú áhætta er til staðar að ekki allir gefi upp sinn „raunverulega“ kostnað. Hér verður farið yfir hvernig þau svör voru aðskilin frá öðrum svörum í könnuninni.

4.2.1 Mótmælasvör

Mótmælasvör eru skilgreind sem svör frá einstaklingum sem eru í raun tilbúnir að greiða upphæð hærri en núll til þess að forðast raforkuskort en kjósa að svara því að þeir séu ekki tilbúnir að greiða neitt. Fyrir þessu geta verið margar ástæður. Mögulega eru einstaklingar ósáttir við þá dreifiveitu sem þjónustar heimilið, mögulega telja þeir nú þegar raforkukostnað of mikinn. Hver svo sem ástæðan er þá er nauðsynlegt að taka tillit til þess þegar niðurstöður eru túlkaðar. Ef svör allra þeirra sem svara 0 kr. eru tekin með þegar meðal greiðsluvilji verður niðurstaðan vanmetin miðað við raunverulegan greiðsluvilja. Því er nauðsynlegt að aðskilja mótmælasvör frá þeim sem hafa raunverulegan greiðsluvilja jafnan núlli.

Í töflu 8 má sjá hlutfall þeirra sem svöruðu að þeir væru ekki tilbúnir að greiða til þess að forðast raforkuskort í mismunandi aðstæðum. Eins og við var að búast er hlutfallið herra fyrir styttri tímalengdir. 66% einstaklinga sem svöruðu könnuninni sögðu að heimilið væri ekki tilbúið að greiða fyrir að forðast einnar mínútu raforkuskort. Fleiri eru tilbúnir að greiða fyrir að forðast 6 klukkustunda raforkuskort sem hefst kl. 17 en raforkuskort sem hefst kl. 09 eða kl. 01. Fleiri eru tilbúnir að greiða til að forðast 6 klukkustunda sem á sér stað um helgi en raforkuskort sem á sér stað á virkum degi á sama

tíma dags. Færri eru tilbúnir að greiða til að forðast raforkuskort sem á sér stað um sumar en eru tilbúnir að greiða til að forðast raforkuskort sem á sér stað um vetur á sama vikudegi og tíma. Jafnframt eru færri tilbúnir að greiða til að forðast raforkuskort ef tilkynning berst um raforkuskortinn fyrirfram.

TAFLA 8: Hlutfall einstaklinga sem gefur upp greiðsluvilja 0 krónur

| AÐSTÆÐUR | 1 MÍNÚTA | 2 KLST | 6 KLST | 24 KLST | 72 KLST |
|--|----------|--------|--------|---------|---------|
| Kl. 17 þriðjudagur í janúar | 66% | 39% | 20% | 7% | 2% |
| kl.09 þriðjudagur í janúar | | | 26% | | |
| kl. 01 þriðjudagur í janúar | | | 31% | | |
| kl. 17 laugardagur í janúar | | | 16% | | 3% |
| kl. 17 þriðjudagur í júlí | | | 22% | | 4% |
| kl. 17 þriðjudagur í janúar, tilkynnt fyrirfram | | | 32% | | 8% |

Til að skilja á milli mótmælasvara og raunverulegra núllsvara var stuðst við sömu viðmið og við úrvinnslu könnunar NVE. Þeir einstaklingar sem gefa upp greiðsluviljann 0 kr. fá aðra spurningu þar sem þeir eru spurðir hvers vegna þeir eru ekki tilbúnir að greiða neina upphæð til að forðast rafmagnsleysi. Spurninguna má sjá á mynd 10 og dreifingu svara við spurningunni má sjá á mynd 11. Ef annar hvor fyrstu tveggja valmöguleikanna á mynd 10 er valinn er það túlkað sem svo að einstaklingur sé raunverulega ekki tilbúinn að greiða neina upphæð til þess að forðast raforkuskort. Ef annar hvor næstu tveggja möguleika er valinn er ljóst að raunverulegur greiðsluvilji til að forðast raforkuskort er ekki núll heldur einhver ákveðin upphæð sem ekki var gefin upp. Því er svarið túlkað sem mótmælasvar og öll svör þess einstaklings eru fjarlægð úr úrtakinu.

Þú svaraðir a.m.k. einni spurningu hér á undan þannig að virði þess fyrir heimili þitt að koma í veg fyrir rafmagnsleysi væri 0 kr.

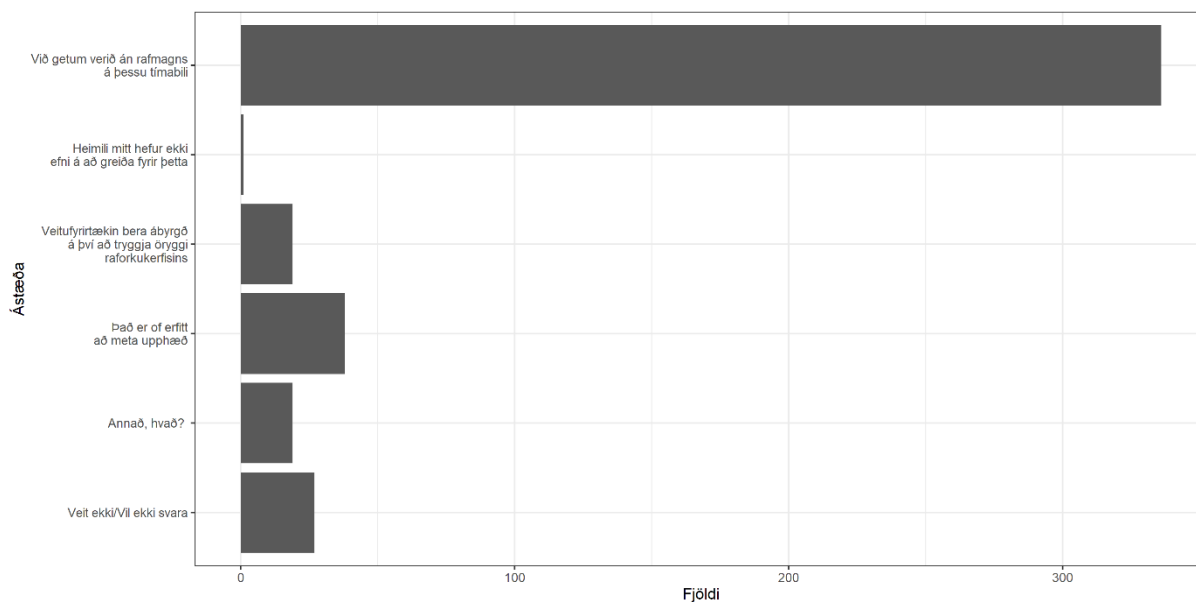
Hver er aðalástæðan fyrir því að þú svaraðir 0 kr?

- Við getum verið án rafmagns á þessu tímabili
- Heimili mitt hefur ekki efni á að greiða fyrir þetta
- Veitufyrirtækin bera ábyrgð á því að tryggja öryggi raforkukerfisins
- Það er of erfitt að meta upphæð
- Annað hvað? Vinsamlega tilgreinið:
- Vil ekki svara
- Veit ekki

TIL BAKA

ÁFRAM

MYND 10: Spurning 27 sem birtist einstaklingum sem svara 0 kr.



MYND 11: Dreifing svara við spurningu 27

Einnig fá einstaklingar möguleika á að koma með eigin útskýringu á hvers vegna þeir sögðu að þeir væru ekki tilbúnir að greiða til þess að forðast raforkuskort með því að velja *Annað, hvað?*. Farið var í gegnum þær athugasemdir sem þar bárust og voru svör 3 einstaklinga af 19 sem völdu *Annað, hvað?* flokkuð sem mótmælasvör.

Alls völdu 19 einstaklingar valmöguleikann *Veitufyrirtækin bera ábyrgð á því að tryggja öryggi raforkukerfisins*, 38 einstaklingar völdu valmöguleikann *Það er of erfitt að meta upphæð*. Samanlagt eru því svör 60 einstaklinga skilgreind sem mótmæla svör og eru öll svör þeirra einstaklinga fjarlægð. Heildarfjöldi einstaklinga eftir að hafa fjarlægð mótmælasvör er því 602.

4.2.2 Óeðlileg svör

Ekki er víst að allir þeir sem vilji ekki gefa upp raunverulegan greiðsluvilja sinn kjósi að segja að þeir séu ekki tilbúnir að greiða fyrir það að forðast raforkuskort. Til dæmis gætu einstaklingar gefið upp óeðlilega háan greiðsluvilja eða gefið svör að handahófi. Það er engin ein rétt leið til þess að skilgreina óeðlileg svör. Ómögulegt er að skilgreina hámark greiðsluvilja sem einstaklingar geta verið með og fjarlægja öll svör yfir þeirri upphæð. Einstaklingar eru mismunandi og túlka áhrif rafmagnsleysis á mismunandi hátt.

Hér verður stuðst við sömu þrjár reglur og við úrvinnslu NVE til þess að fjarlægja óeðlileg svör.

- Regla 1:
Þeir sem gefa upp hærri greiðsluvilja fyrir styttri tíma en fyrir lengri tíma eru fjarlægðir sem og þeir sem gefa upp hærri greiðsluvilja fyrir fyrirfram tilkynntan en ótilkynntan raforkuskort. Ef eitt svar einstaklings er órökrétt er öllum svörum hans hent út. Heildarfjöldi einstaklinga með óeðlileg svör skv. reglu 1 eru 78 einstaklingar.
- Regla 2:

Svör einstaklinga sem gefa upp sama greiðsluvilja fyrir rafmagnsleysi sem varir í 1 mínútu og í 72 klukkustundir eru fjarlægð. Regla 2 inniheldur einnig reglu 1. Heildarfjöldi einstaklinga með óeðlileg svör skv. reglu 2 eru 93 einstaklingar

- Regla 3:

Svör einstaklinga sem gefa upp sama greiðsluvilja fyrir rafmagnsleysi sem varir í 1 mínútu og í 24 klukkustundir eru fjarlægð. Regla 3 inniheldur einnig reglu 1 og reglu 2. Heildarfjöldi einstaklinga með óeðlileg svör skv. reglu 3 eru 114 einstaklingar.

Heildarfjöldi svarenda eftir að hafa fjarlægt einstaklinga með óeðlileg svör og mótmælasvör eru því 488 einstaklingar.

4.2.3 Handvirkt fjarlægð svör og fyllt inn fyrir gagnagöt

Að lokum var farið í gegnum þau svör sem eftir voru og þau svör fjarlægð sem talin voru óeðlileg en höfðu komist í gegnum þær reglur sem hingað til hafa verið komist í gegnum þau skilyrði sem sett hafa verið. Eru þetta svör tveggja einstaklinga, sá fyrri gaf upp 60.000 kr. greiðsluvilja fyrir allar tímalengdir 6 klst. og styttri en 125.000 kr. fyrir allar tímalengdir lengri en 6 klst, seinni gaf upp greiðsluvilja 125.000 kr. fyrir 1 mín. en svaraði *Veit ekki* fyrir allar aðrar aðstæður. Eftir standa þá svör 486 einstaklinga.

Jafnframt var fyllt inn fyrir gagnagöt (e. missing values) einstaklinga sem höfðu svarað *Veit ekki* fyrir styttri tímalengdir en gefið upp 0 kr. greiðsluvilja fyrir lengri tímalengdir í sömu aðstæðum.

- Einstaklingur með *Veit ekki* f. 1 mín raforkuskort en 0 kr. fyrir 2 klst raforkuskort fær 0 kr. fyrir 1 mín raforkuskort
- Einstaklingur með *Veit ekki* f. 1 mín raforkuskort og/eða 2 klst raforkuskort en 0 kr. fyrir 6 klst raforkuskort fær 0 kr. fyrir 2 klst raforkuskort og/eða 1 mín

4.3 Vigtun svara

Úrtak þessarar könnunar eru þeir einstaklingar í úrtakshópi Gallup sem svöruðu könnuninni, þýðið er öll íslenska þjóðin. Ljóst er að úrtak okkar endurspeglar ekki undirliggjandi þýði fullkomlega. Er þetta algengt vandamál í framkvæmd spurningakannana og oftast leyst þannig að svör eru vigtuð eftir persónueinkennum svarenda svo að þau endurspegli hlutfall þeirra persónueinkenna í undirliggjandi þýði. Var vigtun framkvæmd af Gallup, voru gögnin vigtuð í tveimur skrefum, fyrst eftir menntun (forvigtun) og svo í seinna skrefi eftir kyni, aldri og búsetu sem er aðalvigtunin. Þeir flokkar sem vigað var eftir eru sýndir í töflu 9.

TAFLA 9: Vigtunarflokkar Gallup

| | KYN | ALDUR | BÚSETA |
|---------|--------|------------------|-------------------|
| Flokkar | Karlar | 18-24 ára | Höfuðborgarsvæðið |
| | Konur | 25-34 ára | Landsbyggðin |
| | | 35-44 ára | |
| | | 45-54 ára | |
| | | 55-64 ára | |
| | | 65 ára eða eldri | |

4.4 Greiðsluvilji heimila til að forðast raforkuskort

4.4.1 Mat á greiðsluvilja heimila við að forðast raforkuskort

Hver og einn svarandi gefur upp ákveðna upphæð sem hann segir heimili sitt vera tilbúið að greiða til þess að forðast raforkuskort. Úrvinnsla svara er þó ekki jafn einföld og kann að virðast við fyrstu sýn. Til að byrja með er upphæðin sem svarandi gefur upp ekki raunverulegur greiðsluvilji hans heldur sú upphæð sem er til staðar á skalanum sem kemst næst raunverulegum greiðsluvilja hans. Einstaklingur velur ákveðna upphæð á greiðsluskalanum sem hann er tilbúinn að greiða til þess að forðast raforkuskort en jafnframt gefur hann upp að hann sé ekki tilbúinn að greiða næstu upphæð fyrir ofan á skalanum. Raunverulegur greiðsluvilji einstaklingsins getur því legið hvar sem er á milli þeirrar upphæðar sem hann valdi og næstu upphæðar fyrir ofan.

Ýmsar aðferðir hafa verið notaðar til þess að nálgast raunverulega greiðsluvilja einstaklings. Hér verður farið yfir þrjár þeirra:

Miðpunktur verðbils

Gert er ráð fyrir að raunverulegur greiðsluvilji hafi u.þ.b. normal dreifingu á því verðbili sem gefið er upp. Því má nálgast raunverulegan greiðsluvilja með miðgildi verðbilsins sem einstaklingur gefur upp. Sýnt hefur verið að þessi nálgun gefur góða niðurstöðu ef verðstíkan er vel hönnuð og bil milli gilda á verðstíkunni er lítið. Sérstaklega er mikilvægt að stutt sé á milli gilda þar sem flestir staðsetja sig á stíkunni en gert er ráð fyrir að fleiri gefi upp lægri upphæðir en hærri [11].

Þetta er gert fyrir alla nema þá sem svara núll eða þá sem að skrifa sjálfir hærri upphæð en er í boði á stíkunni. Greiðsluvilja heimila má þá reikna sem meðaltal allra núll svara, miðgilda verðbils og svara sem eru hærri en stíkan leyfir.

Bilaðhvarf (e. interval regression)

Byggir á að nota sennileikamat (e. maximum likelihood estimation) byggt á því að undirliggjandi dreifing svara sé log-normal dreifing. Cameron og Huppert [11] útleiddu það líkindafall sem hámarka þarf og sýndu fram á að niðurstöður eru oft örlítið frábrugðnar því ef stuðst er við meðaltal miðgilda verðbils en það veltur fyrst á fremst á hönnun greiðslustíkkunnar hve mikill munur er á aðferðunum.

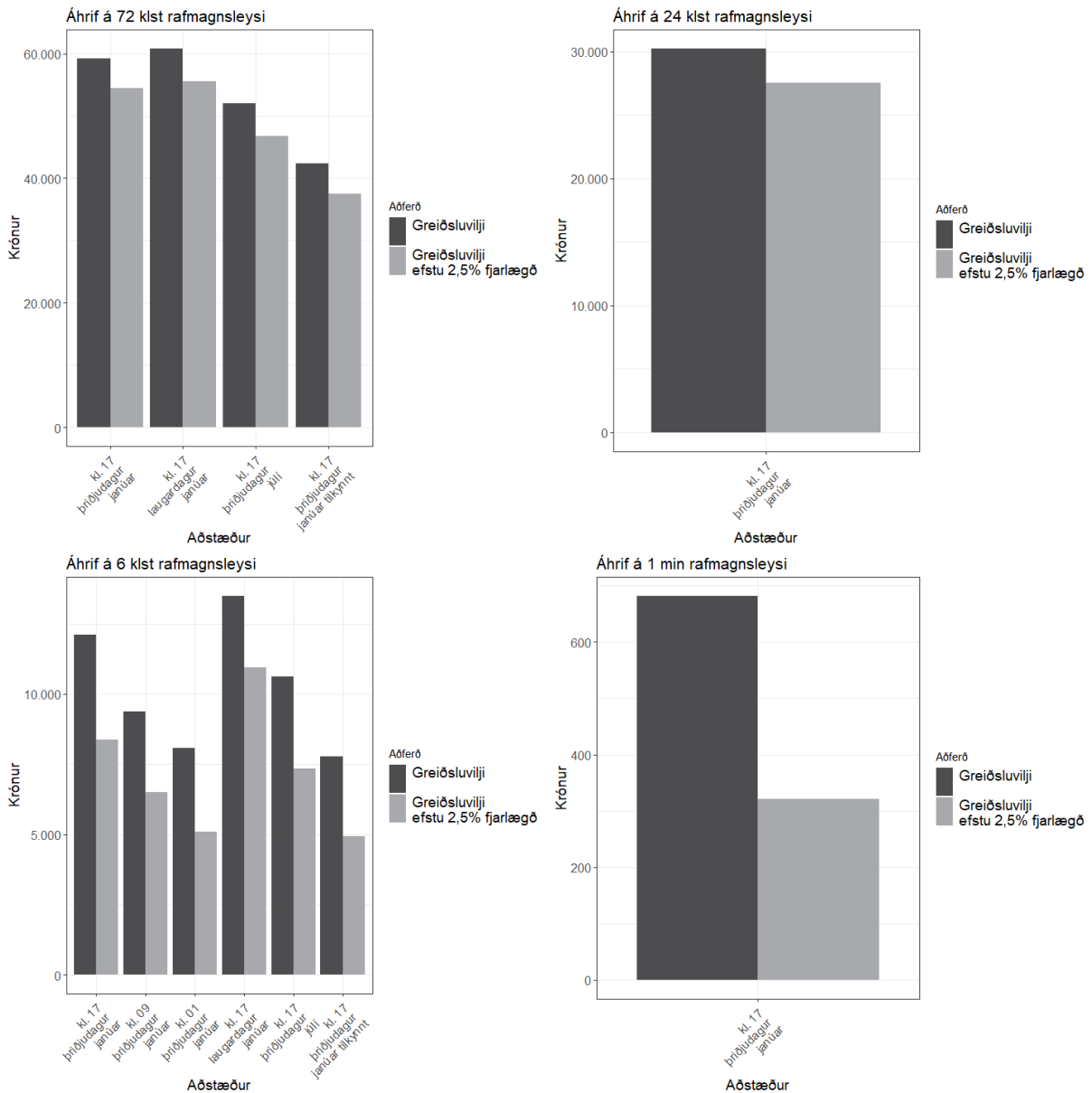
Lágpunktur verðbils

Gert er ráð fyrir að svar einstaklinga sé raunverulegur greiðsluvilji hans. Þar sem það er eina upphæðin sem við höfum staðfestar heimildir fyrir að einstaklingur sé tilbúinn að greiða. Greiðsluvilja heimila má þá reikna sem meðaltal allra núll svara, lággilda verðbils og svara sem eru hærri en stíkan leyfir.

Vista Analyse sýndi fram á að allar aðferðirnar gefa svipaða niðurstöðu þegar stuðst er við þá verðstíku sem notuð var hérlendis og í Noregi [7]. Því var kosið að styðjast við þá meginaðferð sem notuð var í Noregi sem var að nota meðaltal miðgilda verðbils eftir að búið er að vigta svör til þess að reikna greiðsluvilja heimila.

Ljóst er þegar greiðsluvilji er reiknaður að fáir einstaklingar sem gefa upp hlutfallslega háar upphæðir eru að hafa mikil áhrif á niðurstöðurnar sérstaklega þegar kemur að styttri tímalengdum. Er þetta dæmi

um útlaga (e. outliers), ekki er til nein rétt leið til að eiga við slík gildi. Talið var að það að fjarlægja efstu 2,5% svara gæfi nákvæmari mynd af raunverulegum greiðsluvilja heimila. Var það gert á þá vegu að öllum svörum var raðað í stærðarröð fyrir hverjar aðstæður, næst var miðað við 2,5% af þeim 486 einstaklingum sem standa eftir og því efstu 12 svörin voru fjarlægð. Eru fordæmi fyrir því að fjarlægja efstu 2,5% svara um greiðsluvilja vegna þeirra áhrifa sem þau hafa á heildarniðurstöður, en var það t.d. gert í könnun um kostnað sánskra heimila um kostnað vegna raforkuskorts [12]. Á mynd 12 má sjá áhrif þess á greiðsluvilja að fjarlægja útlaga. Sjá má að útlagar hafa töluverð áhrif á styttri tímalengdir en áhrifin á lengri tímalengdir eru ekki jafn mikil.



MYND 12: Greiðsluvilji einstaklinga til að forðast raforkuskort fyrir og eftir að útlagar hafa verið fjarlægðir

Í töflu 10 má sjá greiðsluvilja heimila til að forðast raforkuskort sem hefst á þriðjudegi í janúar og varir í mislangan tíma. Jafnframt má sjá öryggisbil fyrir upphæðina og fjölda svara á bakvið hverja upphæð. Öryggisbil er skilgreint sem það bil sem 95% líkur eru á að raunveruleg upphæð liggja á. Sem dæmi má sjá í töflu 10 að 95% líkur eru taldar á að greiðsluvilji heimila til að forðast 1 mín. raforkuskort sé á milli

231 kr. og 412 kr. Fjöldi svara sveiflast til vegna þess að fjöldi *Veit ekki svara* er ekki sá sami milli tímalengda.

TAFLA 10: Greiðsluvilji til að forðast raforkuskort sem á sér stað kl. 17 á þriðjudegi í janúar

| | 1 MÍN | 2 KLST | 6 KLST | 24 KLST | 72 KLST |
|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Greiðsluvilji | 321 | 2.121 | 8.365 | 27.492 | 54.393 |
| 95% Öryggisbil ¹ | [230,5 – 411,8] | [1.681,3 - 2.561,1] | [7.012,9 - 9.717,4] | [23.422,2 - 31.561,4] | [48.744,9 - 60.041,2] |
| Fjöldi svara | 393 | 410 | 401 | 406 | 407 |

Í töflu 11 má sjá greiðsluvilja heimila til að forðast raforkuskort sem verður í mismunandi aðstæðum og varir mislengi. eru niðurstöður á þá leið sem búist var við áður en könnunin var lögð fyrir. Greiðsluvilji eykst eftir því sem tímalengd raforkuskorts eykst. Greiðsluvilji er lægri þegar raforkuskortur á sér stað yfir daginn meðan flestir eru í vinnu og á nóttunni þegar flestir eru sofandi. Greiðsluvilji er hærri um helgi en á virkum degi en lægri um sumar en um vetur. Jafnframt er greiðsluvilji til að forðast raforkuskort lægri ef tilkynning berst um raforkuskortinn með góðum fyrirvara.

TAFLA 11: Greiðsluvilji heimila til að forðast raforkuskort

| AÐSTÆÐUR | 1 MÍN | 2 KLST | 6 KLST | 24 KLST | 72 KLST |
|---|-------|--------|--------|---------|---------|
| Kl. 17 þriðjudagur í janúar | 321 | 2.121 | 8.365 | 27.492 | 54.393 |
| kl. 09 þriðjudagur í janúar | | | 6.496 | | |
| kl. 01 þriðjudagur í janúar | | | 5.087 | | |
| kl. 17 laugardagur í janúar | | | 10.953 | | 55.612 |
| kl. 17 þriðjudagur í júlí | | | 7.345 | | 46.782 |
| kl. 17 þriðjudagur í janúar, tilkynnt fyrirfram | | | 4.922 | | 37.526 |

4.4.2 Áhrif persónulegra einkenna svarenda á greiðsluvilja

Ásamt því að vita hver greiðsluvilji heimila er höfum við einnig áhuga á því að vita hvernig greiðsluvilji heimila breytist með persónulegum einkennum þess sem svarar spurningunum. Það getur gefið vísbendingu um hvaða eiginleikar hafa mest áhrif á greiðsluvilja heimila til þess að forðast raforkuskort.

Í töflu 12 má sjá lýsandi tölfræði (e. descriptive statistics) um persónueinkenni svarenda eftir að mótmælasvör og óeðlileg svör hafa verið fjarlægð.

¹ Öryggisbil reiknað miðað við t-dreifingu

TAFLA 12: Persónueinkenni einstaklinga sem svara könnuninni

| | MEÐALTAL | MIÐGILDI | STAÐALFRÁVIK | HÁGILDI | LÁGGILDI | FJÖLDI SVARA |
|---|----------|----------|--------------|-----------|----------|--------------|
| Aldur | 51,85 | 53 | 16,12 | 89 | 19 | 486 |
| Kyn | 0,56 | 1 | 0,50 | 1 | 0 | 486 |
| Svæði | 0,67 | 1 | 0,47 | 1 | 0 | 486 |
| Tekjur heimilis | 969.660 | 875.000 | 456.860 | 1.750.000 | 125.000 | 412 |
| Eigið húsnæði | 0,85 | 1 | 0,35 | 1 | 0 | 470 |
| Svaraði í tölvu | 0,83 | 1 | 0,37 | 1 | 0 | 486 |
| Meira fjármagn í að tryggja afhendingaröryggi raforku | 0,68 | 1 | 0,47 | 1 | 0 | 459 |
| Upplifað langvarandi rafmagnsleysi síðustu 5 ár | 0,04 | 0 | 0,20 | 1 | 0 | 483 |
| Rafhitun | 0,13 | 0 | 0,34 | 1 | 0 | 472 |

Sjá má að meðalaldur þeirra sem svöruðu könnuninni er aðeins hærri en meðalaldur íslensku þjóðarinnar sem var 38,3 árið 2020 [10]. Fleiri karlar en konur svöruðu könnuninni en breytan kyn tekur gildi 1 hjá körlum og 0 hjá konum. Breytan svæði tekur gildi 1 ef einstaklingur býr á höfuðborgarsvæðinu en 0 annars. Tekjur eiga við heildartekjur heimilis fyrir skatt. Flestir sem svara könnuninni búa í eigin húsnæði og meirihluti vill eyða meira fjármagn í að tryggja afhendingaröryggi raforku. Fáir hafa upplifað langvarandi rafmagnsleysi síðustu 5 ár og um 13% einstaklinga sem svara könnuninni eru með rafhitun.

Þar sem við höfum upplýsingar um greiðsluvilja frá hverjum einstaklingi, ásamt upplýsingum um persónuleg einkenni hans byggt á svörum hans er hægt að setja upp líkan sem metur hver áhrif þessara einkenna eru á greiðsluvilja heimilisins.

Hér verður línulegri aðhvarfsgreiningu beitt til að kanna hvernig einkenni svaranda hafa áhrif á hversu mikið heimili er tilbúið að greiða til þess að forðast raforkuskort.

Líkanið er sett upp á þann hátt að tekinn er náttúrulegi logrinn af greiðsluvilja heimila sem og samfelldu skýribreytunum. Þetta er gert til þess að tryggja að metinn greiðsluvilji verði ekki neikvæður en einnig er þá hægt að túlka samfelldu skýribreyturnar sem teygni. Þar sem stór hluti svara er núll og ekki er hægt að taka náttúrulegan logra af núlli er tekinn náttúrulegi logrinn af greiðsluvilja einstaklinga að viðbætti einni krónu.

Við mátum eftirfarandi líkan:

$$\ln(GV_i + 1) = \alpha + X' \beta + u_i$$

$$GV_i = \text{Greiðsluvilji einstaklings } i$$

$$\alpha = \text{Fasti}$$

$$X = \text{Vigur skýribreyta þar sem náttúrulegi logrinn hefur verið tekinn af samfelldum breytum}$$

$$u_i = \text{Villuliður}$$

Tímalengd raforkuskorts er sett inn sem skýribreyta, ásamt því að settar eru inn vísibreytur (e. dummy variable) fyrir þær aðstæður sem spurt er um í könnuninni.

TAFLA 13: Áhrif persónueinkenna á greiðsluvilja

| SKÝRIBREYTA | MAT | ÖRYGGISBIL | P |
|---|---------------|---------------|------------------|
| (Skurðpunktur) | -1,77 | -4,88 – 1,34 | 0,264 |
| aldur | -0,20 | -0,51 – 0,11 | 0,208 |
| kyn | 0,08 | -0,11 – 0,27 | 0,43 |
| hbr | -0,17 | -0,39 – 0,05 | 0,12 |
| tekjur | 0,24 | 0,06 – 0,42 | 0,011 |
| tölva | -0,70 | -0,99 – -0,42 | <0,001 |
| leigi_raf | -0,73 | -1,20 – -0,26 | 0,002 |
| leigi_ekki_raf | -0,22 | -0,59 – 0,16 | 0,252 |
| foreldra | -0,84 | -1,40 – -0,27 | 0,004 |
| fjarmagn_meira | 1,17 | 0,14 – 2,21 | 0,026 |
| fjarmagn_jafnt | 0,92 | -0,12 – 1,97 | 0,083 |
| rafmagnsleysi | 0,59 | 0,13 – 1,05 | 0,012 |
| rafhitun | 0,07 | -0,22 – 0,37 | 0,621 |
| min | 1,07 | 1,02 – 1,11 | <0,001 |
| morgun | -1,17 | -1,52 – -0,82 | <0,001 |
| nótt | -2,02 | -2,37 – -1,68 | <0,001 |
| helgi | 0,18 | -0,10 – 0,46 | 0,203 |
| sumar | -0,35 | -0,63 – -0,07 | 0,014 |
| tilkynnt | -1,26 | -1,54 – -0,98 | <0,001 |
| Mælingar | 4.031 | | |
| R² / R² adj. | 0.410 / 0,407 | | |

Þegar afgangslíðir líkansins eru skoðaðir sést að þeir eru þeir ekki normaldreifðir og augljós fylgni er milli metins greiðsluvilja og afgangslíða. Afleiðingar þess eru að varlega þarf að fara í að túlka niðurstöður líkansins þ.e. ekki ætti að leggja of mikið traust á nákvæmni þeirra stuðla sem hér eru settir fram né áreiðanleika p-gilda þeirra stuðla þar sem staðalskekkja (e. standard error) skýribreytanna er ekki rétt metin. Er þetta ekki óeðlileg niðurstaða og í samræmi við niðurstöður NVE í Noregi. Það er fjöldinn allur af breytum sem hefur áhrif á hversu mikið heimili eru tilbúin að greiða til þess að forðast raforkuskort og höfum við einungis fangað lítinn hluta þeirra hér. Tilgangur þessarar línulegu aðhvarfsgreiningar er fyrst og fremst að kanna hvort könnunin hafi virkað eins og búist var við, er það gert með því að kanna hvort formerki stuðla séu eins og búist hefði verið við fyrir könnunina.

Sjá má að eldra fólk hefur lægri greiðsluvilja en yngra fólk, er þetta í takti við fyrri rannsóknir erlendis. Karlar virðast hafa örlítið hærra greiðsluvilja en konur. Fólk á höfuðborgarsvæðinu hefur lægri greiðsluvilja en fólk á landsbyggðinni. Eftir því sem tekjur heimilis hækka eykst greiðsluvilji til að forðast raforkuskort. Einstaklingar sem svara könnuninni í tölvu hafa lægri greiðsluvilja en þeir sem svara í síma, líklegt er að hér sé hluti vegna þeirra áhrifa sem aldur hefur á greiðsluvilja.

Þeir sem leigja íbúð með rafmagn innifalið í leiguverði hafa lægri greiðsluvilja en þeir sem búa í eigin húsnæði, þeir sem leigja án þess að rafmagn sé innifalið virðast líka hafa lægri greiðsluvilja en þeir sem búa í eigin húsnæði en þó ekki er munurinn minni en þegar rafmagn er innifalið í leigu. Þeir sem búa í foreldrahúsum hafa lægri greiðsluvilja en þeir sem búa í eigin húsnæði. Hætta er á að hér sé verið að meta hluta þeirra áhrifa sem tekjur hafa á greiðsluvilja.

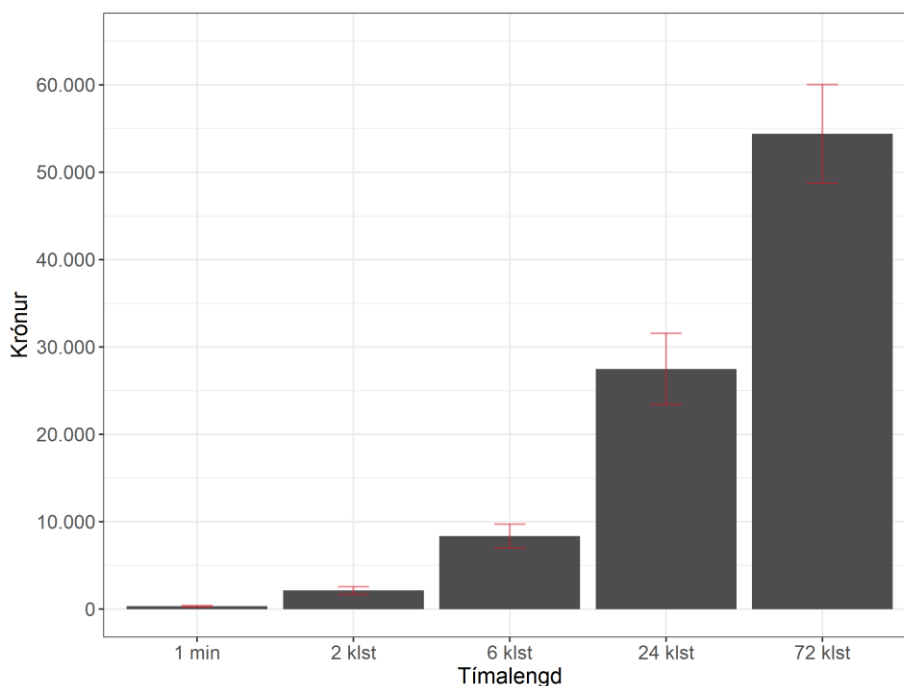
Þeir einstaklingar sem sögðu að samfélagið ætti að eyða meira fé í að tryggja raforkuöryggi hafa hærrí greiðsluvilja, einnig þeir sem sögðu að samfélagið ætti að eyða jafn miklu fé í að tryggja raforkuöryggi. Þeir sem hafa áður upplifað langvarandi rafmagnsleysi hafa hærrí greiðsluvilja til að forðast raforkuskort en þeir sem hafa ekki upplifað langvarandi rafmagnsleysi áður. Þeir sem eru með rafhitun hafa hærrí greiðsluvilja en þeir sem eru ekki með rafhitun.

Eftir því sem tímalengd rafmagnsleysis sem spurt er um eykst hækkar greiðsluvilji heimila til að forðast það rafmagnsleysi. Greiðsluvilji til að forðast rafmagnsleysi sem hefst kl. 09 er lægri en greiðsluvilji til að forðast rafmagnsleysi sem hefst kl. 17. Sama gildir um rafmagnsleysi sem hefst kl. 01. Greiðsluvilji til að forðast rafmagnsleysi sem á sér stað um helgi er hærrí en greiðsluvilji til að forðast rafmagnsleysi sem á sér stað á virkum degi. Greiðsluvilji er lægri að til að forðast rafmagnsleysi að sumri en vetri og jafnframt er greiðsluvilji lægri þegar kemur að rafmagnsleysi sem tilkynnt hefur verið um með góðum fyrirvara.

Niðurstaða líkansins er sú að könnunin virðist hafa heppnast vel þar sem að áhrif skýribreyta á greiðsluvilja eru á þá leið sem búist var við fyrir könnunina. Varlega þarf að fara í að túlka stuðla við skýribreytur (það er hve mikil áhrif hækkan um eina einingu í ákveðinni skýribreytu hefur á greiðsluvilja) of nákvæmlega vegna þeirra vandamála sem koma í ljós þegar afgangslíðir líkansins eru skoðaðir, því verður ekki farið nánar í áhrif einstakra persónueinkenna á greiðsluvilja.

4.4.3 Tölfræði próf

Á mynd 13 má sjá töflu 10 myndrænt þar sem sýndur er greiðsluvilji heimila eftir tímalengd raforkuskorts kl. 17 á þriðjudegi í janúar. Jafnframt er sýnt 95% öryggisbil svara eins og gert var í töflu 10. Ljóst er að greiðsluvilji heimila eykst eftir því sem tímalengd raforkuskorts eykst.



MYND 13: Greiðsluvilji vegna rafmagnsleysis kl.17 á þriðjudegi í janúar

Tölfræðilega marktækur munur er á greiðsluvilja heimila eftir tímalengd raforkuskorts. Hér verða sett fram tölfræðileg próf til að kanna hvort að einnig sé marktækur munur sé milli 6 tíma og 72 tíma raforkuskorts eftir tímasetningu og aðstæðum. Er talið nauðsynlegt að framkvæma tölfræðipróf svo hægt sé að fullyrða að sá munur sem er í greiðsluvilja í mismunandi aðstæðum sé ekki einungis vegna handahófskenndra sveiflna í svörum einstaklinga. Jafnframt gerir það okkur kleift að setja fram leiðréttingarstuðla vegna mismunandi aðstæðna eins og kemur fram í kafla 5 með öruggari hætti. Til að draga ályktun um það er stuðst við þrjú mismunandi tölfræðipróf.

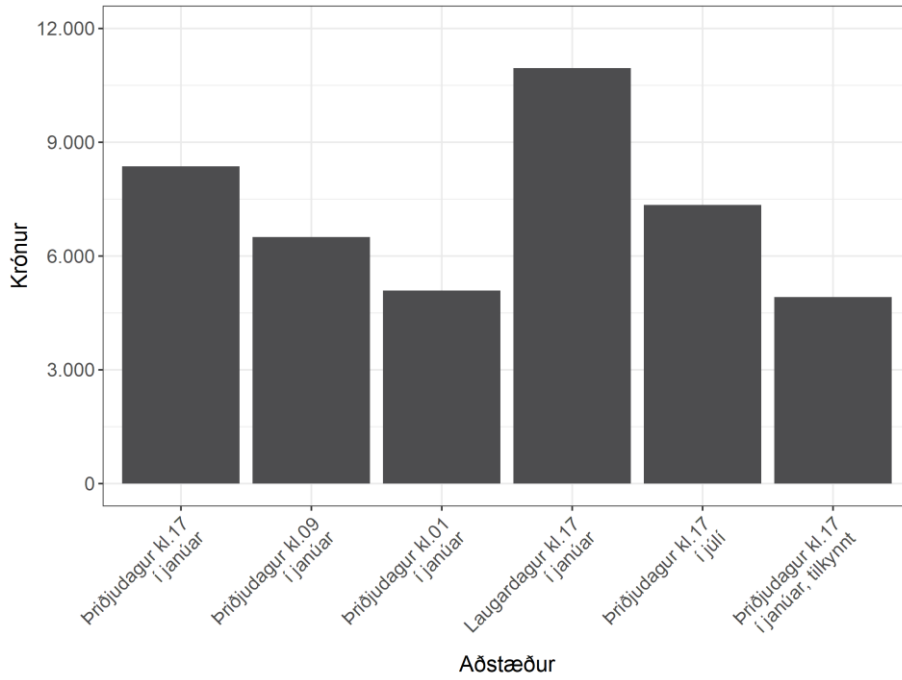
Fyrsta er t-próf óparaðra úrtaka (e. unpaired t-test), þar er núlltilgátan að breytturnar tvær sem verið er að bera saman hafi sama meðaltal, einnig er stuðst við t-próf paraðra úrtaka (e. paired t-test) þar sem núlltilgátan er að mismunur milli tveggja svara sama einstaklings í mismunandi aðstæðum sé að meðaltali núll. Þar sem að breytturnar sem skoðaðar eru fylgja ekki normal dreifingu var einnig talið við hæfi að styðjast við stikalaust próf (e. non-parametric test). Því var einnig framkvæmt Wilcoxon signed rank próf þar sem núlltilgátan er að miðgildi mismunar milli tveggja breyta er núll. Niðurstöður þessara tölfræðiprófa má sjá í töflu 14.

TAFLA 14: Niðurstöður tölfræði prófa

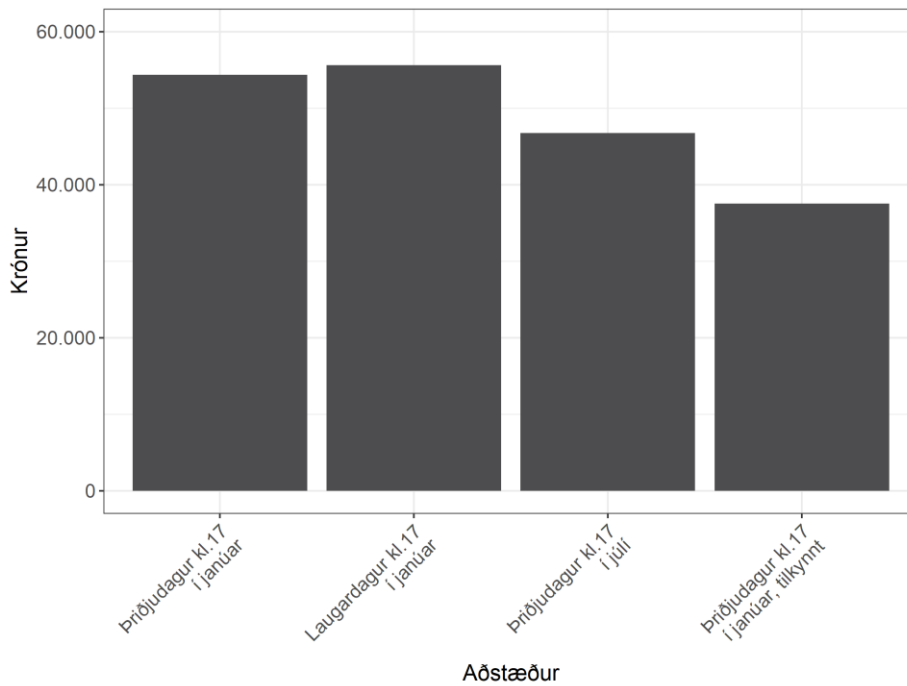
| | ÓPARAÐ T- PRÓF 6 KLST | PARAÐ T- PRÓF 6 KLST | WILCOXON SIGNED RANK PRÓF 6 KLST | ÓPARAÐ T-PRÓF 72 KLST | PARAÐ T-PRÓF 72 KLST | WILCOXON SIGNED RANK PRÓF 72 KLST |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--|-----------------------------|----------------------------|--|
| KI 17 - KI 09 | 0,0397 | 0 | 0,0001 | | | |
| KI 17 - KI 01 | 0,0002 | 0 | 0 | | | |
| KI 09 - KI 01 | 0,0749 | 0,0094 | 0,0063 | | | |
| Laugardagur - Þriðjudagur | 0,0191 | 0 | 0,0381 | 0,7687 | 0,9732 | 0,8812 |
| Janúar - Júlí | 0,2982 | 0 | 0,0471 | 0,0548 | 0 | 0,0354 |
| Tilkynnt - Ótilkynnt | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Hér ætti fyrst og fremst að miða við niðurstöður Wilcoxon signed rank prófsins þar sem t-próf krefst þess að gögn nálgist normal dreifingu, svör um greiðsluvilja heimila eru langt frá því að nálgast normal dreifingu og eru mun nærri log-normal dreifingu þar sem stór hluti svara er við núllið en dreifingin hefur jafnframt langan hala til hægri, því eru niðurstöður t-prófa varasamar. Wilcoxon gerir ekki kröfu um normal dreifingu enda stikalaust próf.

Marktækur munur er ekki milli aðstæðna í einu tilviki þegar miðað er við Wilcoxon sigend rank próf, það er fyrir 72 klst raforkuskort á laugardegi eða þriðjudegi. Það þýðir að sá munur sem við sjáum á uppgefnum greiðsluvilja fyrir 72 klst raforkuskort sem hefst á þriðjudegi annarsvegar og laugardegi hins vegar er ekki tölfræðilega marktækur. Er þetta skiljanlegt þar sem að það rafmagnsleysi sem spannar 3 daga og skiptir ekki öllu hvaða vikudagur er upphafsdagurinn þar sem nokkrir vikudagar verða fyrir áhrifum í báðum tilvikum, bæði helgardagar og virkir dagar.



MYND 14: Greiðsluvilji vegna 6 klukkustunda raforkuskorts í mismunandi aðstæðum



MYND 15: Greiðsluvilji vegna 72 klukkustunda raforkuskorts í mismunandi aðstæðum

5 ÚTREIKNINGUR KOSTNAÐARFALLA HEIMILA

5.1 Munur á kostnaði og greiðsluvilja

Hingað til hafa hugtökin *kostnaður* og *greiðsluvilji* verið að miklu leyti notuð án þess að gerður sé sérstakur greinarmunur á þeim. Greiðsluvilji er gefinn upp í krónum. Kostnaður heimilis er aftur á móti almennt metinn í krónum miðað við raforkunotkun heimilis. Til þess að hægt sé að setja fram kostnað heimila vegna raforkuskorts byggt á niðurstöðum könnunarinnar þarf að staðla greiðsluvilja heimila miðað við raforkunotkun þeirra.

Taka þarf mið af gögnum um raforkunotkun þegar tölur um kostnað eru settar fram svo hægt sé að bera saman mismunandi notendur raforku. Kostnað heimilis byggt á greiðsluvilja og raforkunotkun heimilisins má setja fram sem:

$$c_{N,i}(r, t) = \frac{GV_i(r, t)}{N_i(r, t)}$$

þar sem:

$c_{N,i}(r, t)$ = Kostnaður heimilis i , fyrir raforkuskort af lengd r , á tíma t [kr./kW eða kr./kWh]

$GV_i(r, t)$ = Greiðsluvilji heimilis i , fyrir raforkuskort af lengd r , á tíma t [kr.]

$N_i(r, t)$ = Tölur um raforkunotkun/afþörf á heimili i , miðað við tímalengd r , á tíma t [kW eða kWh]

Ákvörðun um hvaða gögn um notkun raforku eru notuð til þess að reikna kostnað heimilis velta að hluta til á því hvaða gögn eru til staðar. Oftast er stuðst við meðalnotkun heimila þar sem að gögn um raforkunotkun eru sjaldan til fyrir hvert og eitt heimili öllum stundum. Í töflu 15 má sjá þau gögn um raforku sem nota má til þess að reikna út kostnað heimila vegna raforkuskorts ásamt tölum um greiðsluvilja [4].

TAFLA 15: Aðferðir til að staðla niðurstöður miðað við raforku

| UPPLÝSINGAR UM RAFORKU | SKILGREINING |
|--|--|
| Árleg raforkunotkun [kWh] | Heildar raforkunotkun heimilis á ári |
| Meðal aflþörf út frá notkun [kWh/h = kW] | Heildar raforkunotkun heimilis á ári deilt með áætluðum notkunarstundum heimilis á ári |
| Meðal aflþörf á ári [kWh/h = kW] | Heildar raforkunotkun heimilis á ári, deilt með klukkustundum í einu ári (8.760) |
| Hámarks aflþörf [kWh/h = kW] | Hámarks aflþörf á klukkustund yfir árið |
| Skert aflnotkun [kWh/h = kW] | Áætlað afl sem hefði verið afhent á meðan truflun átti sér stað |
| Skert raforkunotkun [kWh] | Áætluð raforka sem hefði verið afhent á meðan truflun átti sér stað |

Val á endanlegum stöðlunarkvarða veltur á eðli truflana í hverju raforkukerfi og þeim gögnum sem til staðar eru um raforkunotkun. Því er ákvörðunin mismunandi fyrir hvert og eitt land [2].

5.2 Kostnaður heimila vegna raforkuskorts

Aðferðarfræðin til að umreikna greiðsluvilja heimila yfir í kostnað fyrir mismunandi tímasetningar og aðstæður byggir á regluverki NVE um útreikning KILE kostnaðar [13] Hlutverk KILE kostnaðarins er töluvert frábreytt markmiði okkar, formúlan er sett fram til þess að reikna út kostnað fyrir ákveðið svæði eða einstakling vegna ákveðins raforkuskorts sem varð á tilteknum tíma. Tilgangur okkar er hins vegar meira almenns eðlis og því þarf að aðlaga formúluna á ákveðnum stöðum. Í niðurstöðum könnunarinnar erum við með gagnasafn sem gerir okkur kleift að útfæra kostnaðarfall fyrir einstaklinga með skynsamlegum hætti. Þó eru ávallt matskenndir þættir til staðar og er hér farið lengra en áður hefur verið gert í að reikna kostnað heimila vegna raforkuskorts í mismunandi aðstæðum. Grunntilvik er skilgreint sem raforkuskortur á meðalheimili á þriðjudegi í janúar sem hefst kl. 17. Eru upplýsingar um grunntilvikið fengnar úr niðurstöðum könnunarinnar en grunntilvikið eru þær aðstæður sem könnunin byggir að stærstum hluta á.

Formúlan til að reikna KILE kostnað samkvæmt norskum lögum [13]:

$$K_j = K_{p,ref}(r) * f_{K,m} * f_{K,d} * f_{K,h} * P_{ref}$$

Þar sem:

K_j = Kostnaður heimilis vegna raforkuskorts á tíma j

$K_{p,ref}(r)$ = Kostnaður í kr./kW vegna raforkuskorts sem varir í tímalengd r miðað við grunntilvik

$f_{K,m}$ = Leiðréttingarstuðull vegna mánaðar

$f_{K,d}$ = Leiðréttingarstuðull vegna vikudags

$f_{K,h}$ = Leiðréttingarstuðull vegna klukkustundar

P_{ref} = Trufluð aflþörf fyrir ákveðinn notanda miðað við grunntilvik

Hér að neðan verður farið yfir hvernig hver og ein breyta er reiknuð út og jafnframt hvernig má aðlaga og nota formúluna í okkar tilfalli.

5.2.1 $f_{K,m}$ Leiðréttingarstuðull vegna mánaðar

Breytan $f_{K,m}$ er fundin með eftirfarandi formúlu:

$$f_{K,m} = \frac{GV_m}{GV_{ref}}$$

Þar sem GV_m er greiðsluvilji í viðkomandi mánuði, GV_{ref} á við greiðsluvilja í janúar. Úr könnuninni höfum við upplýsingar um greiðsluvilja heimila í janúar og júlí.

- Greiðsluvilji í janúar var 8.365 krónur til að forðast 6 klukkustunda raforkuskort en greiðsluvilji fyrir sömu tímalengd í júlí var 7.345 krónur, það gefur hlutfall: 0,88
- Greiðsluvilji í janúar var 54.393 krónur til að forðast 72 klukkustunda raforkuskort en greiðsluvilji fyrir sömu tímalengd í júlí var 46.782 krónur, það gefur hlutfall: 0,86

Út frá þessum upplýsingum má draga ályktanir um hvernig leiðréttingarstuðull fyrir mánuði ætti að þróast yfir árið. Gera má ráð fyrir að utanaðkomandi þættir ráði að vissu leiti hvernig raforkunotkun breytist eftir mánuðum. Má þar nefna hitastig, birtustig og tími sem fólk eyðir innandyrá. Er hér gildi fyrir júlí mánuð námundað að 0,85 og ætla má að gildi fyrir aðra mánuði liggja á milli júlí og janúar og eru því á bilinu 0,85 og 1. Áætlaða stuðla má sjá í töflu 16.

TAFLA 16: Leiðréttinga stuðlar, $f_{K,m}$

| MÁNUÐUR | JAN | FEB | MAR | APR | MAÍ | JÚN | JÚL | ÁGÚ | SEP | OKT | NÓV | DES |
|---------|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|------|-----|-----|
| Stuðull | 1 | 1 | 1 | 0,95 | 0,9 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 | 1 |

5.2.2 $f_{K,d}$ Leiðréttingarstuðull vegna vikudags

Breytan $f_{K,d}$ er fundin með eftirfarandi formúlu:

$$f_{K,d} = \frac{GV_d}{GV_{ref}}$$

Þar sem GV_d er greiðsluvilji á viðkomandi vikudegi og GV_{ref} er greiðsluvilji á þriðjudegi. Úr könnuninni höfum við upplýsingar fyrir greiðsluvilja heimila á þriðjudegi og laugardegi.

- Greiðsluvilji á laugardegi var 10.953 krónur til að forðast 6 klukkustunda raforkuskort en greiðsluvilji fyrir sömu tímalengd á þriðjudegi var 8.365 krónur, það gefur hlutfall: 1,31
- Greiðsluvilji á laugardegi var 55.612 krónur til að forðast 72 klukkustunda raforkuskort en greiðsluvilji fyrir sömu tímalengd á þriðjudegi var 54.393 krónur, það gefur hlutfall: 1,02

Hér verður miðað við 6 klukkustunda raforkuskort þar sem að 72 klukkustunda raforkuskortur sem hefst á laugardegi lýkur ekki fyrr en eftir að helginni er lokið og eins og sást í kafla 4 er ekki marktækur munur á greiðsluvilja eftir upphafsdagsetningu raforkuskorts þegar kemur að 72 klukkustunda raforkuskorti. Áætlaða stuðla má sjá í töflu 17.

TAFLA 17: Leiðréttinga stuðlar, $f_{K,d}$

| DAGUR | VIRKIR DAGAR | LAUGARDAGUR | SUNNUDAGUR |
|---------|--------------|-------------|------------|
| Stuðull | 1,0 | 1,3 | 1,3 |

5.2.3 $f_{K,h}$ Leiðréttingarstuðull vegna klukkustundar

Breytan $f_{K,h}$ er fundin með eftirfarandi formúlu:

$$f_{K,h} = \frac{GV_h}{GV_{ref}}$$

Þar sem GV_h er greiðsluvilji á viðkomandi klukkustund og GV_{ref} er greiðsluvilji klukkan 17. Úr könnuninni höfum við upplýsingar um 6 klukkustunda raforkuskort sem hefst á mismunandi tímum sólarhringsins. Þannig höfum við upplýsingar um 6 klukkustunda raforkuskort sem hefst kl. 01 og spannar því kl. 01-07, raforkuskort sem hefst kl. 09 og spannar því kl. 09-15 og raforkuskort sem hefst kl. 17 og spannar því 17-23.

- Greiðsluvilji kl. 09 var 6.496 krónur til að forðast 6 klukkustunda raforkuskort en greiðsluvilji fyrir sömu tímalengd kl. 17 var 8.365 krónur, það gefur hlutfall: 0,78
- Greiðsluvilji kl. 01 var 5.087 krónur til að forðast 6 klukkustunda raforkuskort en greiðsluvilji fyrir sömu tímalengd kl. 17 var 8.365 krónur, það gefur hlutfall: 0,61

Þar sem við höfum einungis upplýsingar um þrjár tímasetningar innan sólarhrings þarf að draga ályktanir um aðrar tímasetningar út frá þeim upplýsingum sem við höfum. Það er gert á eftirfarandi hátt, upphæð sem gefin er upp kl. 01 er túlkuð sem greiðsluvilji heimila á þeim tíma sem flestir eru sofandi og er það tímabil skilgreint frá kl. 00 til kl.06. Tímabilinu frá kl. 06 til kl. 09 er gefinn sami stuðull og tímabilið sem er seinnipart dags (frá kl. 16 til kl. 21). Upphæð sem gefin er upp kl. 09 er túlkuð sem greiðsluvilji heimila á þeim tíma sem flestir eru við vinnu og er það tímabil skilgreint frá kl. 09 til kl. 16. Að lokum er sú upphæð sem gefin er upp kl. 17 túlkuð sem greiðsluvilji heimila á þeim tíma sem flestir eru heima og notkun rafmagns er mikil, er það tímabil skilgreint frá kl. 16 til kl. 21. Að lokum er tímabilið frá kl. 21 til kl. 24 skilgreint á þá vegu að flestir eru heima en notkun rafmagns er ekki jafn mikil og fyrr um kvöldið. Því tímabili er gefinn stuðull sem er meðaltal stuðla fyrir tímabilin 09-16 og 16-21.

Athuga skal að í grunntilviki (kl. 17 á þriðjudegi í janúar) er stuðulinn 1,05 en ekki 1 eins og við væri að búast. Hér að gert er ráð fyrir að tímabilið sem rafmagn er verðmætast fyrir heimili er frá kl. 16 til kl.21. Könnunin gefur hins vegar upplýsingar um tímabilið frá kl. 17 til kl. 23. Er það tímabilið sem fær stuðulinn 1, það þýðir hins vegar að hlutar tímabilsins (frá 17-21 og frá 21-23) eru með mismunandi vægi en samanlagt vegið meðaltal er 1.

Við vitum ekki hvert vægi tímabilsins frá 21-24 er, það er meðaltal stuðla fyrir tímabil 09-16 og 16-21, köllum það y . Við vitum ekki hvert vægi tímabilsins frá 16-21 er, það er upphæðin sem gerir vegið meðaltal frá 17-23 jafnt og 1, köllum það x . Við vitum hvert vægi tímabilsins 09-16 er, það er 0,78 og er það námundað niður að 0,75. Þá er hægt að setja upp jöfnuhneppi:

Tímabilið frá 17-23 vitum við að eru 4 klst af x og 2 klst af y og er vegið meðaltal = 1, þ.e.

$$\frac{4x + 2y}{6} = 1$$

Einnig vitum við að tímabilið frá 21-24 er meðaltal af tímabilinum 09-16 og 16-21, þ.e.

$$\frac{0,75 + x}{2} = y$$

Út frá þessu má með einfaldri algebru sjá að $y = 0,9$ og $x = 1,05$. Áætlaða stuðla má sjá í töflu 18.

TAFLA 18: Leiðréttinga stuðlar, $f_{K,h}$

| KLUKKUSTUNDIR | KL. 00-06 | KL. 06-09 | KL. 09-16 | KL. 16-21 | KL. 21-00 |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Stuðull | 0,6 | 1,05 | 0,75 | 1,05 | 0,9 |

5.2.4 $K_{p,ref}(r)$ Kostnaður á kW

Breytan $K_{p,ref}(r)$ er gefin upp í kr./kW þar sem upphæð í krónum er greiðsluvilji heimila vegna raforkuskorts af lengd r kl.17 á þriðjudegi í janúar og kW er aflþörf meðalheimilis yfir sömu tímalengd.

$$K_{p,ref} = \frac{GV_{ref}}{P_{Meðal heimili}}$$

Þar sem GV_{ref} er greiðsluvilji heimilis kl. 17 á þriðjudegi í janúar. $P_{Meðal heimili}$ er aflnotkun meðal heimilis kl. 17 á þriðjudegi í janúar.

Er gert ráð fyrir að meðal aflþörf meðalheimilis á Íslandi sé 1 kW. Byggir það á því að raforkunotkun íslenskra heimila er um 4.500 kWh á ári. Jafnframt er gert ráð fyrir að meðalnotkunarstundir séu um 4.500 á ári. Því er áætlað að meðal aflþörf sé um 1 kW.

TAFLA 19: Greiðsluvilji til að forðast raforkuskort sem á sér stað kl. 17 á þriðjudegi í janúar deilt með aflþörf heimila

| | 1 MÍN | 2 KLST | 6 KLST | 24 KLST | 72 KLST |
|--------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Kr./kW | 321 | 2.121 | 8.365 | 27.492 | 54.393 |

Til að meta kostnað í mismunandi aðstæðum þarf að setja upp fall byggt á þeim punktum sem við höfum. Það fall má reikna upp eða niður með leiðréttingarstuðlunum, byggt á hvenær og í hvaða aðstæðum rafmagnsleysi á sér stað.

Látum 321 kr./kW gilda fyrir allar truflanir upp að einni mínútu. Að öðru leiti má draga línulegt fall milli allra þeirra punkta sem við höfum upplýsingar um. Slíku línulegu falli má lýsa sem:

$$y = y_{t-1} + a(x - x_{t-1})$$

Sem mætti einnig umrita sem:

$$a = \frac{y_t - y_{t-1}}{x - x_{t-1}}$$

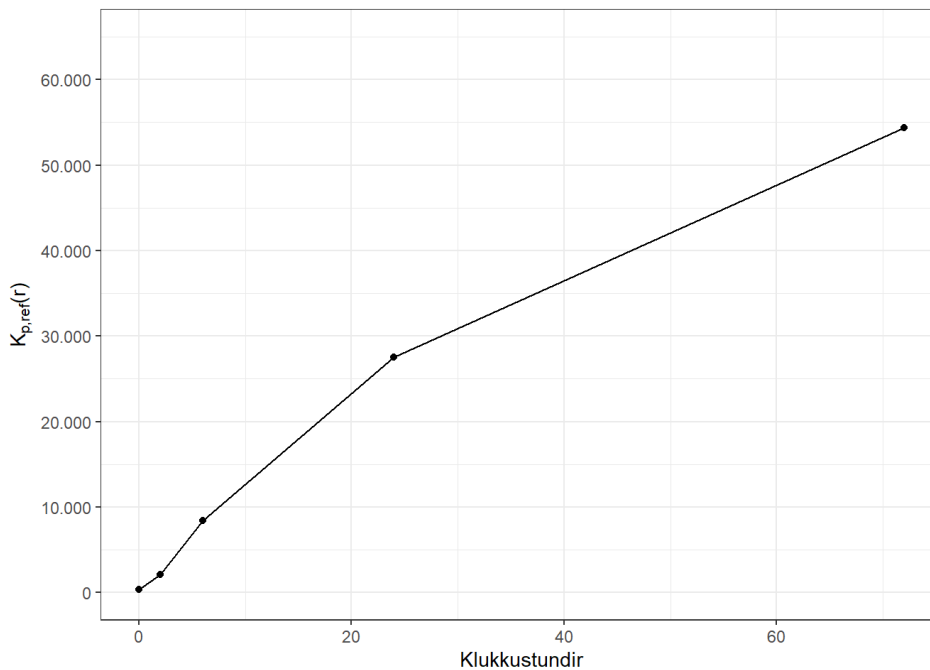
Ekki er einungis hægt að stinga inn tölum úr töflu 19 til að finna a þar sem að fyrir lengra rafmagnsleysi en 2 klukkustundir þarf að taka tillit til mismunandi leiðréttingarstuðla vegna tímasetningar rafmagnsleysisins. Til að mynda fer 24 klukkustunda rafmagnsleysi í gegnum alla leiðréttingarstuðla

$f_{K,h}$, nauðsynlegt er að $K_{p,ref}(24)$ lendi á þeirri upphæð sem við sjáum fyrir 24 klst. í töflu 19 eftir að búið er að margfalda með öllum leiðréttingarstuðlum $f_{K,h}$. Meðaltal allra leiðréttingarstuðlanna er 0,83. Því er upphæðinni deilt með 0,83. Sama er gert fyrir 72 klst upphæðinni og eins er upphæð fyrir 2 klst. rafmagnsleysi deilt með 1,05.

Línulegu falli milli punktanna má því lýsa sem:

TAFLA 20: Kostnaður í kr./kW, $K_{p,ref}(r)$

| | 0 MÍN-1MÍN | 1 MÍN-2 KLST | 2 KLST-6KLST | 6 KLST-24KLST | 24 KLST-72KLST | 72 KLST-∞KLST |
|--------|------------|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| kr./kW | 321 | 321+849,5*t | 2.020+1.586,2*(t-2) | 8.365+1.372,6*(t-6) | 33.073+674,2*(t-24) | 65.435+674,2*(t-72) |



MYND 16: Kostnaður í kr./kW, $K_{p,ref}(r)$

5.2.5 P_{ref} Leiðréttingarstuðull vegna mismikillar aflþarfar

Að lokum er það breytan P_{ref} sem er sú sértækasta í jöfnunni en hún táknar aflþörf ákveðins notanda eða svæðis miðað við grunntilvik. Hún er hluti af formúlunni svo að hægt sé að reikna KILE kostnað fyrir ákveðin notanda eða ákveðinn hóp notanda í tilgreindum aðstæðum. Sá hópur gæti sem dæmi verið með aðra aflþörf en meðalheimili og kostnaður þeirra vegnar raforkuskorts því meiri eða minni en á meðalheimili.

Tilgangur okkar er ekki að setja fram formúlu til að finna kostnað ákveðinna hópa í ákveðnum aðstæðum heldur að finna meðalkostnað raforkuskorts fyrir heimili á Íslandi. Því miða allir útreikningar við meðal heimili á Íslandi. Þá er ljóst að okkar tilviki er

$$P_{ref} = P_{Meðal heimili}$$

Því er sama breyta til staðar í teljara og nefnara í formúlunni. Fyrst er deilt með aflþörf meðalheimilis þegar $K_{p,ref}(r)$ er fundið og að lokum er margfaldað með aflþörf meðalheimilis í lok formúlunnar. Því mætti í raun einfalda formúluna í

$$K_j = GV_{ref} * f_{K,m} * f_{K,d} * f_{K,h}$$

Þar sem kostnaður heimila er einfaldlega leiðréttur greiðsluvilji þeirra. Þessi breyta er gefin upp í krónum. Hins vegar eins og rætt var í kafla 5.1 er nauðsynlegt að leiðrétta fyrir notkun raforku til að fá samanburðarhæfar niðurstöður. Því er kosið að fjarlægja breytuna P_{ref} úr jöfnunni þar sem við viljum reikna meðal kostnað heimilis vegna raforkuskorts en ekki kostnað ákveðins heimilis miðað við meðalheimili. Því er endanlegt kostnaðarfall okkar fyrir raforkuskort heimila:

$$K_j = K_{p,ref}(r) * f_{K,m} * f_{K,d} * f_{K,h}$$

Þar sem:

K_j = Kostnaður heimilis vegna raforkuskorts á tíma j í kr./kW

$K_{p,ref}(r)$ = Kostnaður í kr./kW vegna raforkuskorts sem varir í tímalengd r miðað við grunntilvik

$f_{K,m}$ = Leiðréttingarstuðull vegna mánaðar

$f_{K,d}$ = Leiðréttingarstuðull vegna vikudags

$f_{K,h}$ = Leiðréttingarstuðull vegna klukkustundar

5.3 Áhrif þess að tilkynna fyrirfram um raforkuskort

Ætla má að tilkynning fyrirfram um raforkuskort geti dregið töluvert úr kostnaði heimila sem raforkuskorturinn veldur. Heimili hafa þá tíma til að gera ráðstafanir og breyta áætlunum til þess að draga úr kostnaði eins og mögulegt er.

- Greiðsluvilji til að forðast ótilkynntan raforkuskort í 6 klukkustundir var 8.365 krónur en greiðsluvilji fyrir sömu tímalengd þar sem að tilkynning barst fyrirfram var 4.922 krónur, það gefur hlutfall: 0.59
- Greiðsluvilji til að forðast ótilkynntan raforkuskort í 72 klukkustundir var 54.393 krónur en greiðsluvilji fyrir sömu tímalengd þar sem að tilkynning barst fyrirfram var 37.530 krónur, það gefur hlutfall: 0.69

Ljóst er að hægt er að draga verulega úr þeim óþægindum sem heimili verða fyrir vegna raforkuskorts ef tilkynning berst tímanlega um væntanlega raforkuskort. Einnig virðist sem svo að áhrif þess að tilkynna fyrirfram um raforkuskort séu meiri fyrir styttri tímalengdir en þær lengri eins og við var að búast.

Setja má fram leiðréttingarstuðul vegna tilkynningar sem berst fyrirfram, sjá töflu 21.

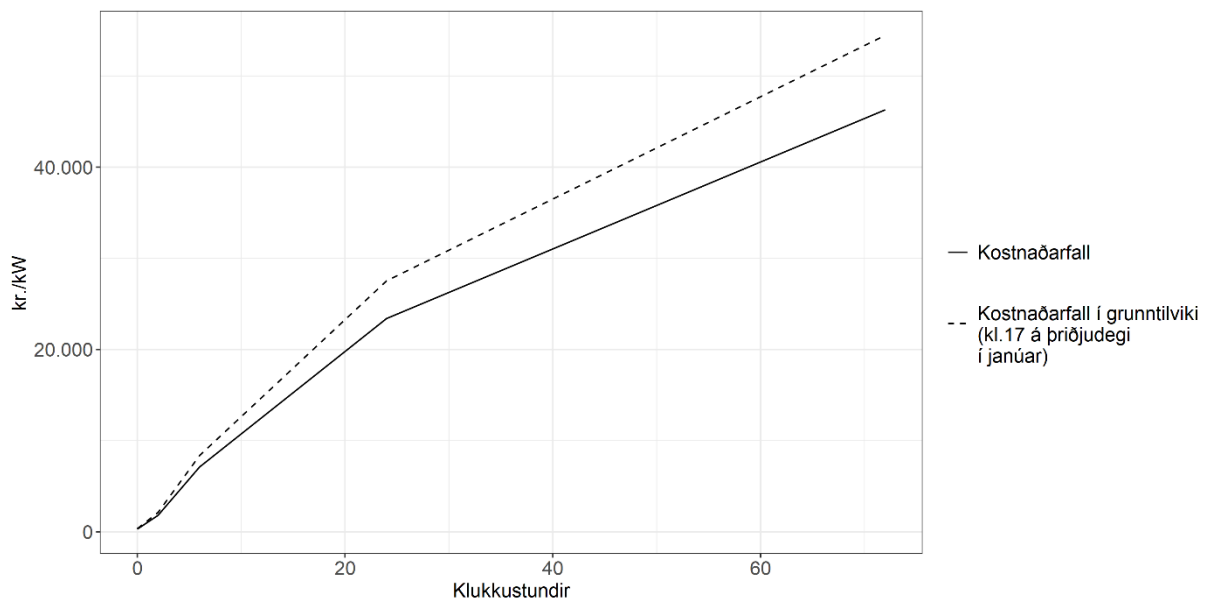
TAFLA 21: Leiðréttingarstuðull vegna tilkynningar um raforkuskort

| TILKYNNT FYRIFRAM ? | NEI | JÁ |
|---------------------|-----|------|
| Stuðull | 1 | 0,65 |

5.4 Kostnaðarfall í mismunandi aðstæðum

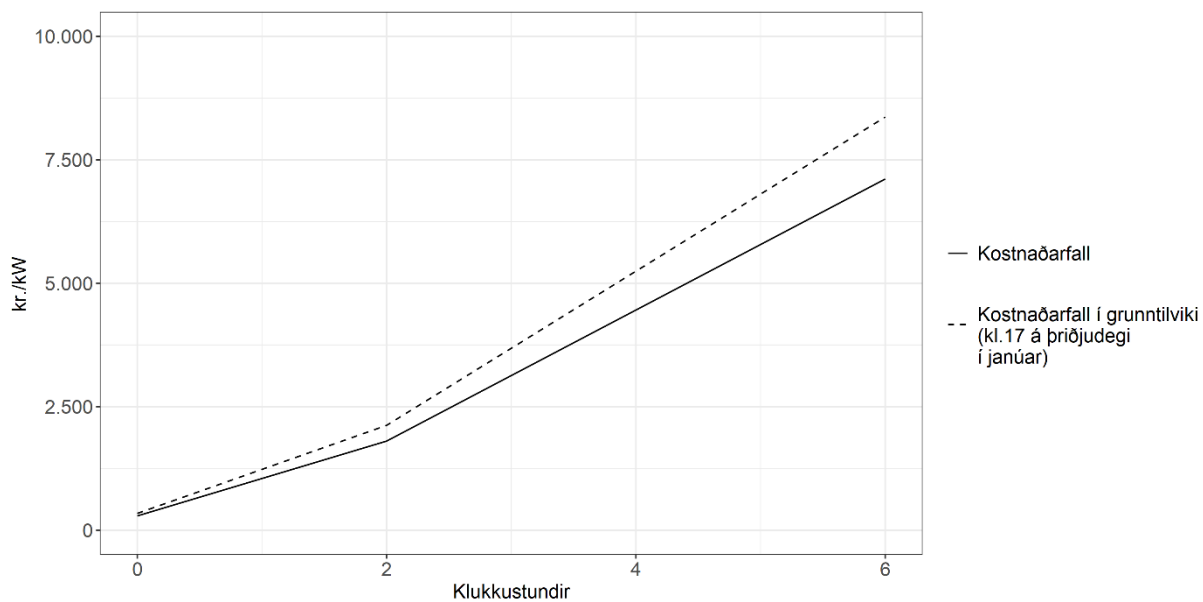
Hér verður sýnt fram á hvernig uppsett kostnaðarfall breytist eftir aðstæðum hverju sinni. Kostnaðarfall í grunnaðstæðum má sjá á mynd 16, það fall breytist út frá þeim leiðréttingarstuðlum sem eiga við hverju sinni.

Á mynd 17 má sjá hvernig kostnaðarfallið lítur út á þriðjudegi í júlí fyrir raforkuskort sem hefst kl. 17. Einnig má sjá hvernig kostnaðarfallið lítur út í samanburði við grunntilvikið.



MYND 17: Kostnaðarfall vegna raforkuskorts kl. 17 á þriðjudegi í júlí

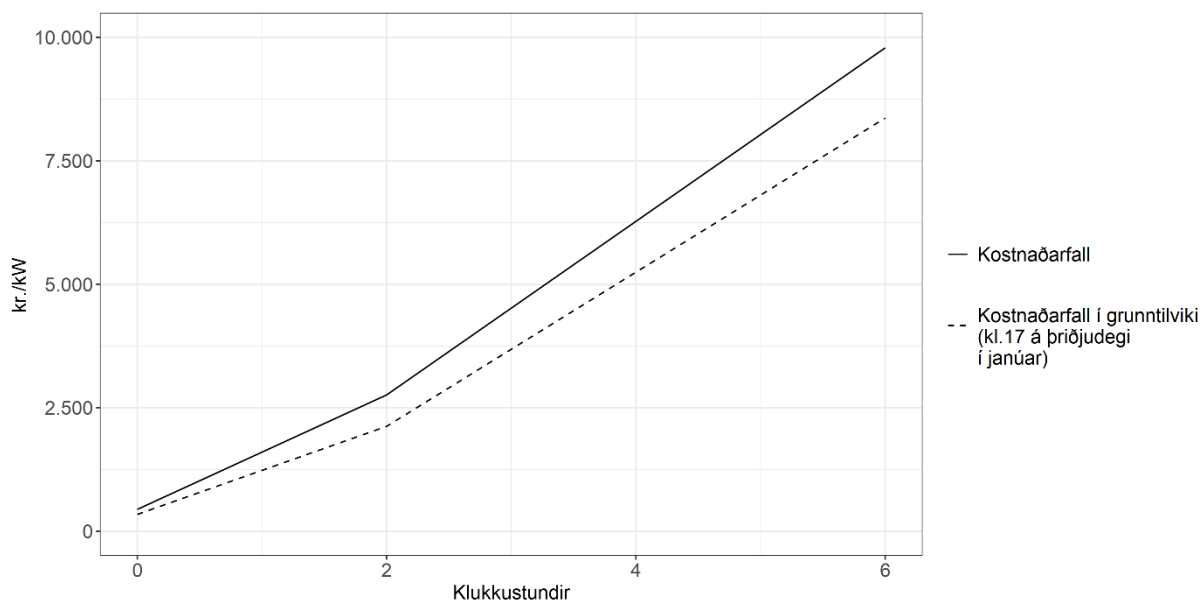
Til að átta sig betur á hvernig kostnaðarfallið þróast getur verið gott að skoða styttri tímalengdir en upp að 72 klst. Sjá má hvernig kostnaðarfallið lítur út fyrir fyrstu 6 klukkustundir raforkuskortsins á mynd 18.



MYND 18: Kostnaðarfall vegna raforkuskorts kl. 17 á þriðjudegi í júlí

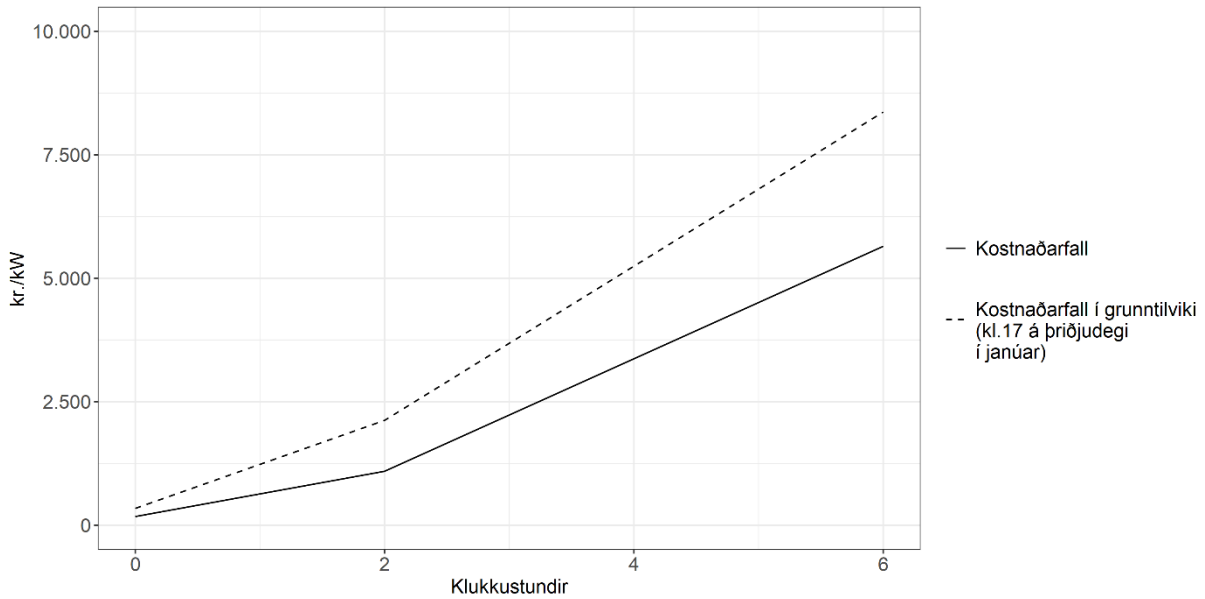
Sjá má að raforkuskortur í júlí hefur í för með sér lægri kostnað en raforkuskortur í janúar að öðru óbreyttu.

Á mynd 19 má sjá hvernig kostnaðarfallið lítur út á laugardegi í desember fyrir raforkuskort sem hefst kl. 19. Hér er kostnaður hærri en í grunntilvikinu fyrst og fremst vegna þess að kostnaður vegna raforkuskorts er hærri um helgi en á virkum degi.



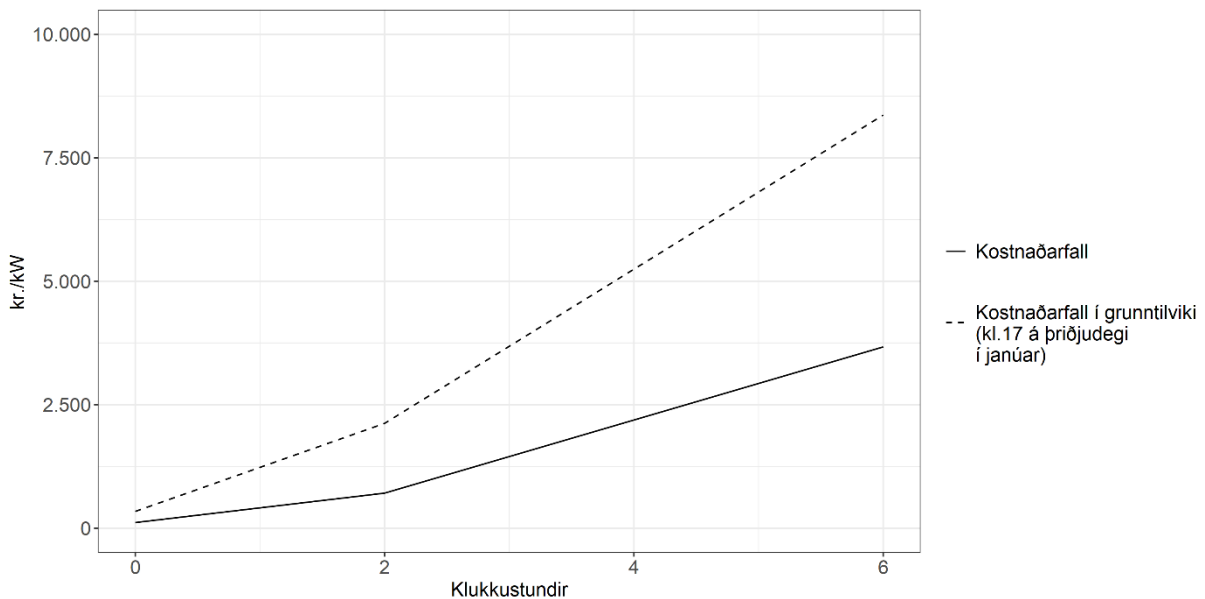
MYND 19: Kostnaðarfall vegna raforkuskorts kl.19 á laugardegi í desember

Á mynd 20 má sjá hvernig kostnaðarfallið lítur út á fimmtudegi í september fyrir raforkuskort sem hefst kl. 02. Sjá má að raforkuskortur að nóttu til hefur töluvert minni kostnað í för með sér fyrir heimili.



MYND 20: Kostnaðarfall vegna raforkuskorts kl.02 á fimmtudegi í september

Að lokum má sjá á mynd 21 hvernig kostnaðarfallið lítur út á fimmtudegi í september fyrir raforkuskort sem hefst kl. 02 ef tilkynning berst um raforkuskortinn með góðum fyrirvara. Sjá má að hægt er að draga töluvert úr kostnaði sem raforkuskortur hefur í för með sér ef mögulegt er að tilkynna um raforkuskortinn fyrirfram.

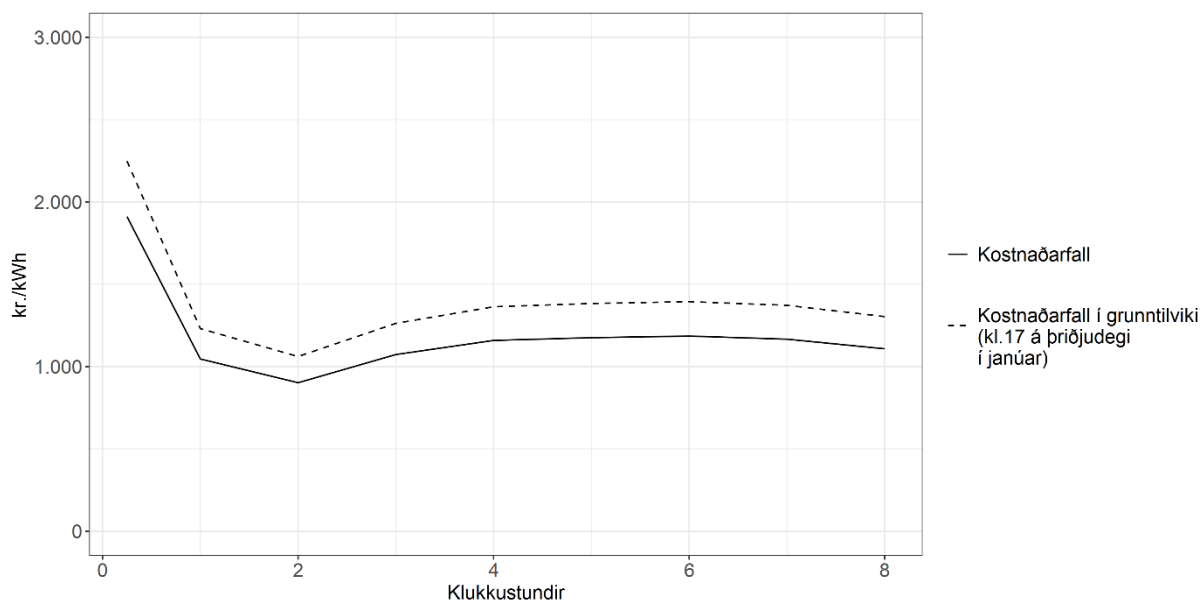


MYND 21: Kostnaðarfall vegna raforkuskorts kl.02 á fimmtudegi í september sem tilkynnt er um fyrirfram

5.5 Kostnaður í kr./kWh

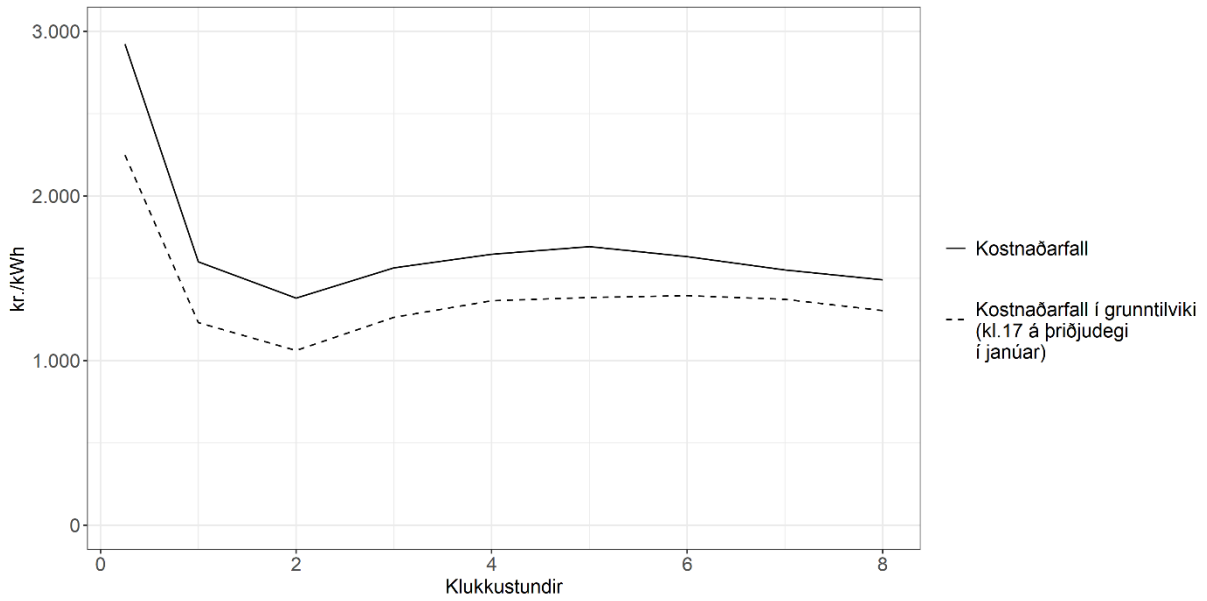
Einnig má sjá út frá kostnaðarfallinu hver kostnaðurinn er á kWh en sá kostnaður er fundinn með því að deila kostnaði á kW með klukkustundafjölda hverju sinni. Þannig er kostnaður vegna raforkuskorts kl. 17 á þriðjudegi í júlí sýndur á mynd 22 auk grunntilviksins. Sjá má að kostnaðurinn á kWh er lægri

en kostnaðurinn í grunntilvikinu eins og kostnaðurinn á kW. Kostnaðurinn við raforkuskort í grunntilvikinu í 15 mínútur eru 2.241 kr./kWh er þetta kostnaðartala sem inniheldur mikið af þeim óþægindum sem styttri rafmagnsskortur hefur í för með sér en talan kann að reynast há þar sem raforkunotkun er hlutfallslega lág á sama tímabili. Kostnaður fyrir eina klukkustund er metinn 1.229 kr./kWh, kostnaðurinn við tveggja klukkustunda raforkuskort er metinn 1.061 kr./kWh. Sá kostnaður fer svo hækkandi og kostnaðurinn við 8 klukkustunda raforkuskort er 1.485 kr./kWh. Eins og sjá má á mynd 22 er kostnaður um 200 kr./kWh lægri í júlí miðað við janúar að öðrum skilyrðum óbreyttum.

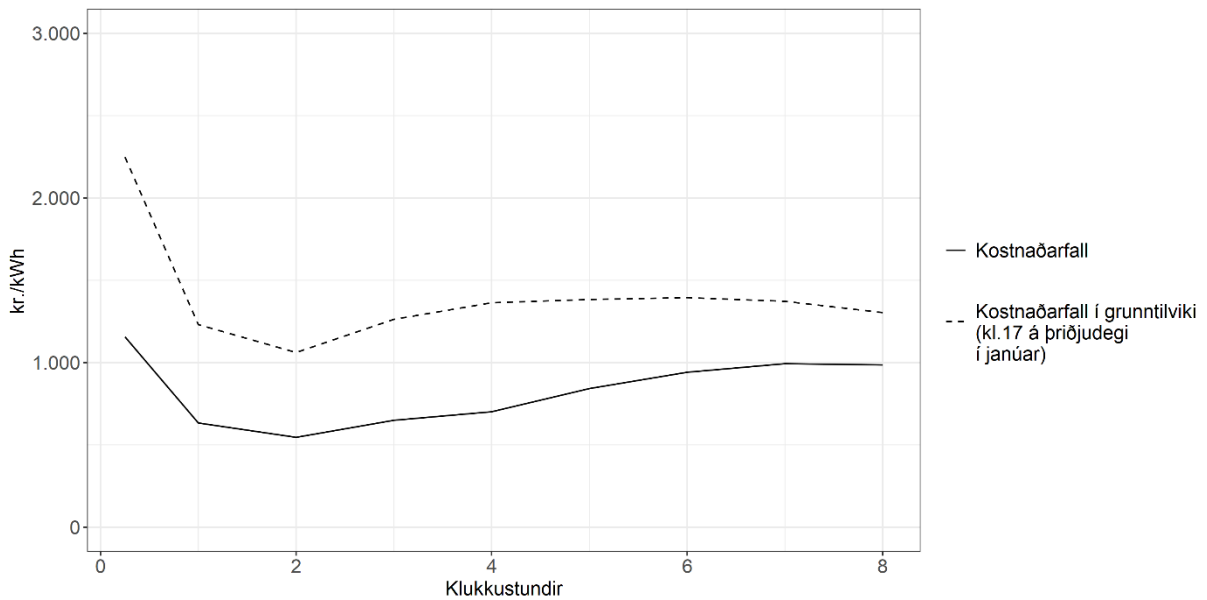


MYND 22: Kostnaður í kr./kWh af raforkuskorti kl. 17 á þriðjudegi í júlí

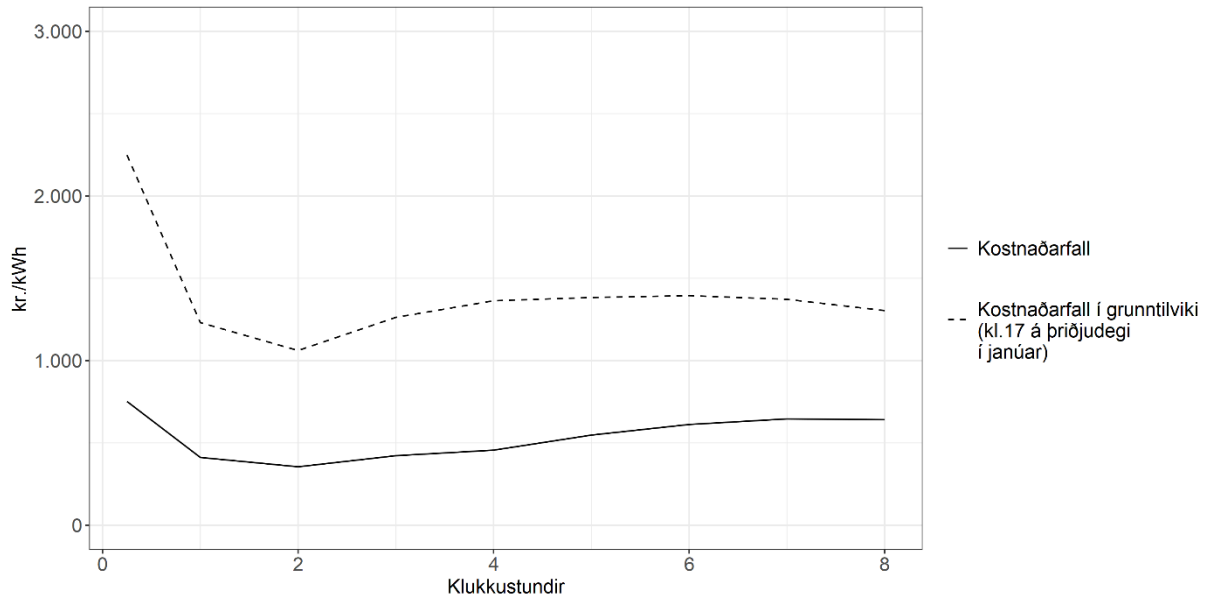
Lögun kostnaðarfalls á kWh veltur að hluta til á upphafsklukkustund rafmagnsskortsins. Þannig hefur rafmagnsskortur sem hefst að nóttu til lægri kostnað fyrstu klukkustundirnar en raforkuskortur sem hefst um miðjan dag. Staðsetning ferilsins þ.e. hversu mikið hann hliðrast upp eða niður miðað við grunntilvikið veltur að mestu leiti á hvaða vikudegi og mánuði rafmagnsskorturinn á sér stað í og hvort að tilkynning berst fyrirfram eða ekki. Á myndum 23, 24 og 25 má sjá kostnað í kr./kWh af raforkuskorti sem á sér stað að kvöldi til í desember, að nóttu til í september og að nóttu til í september sem tilkynnt hefur verið um fyrirfram.



MYND 23: Kostnaður í kr./kWh af raforkuskorti kl. 19 á laugardegi í desember



MYND 24: Kostnaður í kr./kWh af raforkuskorti kl. 02 á fimmtudegi í september



MYND 25: Kostnaður í kr./kWh af raforkuskorti kl. 02 á fimmtudegi í september sem tilkynnt er um með góðum fyrirvara

HEIMILDASKRÁ

- [1] Starfshópur um Rekstrartruflanir, „Kostnaður vegna raforkuskorts - Tölur til notkunar árin 2019, 2020 og 2021,“ 2019.
- [2] CEER, „Guidelines of Good Practice on Estimation of Costs due to Electricity Interruptions and Voltage Disturbances,“ 2010.
- [3] CEPA, „Study on the Estimation of the Value of Lost Load of Electricity Supply in Europe,“ Agency for the Cooperation of Energy Regulators (ACER), 2018.
- [4] SINTEF Energi AS, „Study of Estimation of Costs due to Electricity Interruptions and Voltage Disturbances,“ 2010.
- [5] Starfshópur um rekstrartruflanir, „Kostnaður vegna raforkuskorts sem ekki er vitað um með fyrirvara,“ 1989.
- [6] Starfshópur um rekstrartruflanir, „Kostnaður vegna raforkuskorts. Samantekt á niðurstöðum athugana síðustu ára og tillögur um kostnað til nota við áætlanagerð,“ 1996.
- [7] Vista Analyse, „Nye KILE-funksjoner for husholdninger,“ 2017.
- [8] R. T. Carson, „Contingent Valuation: A Practical Alternative when Prices Aren't Available,“ *Journal of Economic Perspectives*, b. 26, nr. 4, pp. 27-42, 2012.
- [9] F. Carlsson, M. Kataria, E. Lampi og P. Martinsson, „Kostnader av elavbrott för svenska elkunder,“ 2019.
- [10] Hagstofa Íslands, „Meðalaldur Íslendinga 1841-2020,“ [Á neti]. Available: https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/lbuar/lbuar__mannfjoldi__1_yfirlit__Yfirlit_mannfjolda/MAN00102.px.

- [11] T. A. Cameron og D. D. Huppert, „OLS versus ML Estimation of Non-market Resource Values with Payment Card Interval Data,” *Journal of Environmental Economics and Management*, pp. 230-246, 1989.
- [12] F. Carlsson, M. Kataria, E. Lampi og P. Martinsson, „Kostnader av elavbrott för svenska elkunder,” 2019.
- [13] Olje- og energidepartementet, „Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffier,” 04 01 1999. [Á neti]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-03-11-302/KAPITTEL_4-3#%C2%A79-3.
- [14] J. Tobin, „Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables,” *Econometrica*, b. 26, nr. 1, pp. 24-36, 1958.
- [15] F. Carlsson og P. Martinsson, „Willingness to Pay among Swedish Households to Avoid Power Outages: A Random Parameter Tobit Model Approach,” *The Energy Journal*, pp. 75-89, 2007.
- [16] T. Schröder og W. Kuckshinrichs, „Value of Lost Load: An Efficient Economic Indicator for Power Supply Security? A Literature Review,” Institute of Energy and Climate Research, 2015.

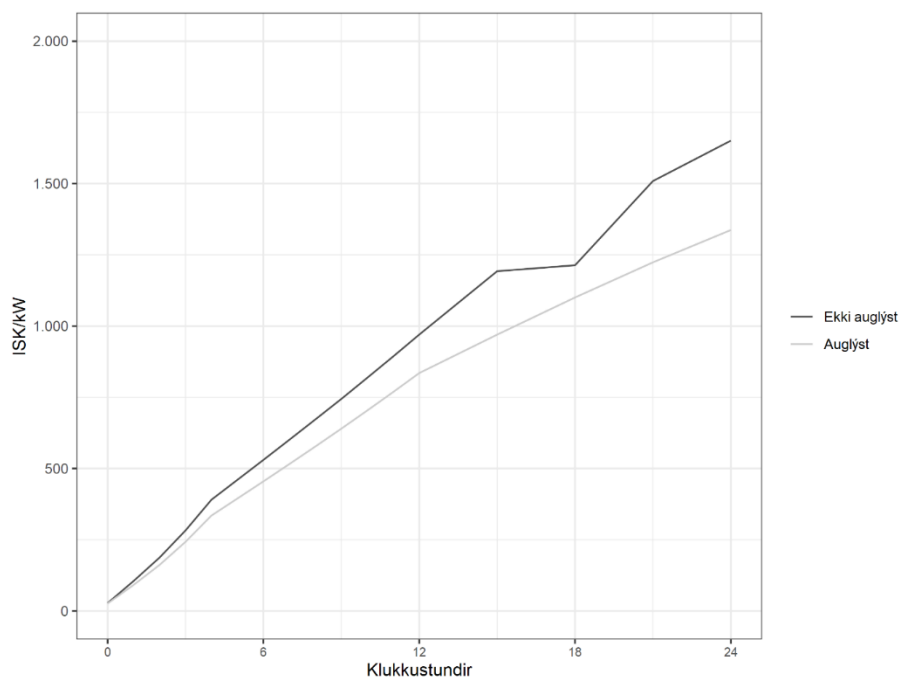
VIÐAUKI A TOBIT LÍKAN

1.1 Kostnaður sænskra heimila vegna raforkuskorts

Við rannsóknir á greiðsluvilja heimila í Svíþjóð til að forðast raforkuskort hefur verið stuðst við Tobit líkön [14] við úrvinnslu á niðurstöðum [15]. Háskólinn í Gautaborg gerði könnun á kostnaði heimila vegna raforkuskorts í Svíþjóð og kom út skýrsla um þá könnun árið 2019 [9]. Svarendur voru spurðir hve mikið þeir væru tilbúnir að greiða til að forðast mislangt rafmagnsleysi á fimmtudegi í janúar kl. 18. bæði rafmagnsleysi tilkynnt fyrirfram og rafmagnsleysi sem var ekki tilkynnt fyrirfram. Könnunin var byggð upp á mjög svipaðan hátt og könnun NVE í Noregi. En hún var þó ekki eins ítarleg, sem dæmi var ekki spurt um rafmagnsleysi að sumri né rafmagnsleysi um helgi. Tímalengdir raforkuskorts sem spurt var um voru 1 mínúta, 1 klukkustund, 4 klukkustundir og 12 klukkustundir. Svára átti á verðstiku sem var byggð upp á svipaðan hátt og í Noregi þ.e. upphæðir á stikunni voru stigvaxandi.

Sett var fram Tobit líkan til þess að meta greiðsluvilja heimila í Svíþjóð og áhrif persónueiginleika á greiðsluvilja, byggt á mjög svipuðum gögnum og eru til staðar eftir okkar könnun. Tobit líkan er tegund af línulegri aðhvarfsgreiningu sem beitt er þegar háða breytan er takmörkuð að einhverju leiti. Í þessu tilfalli er það greiðsluvilji einstaklinga sem er takmarkaður á þann hátt að hann getur aldrei verið neikvæður.

Hægt er að teikna upp niðurstöður um kostnað heimila vegna raforkuskorts svipað og var gert í rannsókn NVE. Á mynd 26 má sjá kostnað mældan í íslenskum krónum á kW á verðlagi ársins 2020. Ekki er spurt um jafn langa tímalengd raforkuskorts og gert var í Noregi en fyrir þá tímalengd sem spurt er um er útreiknaður kostnaður vegna raforkuskorts lægri en í Noregi.



MYND 26: Kostnaður vegna raforkukorts á sænskum heimilum í íslenskum krónum á verðlagi febrúar 2020 miðað við gengi 30.mars 2020

1.2 Tobit líkan

Flestar hagrænar breytur eru takmarkaðar að einhverju leiti, oft að því leiti að þær geta einungis verið jákvæðar. Má þar nefna sem dæmi laun og landsframleiðslu. Það eitt og sér þýðir þó ekki að allar slíkar breytur þurfi að fá sérstaka meðferð þegar kemur að tölfræðilegri greiningu. Ef að breytan tekur mörg mismunandi jákvæð gildi þarf sjaldnast að beita sérstökum hagrannsóknar aðferðum þegar kemur að því að meta breytuna.

Í könnun á greiðsluvilja heimila fáum við hins vegar upplýsingar um breytu sem hegðar sér á hátt sem sést einstaka sinnum þegar hegðun einstaklinga, fjölskyldna og fyrirtækja er skoðuð. Sú hegðun er á þá leið að til þess að einstaklingur hámarki nytjafall sitt að teknu tilliti til þeirra takmarkana sem til staðar eru, er hagkvæmasta lausn fyrir stóran hluta einstaklinga eða breytan sé núll. Er þetta jafnan kallað hornlausn (e. corner solution).

Er þetta þekkt vandamál, dæmi um breytu sem hegðar sér á þennan hátt er upphæð gefin til góðgerðamála og upphæð sem einstaklingur eyðir í kaup á áfengi á viku. Stór hluti heimila og fyrirtækja gefur ekkert til góðgerðamála en þeir sem gefa til góðgerðamála dreifast yfir stórt bil. Því verður dreifing breytunnar á þann veg að stór hluti safnast upp við núllið, enginn er til vinstri við núllið þ.e. enginn vinstri hali er til staðar, en fáir einstaklingar dreifast yfir stórt bil til hægri við núllið þ.e. hægri hali dreifingarinnar er mjög langur. Minnir þessi dreifing á log-normal dreifingu eða poisson dreifingu þar sem $\lambda \leq 1$.

Þrátt fyrir að hægt sé að beita línulegri aðhvarfsgreiningu við lausn slíkra vandamála er það ekki talið ákjósanlegt þar sem að slíkt líkan myndi leiða til þess að áætluð upphæð yrði neikvæð fyrir hluta einstaklinga. Að taka náttúrulega logrann er ekki hægt vegna þess að stór hluti athuganna er núll, (hér

að ofan var þetta vandamál leyst á þann veg að bæta 1 við greiðsluvilja allra einstaklinga, leysir það vissulega vandamálið þar sem að nú er hægt að taka náttúrulega logrann af breytunni en þó er almennt ekki talið ákjósanlegt að eiga við gögnin á þennan hátt.)

Tobit líkan er hannað til að leysa akkúrat þann vanda sem hér hefur verið lýst. Líkaninu má almennt lýsa á eftirfarandi hátt:

$$y^* = \beta_0 + x\beta + u, \quad u|x \sim \text{Normal}(0, \sigma^2)$$

$$\text{Þar sem } y = \max(0, y^*)$$

Hér er y^* undirliggjandi breyta (e. latent variable) sem uppfyllir skilyrði aðferð minnstu kvaðrata, hún hefur normaldreifingu með stöðuga dreifni (e. homoskedasticity) og línulega skilyrt meðaltal. y er jafnt y^* þegar $y^* \geq 0$ og núll annars. Vegna þess að y^* hefur normal dreifingu þýðir það að y hefur samfellda dreifingu yfir jákvæðar athuganir. Nánar tiltekið, þéttni (e. density) y að gefnu x ætti að vera sama og þéttni y^* að gefnu x fyrir jákvæð gildi út frá þessum forsendum má finna lograð sennileikafall (e. log likelihood function) fyrir hverja athugun:

$$l(\beta, \sigma) = 1(y_i = 0) \log \left[1 - \Phi \left(\frac{x_i \beta}{\sigma} \right) \right] + 1(y_i > 0) \log \left\{ \frac{1}{\sigma} \phi \left[\frac{y_i - x_i \beta}{\sigma} \right] \right\}$$

Hámarks sennileikamat (e. maximum likelihood estimate) fyrir gildi β og σ er fundið með því að hámarka lograða sennileikafallið.

Freistandi er að túlka áætlaða stuðla $\hat{\beta}$ úr Tobit líkani líkt og um stuðla úr línulegri aðhvarfsgreiningu sé að ræða, það er þó ekki alveg svo einfalt. β mælir í raun áhrif x á $E(y^*|x)$ þar sem y^* er undirliggjandi breytan. Breytan sem við viljum draga ályktanir um er y , þar sem það eru svör einstaklinga úr könnuninni í okkar tilfalli. Finna má áhrifin á greiðsluviljan sjálfan með:

$$E(y|x) = \Phi \left(\frac{x\beta}{\sigma} \right) x\beta + \sigma \phi \left(\frac{x\beta}{\sigma} \right)$$

Ljóst er að þegar y er metið með Tobit líkani er $E(y|x)$ ólínulegt fall af x og β og jafnframt eru öll vænt gildi y jákvæð.

Mismunandi Tobit líkön eru sett er upp í rannsókn á kostnaði sænskra heimila vegna raforkuskorts. Líkan til að meta áhrif persónulegra eiginleika á greiðsluvilja nýtir sér að niðurstöður könnunarinnar sem gerð var um greiðsluvilja eru þversniðsgögn (e. panel data) og er mjög líkt log-log líkaninu sem var sett upp í kafla 4.4.2. Munurinn er að hér er stuðst við undirliggjandi breytu í stað þess að bæta 1 við svör einstaklinga og einnig hefur tímalengd verið tekin inn í líkanið. [15]

$$\ln GV_{ij}^* = \alpha_i + \beta_i \ln t_j + \gamma x_i + \varepsilon_{if}$$

$$\ln GV_{ij}^* = \max\{0, \ln GV_{ij}^*\}$$

GV_{ij}^* er greiðsluvilji einstaklings i , í aðstæðum j , sem vara í tímalengd t_j , mælt í mínútum. α_i er fasti og x_i er vigur skýribreyta þar sem náttúrulegi logrinn hefur verið tekinn af samfelldum breytum.

Hægt er að setja upp sama líkan fyrir Ísland og bera saman niðurstöður við línulegu aðhvarfsgreininguna sem framkvæmd var í kafla 4.4.2

| SKÝRIBREYTA | TOBIT | P-GILDI | OLS (KAFLI 4.4.2) | P-GILDI |
|----------------|-------|------------------|----------------------|------------------|
| (Skurðpunktur) | -3,88 | 0,042 | -1,77 | 0,264 |
| aldur | -0,18 | 0,335 | -0,20 | 0,208 |
| kyn | 0,10 | 0,401 | 0,08 | 0,43 |
| hbr | -0,19 | 0,16 | -0,17 | 0,12 |
| tekjur | 0,27 | 0,015 | 0,24 | 0,011 |
| tölva | -0,85 | <0,001 | -0,70 | <0,001 |
| leigi_raf | -0,86 | 0,003 | -0,73 | 0,002 |
| leigi_ekki_raf | -0,25 | 0,276 | -0,22 | 0,252 |
| foreldra | -1,00 | 0,004 | -0,84 | 0,004 |
| fjarmagn_meira | 1,17 | 0,067 | 1,17 | 0,026 |
| fjarmagn_jafnt | 0,90 | 0,162 | 0,92 | 0,083 |
| rafmagnsleysi | 0,75 | 0,008 | 0,59 | 0,012 |
| rafhitun | 0,07 | 0,718 | 0,07 | 0,621 |
| min | 1,29 | <0,001 | 1,07 | <0,001 |
| morgun | -1,11 | <0,001 | -1,17 | <0,001 |
| nótt | -2,13 | <0,001 | -2,02 | <0,001 |
| helgi | 0,23 | 0,181 | 0,18 | 0,203 |
| sumar | -0,35 | 0,04 | -0,35 | 0,014 |
| tilkynnt | -1,39 | <0,001 | -1,26 | <0,001 |

Sjá má að Tobit líkan gefur mjög svipaða niðurstöðu og log-log líkanið sem metið var með OLS í kafla. Því var ekki talin ástæða til að beita Tobit líkani í þessu tilfalli frekar en OLS líkani.