

# A NAPENERGIÁRA ALAPULÓ ERŐ- MŰVEK BERUHÁZÁSI KÖLTSÉGÉNEK KÜLÖNBSÉGEI AZ EURÓPAI UNIÓS ORSZÁGOK KÖZÖTT

KOFRÁN DÁNIEL, OROSZ BENCE, VELKEY ARTÚR

# Tartalomjegyzék

|  |    |
|--|----|
| 1. Bevezetés.....  | 1  |
| 2. A Beruházási költség.....                                     | 1  |
| 3. Európai uniós szabályozás és iparági ismertető .....          | 2  |
| 3.1. Uniós megújuló energiaforrásokra vonatkozó szabályozás..... | 2  |
| 3.2. Uniós iparági ismertető.....                                | 3  |
| 4. A munkaerőköltség és variabilitásának okai .....              | 6  |
| 5. Aukciós modellek országok közötti különbsége .....            | 7  |
| 5.1. Aukciós modellek karakterisztikái .....                     | 8  |
| 5.2. Aukciók versenyképessége.....                               | 8  |
| 6. Felhasznált adatbázis.....                                    | 9  |
| 7. Kauzális térkép .....   | 10 |
| 8. Elemzés .....   | 12 |
| 8.1. Eredményváltozó - Beruházási költség .....                  | 12 |
| 8.2. Magyarázó változók .....                                    | 14 |
| 8.3. Regressziós elemzés .....                                   | 16 |
| 8.4. Eredmények .....  | 18 |
| 9. Összefoglalás.....  | 19 |
| Hivatkozások:.....   | 21 |
| Melléklet A.....   | 23 |
| Melléklet B.....   | 24 |
| Melléklet C.....   | 25 |

# 1. Bevezetés

Jelen elemzés keretei között a napenergia alapú erőművek beruházási költségének európai uniós országok közötti különbségét, illetve az emögött megbúvó tényezőket vizsgáljuk. A kutatási kérdésünk az volt, hogy milyen tényezők befolyásolják döntően az országok közötti beruházási költség-különbségeket. Az elemzés tehát exploratív jellegű, azonban nagy hangsúlyt kapott a felkutatott magyarázóváltozók és a beruházási költség közötti oksági kapcsolatok feltárása is. Ennek érdekében a hagyományos lineáris regressziós módszertanunkat kiegészítettük egy kauzális térképpel, valamint erre épülő módszerekkel.

Az elemzés a továbbiakban 8 fő részből áll. A soron következő fejezetben az eredményváltozónk kiválasztását, relevanciáját és fontosabb tulajdonságait emeljük ki. Ezt követően a 3-5. fejezetek a magyarázóváltozók kiválasztását alapozzák meg. A 3. fejezetben a szabályozói környezetről, illetve az Európai Unióban (EU) jelen lévő megújuló energiaforrásokon (Renewable Energy Sources, RES) alapuló erőművek iparági ismertetőjéről lesz szó. A 4. fejezet az unióról mélyebbre megy az országos szintre, ahol a munkaerőköltség variabilitásának okait vizsgáltuk meg. Az 5. fejezetben pedig a RES alapú erőművekre egyedi aukciós modellek számunkra releváns karakterisztikái alapján hasonlítjuk össze az országokat.

A további fejezetekben az elemzéshez szorosabban kapcsolódó fejezetei következnek. A 6. fejezetben a felhasznált adatbázisunk összetételét és sajátosságait írjuk le. Ezután a 7. fejezet bevezeti a kauzális térkép fogalmát, ismerteti az általunk készített térkép elemeit, majd a belőle vont következtetéseinket. A 8. fejezetben a kauzális térképre épülő regresszióink szerepelnek, mely végén a kapott eredményeinket is ismertetjük. A 9. fejezetben az elemzés összefoglalása szerepel.

## 2. A Beruházási költség

Ez elemzésünk fókuszában az állt, hogy az uniós országok közötti költség-különbségek lehetséges okait feltárjuk. Ennek mérésére a területen leggyakrabban használt költség-mutató, az LCOE (Levelized Cost Of Energy, magyarul „élettartamra vonatkoztatott fajlagos energiaköltség”), vagy ennek egy felépítő részét találtuk alkalmasnak.

Az elemzés független változójának kiválasztásakor tehát megvizsgáltuk az LCOE felépítését. Az LCOE ugyanis az élettartamra vonatkozó teljes költség nettó jelenértékének és az élettartam

alatt termelt teljes elektromos energia nettó jelenértékének hányadosa. Ez a következő képlettel írható le:

$$LCOE = \frac{\sum \frac{I_t + M_t}{(1+r)^t}}{\sum \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

ahol az  $I$  a Beruházási költség (Investment cost), az  $M$  a Fenntartási költség (Maintenance cost), az  $r$  a Kamatláb és az  $E$  az Összes termelt energia összege. (Corporate Finance Institute, 2021)

A képletből könnyen leolvasható, hogy az LCOE 4 fő változó függvénye, így számos tényező alakíthatja váltakozását. Így, az elemzésben az eredményváltozónkat leszűkítettük az egyik LCOE-t alkotó változóra, a Beruházási költségre. Ennek 2 fő oka volt: 1) a beruházási költség jelentős részét teszi ki az LCOE-nek, így továbbra is megfelelő független változó lesz az elemzés során (Vartiainen et al., 2020); illetve 2) a Beruházási költség feltételezéseink szerint sokkal kevesebb változó függvénye, így egy átfogóbb elemzést tudunk rajta elvégezni.

A szakirodalom alapján a következőket azonosítottuk ilyen változóként. Először is, a beruházási költségek alakulására hatással vannak a piaci folyamatok (Gotzens et al., 2018). Azaz, amennyiben egy piaci döntés hatására megnő a kereslet a beruházásokra, a beruházási költség csökkenését várjuk rövidtávon (minden más változatlanságát feltételezve). Éppen ezért fontosnak tartottuk megvizsgálni a szabályozói környezetet, illetve a jelenlegi trendeket a RES és azon belül is a PV (photovaltaic, magyarul napenergia) beruházások terén. Mivel ezek a szabályozások a RES erőművekre jellemző aukciós modellek elterjedtségét is befolyásolták (mind kereslet mind kínálat oldalon), ezek vizsgálatának is fontos szerepet tulajdonítottunk. Továbbá, a munkaerő- és földköltség árszínvonala feltételezéseink szerint egyenesen arányosan mozog a beruházási költséggel. Végül, egyéb források az országok földrajzi adottságait is kiemelik (Samadi, 2016), mely a földköltségen kívül a PV alternatíváinak relatív árát is befolyásolja az adott országban.

### 3. Európai uniós szabályozás és iparági ismertető

Jelen elemzésünk elvégzéséhez szükséges röviden megérteni az megújuló energiaforrások jelenlegi és múltbeli helyzetét Európában. Ebben a fejezetben erre fogunk kitérni.

#### 3.1. Uniós megújuló energiaforrásokra vonatkozó szabályozás

Az Európai Unió elődje az 1997-ben Kyotóban rendezett konferencián hozott meg először közös elhatározást egy fenntarthatóbb gazdaság elérése felé. Ekkor az Európai Közösséget

képviselő országok elhatározták, hogy az 1990-es szintekhez képest 8%-kal csökkentik az üvegházhatású gázok kibocsátását a 2008-2012 közötti időszak során (Protocol, 1997). Ezek után számos stratégia és célérték született, ezek közül most párat kiemelünk, hogy fel tudjuk festeni az Európai helyzetet az elérendő célok mentén.

2007-ben az Európai Unió országainak vezetői a következő stratégia célokban állapodtak meg. Ezeket 2020-ig tervezték megvalósítani, ezért ezek a célok az egyik legmeghatározóbbak az elemzésünk értelmezése során. (European Commission, n.d.)

- 20% csökkenés az üvegházhatású gázok esetében 1990-hez képest
- 20%-a az Európai Unió energiájának megújuló energiaforrásokból származzon
- 20%-os javulás az energiahatékonyság területén

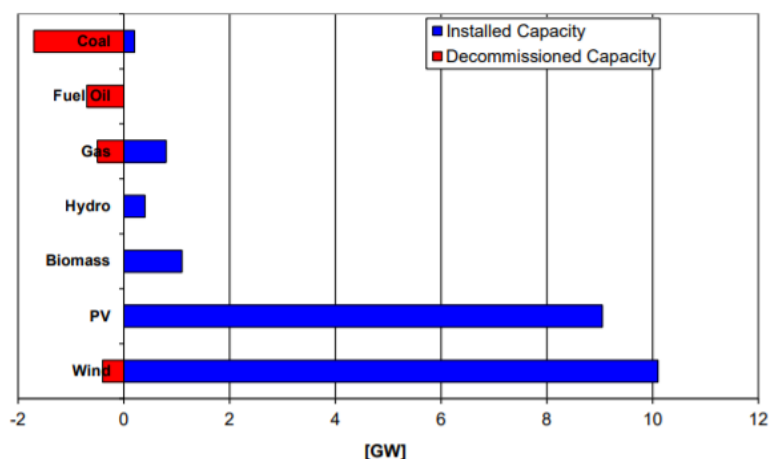
Ezek közül számunkra, a legfontosabb a megújuló energiaforrások szerepének megemlése. Azok a célok, amelyek a megújuló energiatermeléshez impliciten vagy expliciten kapcsolódnak, számunkra lényeges információval rendelkezhetnek. Ezt az elemzés során is figyelembe fogjuk venni. Azt gondoljuk, hogy az egyik legnagyobb tényező a kialakult ipar az adott országban, hiszen a kialakult logisztikai és piaci ismeretek meghatározó tényezőként hathatnak a jövőbeli költségekre.

Ezek mellett az elköteleződések mellett érdemes megjegyezni, hogy gyakran a megújuló energiaforrásokon alapuló erőművek megépítése piaci alapon nem jön létre, ezért támogatásra szorulnak. A korábbi megállapítások mellett észrevehettük, hogy az EU-n belül kezd kialakulni egy működő módszer a különböző projektek versenyeztetése és ezáltal az állami támogatások elosztására (Kerekes - Varga, 2021). Azok a módszerek, ahogyan az Európai Unió tagországai a megújuló energiaforrásokra épülő erőműveket támogatják aukciós mechanizmusokon keresztül lépnek életbe. Ezekkel az aukciós mechanizmusokkal és hogy mit várunk tőlük az elemzés során később foglalkozunk.

### 3.2. Unió iparági ismertető

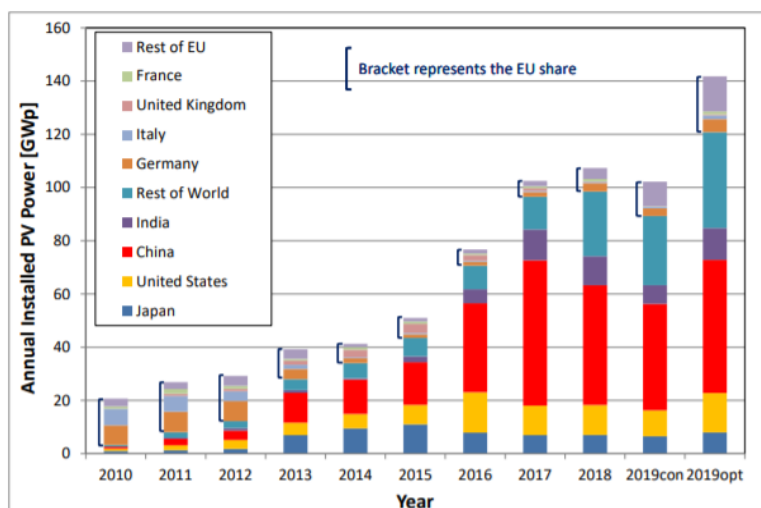
Az Európai Unió aktívan foglalkozik azzal, hogy fejlessze és támogassa a megújuló energiaforrások használatát, ez a cél a mostani Európai Bizottsági vezetés szempontjából is kiemelkedő. Ursula von der Leyen (az Európai Bizottság elnöke) kiemelte az üvegházhatású gázok csökkentésének a fontosságát és 2030-ra már 50%-os csökkentést szeretne elérni. (Jäger-Waldau, 2019)

2018-ben az Európai Unión belül megújuló energiaforrásokból épült a legtöbb új kapacitás. A 2019-es jelentés alapján (Jäger-Waldau, 2019), láthatjuk, hogy a PV és szél-energia az a két megújuló energiaforrás, amelyek az EU-n belül a legnagyobb növekedést mutatják. Az egyik oka, hogy a kutatásunk a PV energiával foglalkozik erősebben, hogy az elmúlt években egyre nagyobb és több beruházást láthatunk ezen a piacon. Emellett pedig egyre nagyobb hangsúlyt kap a médiában, és a szakpolitikában is.



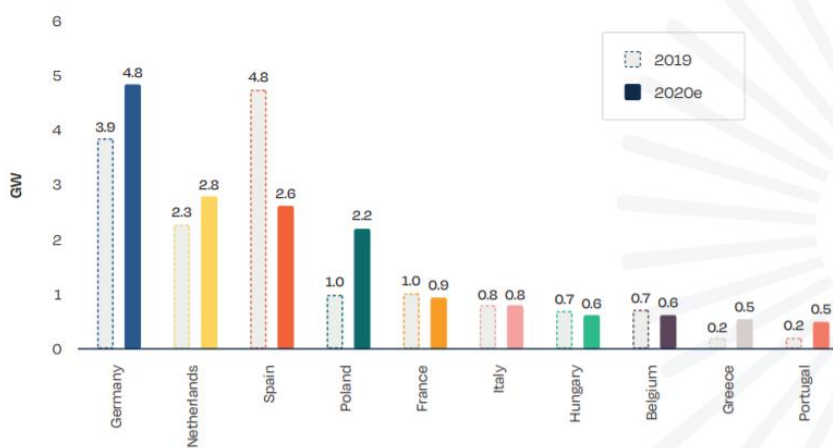
1. ábra: Új vagy kivont energia kapacitás az EU-ban típus szerint, 2018-ban (Jäger-Waldau, 2019, 12.o)

Érdeemes azt is megfigyelni, hogy az Európai Unióban hogyan alakul a helyzet a világ többi részéhez képest (2. ábra): az elmúlt években a PV fejlesztések kapcsán az Európai Unió egyre kisebb arányát tette ki az új beruházásoknak. Azért érdekes számunkra ez, hogy országok szintjén kontextusba helyezhessük az elemzésünket. Az EU-ban a 2014 és 2017 között a beruházások és bővítések csökkentek és aztán 2018-tól kezdve megint elkezdtek sokasodni (Europe, 2020).



2. ábra: Éves szintű PV energiaforrás bevezetve, becslések alapján (Jäger-Waldau, 2019, 11.o)

Az általános iparági információk mellett arra is szükségünk van, hogy az előző felvetésünk mentén, megtudjuk különböztetni az országokat, képesek legyünk esetleges különbségeket kiszűrni. Az országok szerint a PV kapacitás bővülésének alakulása számunkra több fontos információt is tartalmaz. A 3. ábrán láthatjuk, hogy a tíz legnagyobb PV piaccal rendelkező országban mennyivel növekedett a kapacitás 2019-ben és a 2020-as becslés mentén. Ezt a becslést a Solarpower Europe nevű szervezet végezte el, az ő 2020-24-es piaci kilátások elemzéséből vettük át (Europe, 2020).



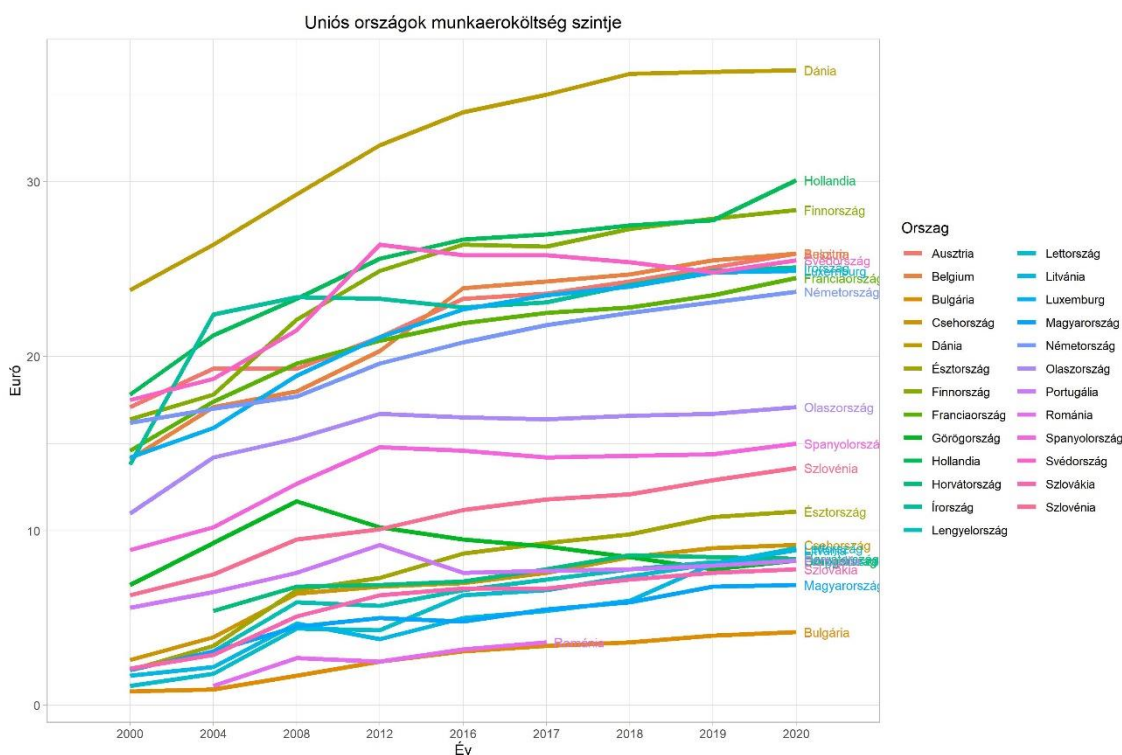
3. ábra: Top 10 EU-s PV piac GW-ban mért növekedése 2019-2020 (becslés). (Europe, 2020, 11.o)

Azért fontos számunkra értelmezni, hogy mennyire alakultak ki ezek a piacok, mert láthatjuk, hogy még a tíz legnagyobb ország esetében is erős növekedésről beszélhetünk az elmúlt 2-3 évben. Ezek és a korábban levont következtetések alapján arra juthatunk, hogy a piac négyéves hibernáció után újraéledt az elmúlt pár évben. Ezt a következőkben majd az elemzés során is

figyelembe fogjuk venni, abból a szempontból, hogy mennyire van hatással az piac növekedése és a jelenlegi piaci trend arra, hogy felkészült a beszállítói szféra a magas beruházások kivitelezésére, és hogy ez hogyan függ össze a beruházási költségekkel.

#### 4. A munkaerőköltség és variabilitásának okai

A munkaerőköltség változónkhoz választott adatbázist, a kiválasztott mutatót és részletes leírásokat a 6. fejezetben ismertetjük. Ebben a fejezetben arról beszélünk, hogy milyen okok állhatnak amögött, hogy a munkaerőköltség igen heterogén az EU-tagországok között. Ezt szemlélteti a 4. ábra.



4. ábra, Kiválasztott EU tagországok egy órára jutó munkaköltség szintje, 2000-2020, EUR-ban

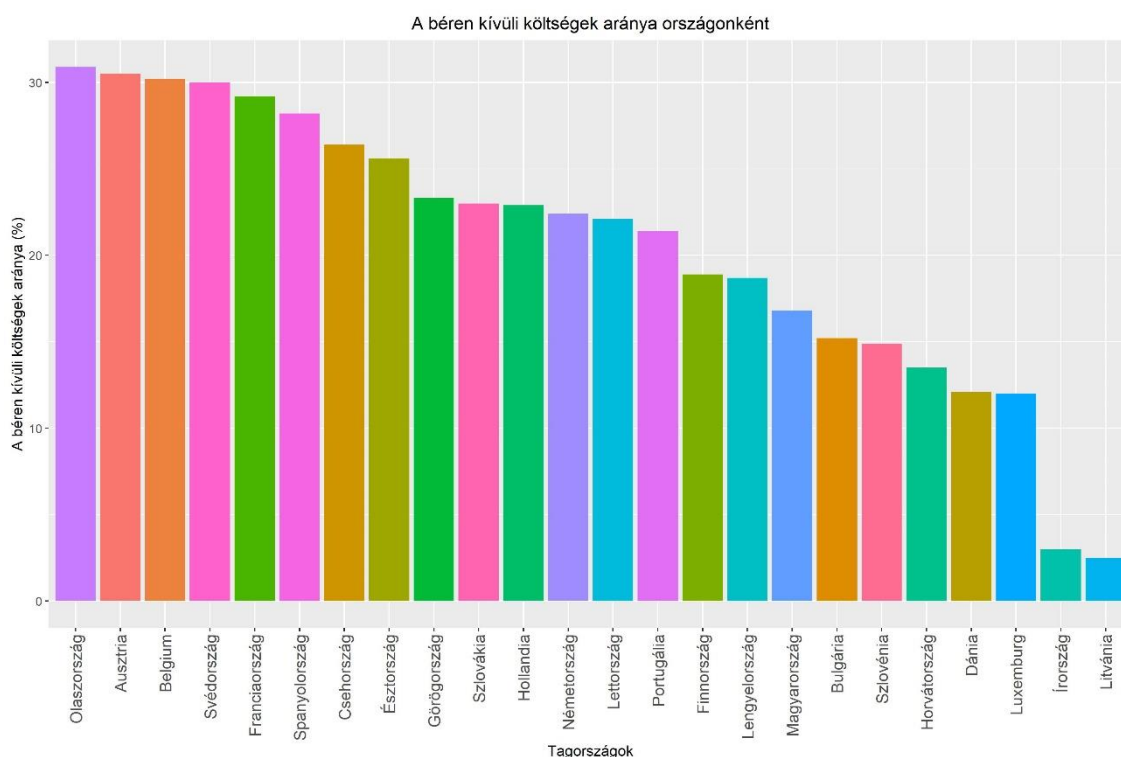
Az egyik legkézenfekvőbb ok a változékonyságra az, hogy a különböző EU tagállamok az adópolitikájuk terén önállóan cselekedhetnek (az Európai Bizottság hivatalos honlapja szerint (Európai Bizottság, 2021.)), így a tagállamok között eltérőek a munkáltatóra háruló adóterhek, ezt mutatja be az 5. ábra, melynek adatai szintén a 6. fejezetben tárgyalt adatforrásból származnak.

Egy másik ok lehet erre a változatosságra, az Európai Központi Bank tanulmánya szerint (Genre, Momferatou, & Mourre, 2005), a munkások közti tudás és képzettségben jelenlévő különbségek. Bár azt feltételezhetjük, hogy iparágakon belül kisebb a képzettségi szint szórása,



ám az elképzelhető, hogy különböző országok iparágát összemérve jelentős képzésszínvonalbeli és ezáltal termelékenységi különbségek vehetők észre.

Az Európai Központi Bank egy másik tanulmánya (Bobeica, Ciccarelli, & Vansteenkiste, 2019) szerint jelentős kapcsolat van egy ország inflációs rátája és annak átlagos munkaerőköltsége között, attól függően, hogy milyen állapotban van a gazdaság, illetve, hogy milyen egyéb sokkok hatnak rá. Egy további tanulmány az Európai Központi Bank részéről (Pierluigi & Roma, 2008) megemlíti, hogy egy-egy ország munkaerőköltségében az is közrejátszik, hogy mennyire van kitéve az alacsony munkaerőköltségű országok által versenyhelyzetnek.



5. ábra, Munkabéren kívüli, munkáltatót terhelő költségek aránya a kiválasztott EU tagországokban, 2020, százalékban

## 5. Aukciós modellek országok közötti különbsége

Ebben a fejezetben további két szempont szerint hasonlítjuk össze az országokat. Először az országokban alkalmazott aukciós modellek karakterisztikáit hasonlítjuk össze. Ezután az elmúlt években tapasztalt aukciók versenyképességét számszerűsítve is összehasonlítjuk. Mivel beruházási költségek közötti különbségeket vizsgálunk, ezért ezekkel csak érintőlegesen foglalkozunk. Az aukciókat tartalmazó részletes adatbázis adathiány miatt csupán 19 EU-s országot tartalmaz. Továbbá, a relevancia kedvéért leszűrtük a 2016-2020 közötti adatokra.

## 5.1. Aukciós modellek karakterisztikái

Az aukciós modellek karakterisztikái közül az országok közötti beruházási költség eltérésekre a következők lehetnek hatással: az országban tartott aukciók száma, illetve, hogy technológia semleges vagy specifikus aukciók jellemzik-e az országot. A korábbi azon a csatornán keresztül tud hatni a beruházási költségekre, hogy ahol több aukciót valósítottak meg az elmúlt években (azaz megnőtt a kereslet a beruházásokra), ott a beruházási költségek is csökken (ahogyan nő a kínálat a beruházásokra). Utóbbi pedig azon a csatornán, hogy ahol a PV specifikus aukciók magas arányban vannak jelen, ott az előző hatásmechanizmushoz hasonlóan változik a beruházási költség mértéke.

Az országban tartott aukciók száma a vizsgált időszakban 1 és 52 közé esett. Egy országban átlagosan 8,5 aukció volt, azonban ezt 3 kiugró érték (Franciaország 52-vel, Németország 41-gyel, illetve Hollandia 14-gyel) húzza fel ekkorára, a medián aukciószám 4 volt. Ezek nélkül az országok nélkül az átlag 3,5-ös, a medián pedig 2-es értéket vesz fel.

Mivel az aukciós adatbázisunkban 2016-2020 közötti aukciók szerepelnek, az EU pedig csak 2017-ben hozott szabályozást a technológia semleges aukciók kötelezővé tételéről, így számunkra releváns vizsgálni a második kiemelt karakterisztikát is. Mérésére létrehoztunk egy technológia specifikus / összes aukció változót, országonként. Ennek értékei 0 és 100% között szóródtak, az átlag 45%, a medián pedig 43% volt. Itt tehát közel egyenletesen szóródtak a megfigyelések, melyek 3 fő kategóriába sorolhatóak: Magas (63%, vagy fölötti), Közepes (14-50% közötti), illetve Alacsony (0%) Technológia Specifikus Aukciós Arány. A leíró statisztikák és a 2017-es EU-s rendelet alapján ezt az aspektust a továbbiakban külön nem vizsgáltuk, a hatását Aukciós dizájn változóba sűrítettük bele.

## 5.2. Aukciók versenyképessége

Az országok aukcióinak versenyképessége egy komoly indikátora lehet a helyi beruházási költségeknek. Ennek mérésére egy korábban létrehozott mutatót, a *Competition* nevű változót használtuk. Ez a mutató az árverezésre benyújtott kapacitások összegének és az összes elárverezett kapacitás összegének a hányadosa. Tehát, ez a mutató azt mutatja meg, hogy mekkora volt a túlkínálat vagy az alulkínálat az adott aukción. Az országok közötti összehasonlíthatóság kedvéért ezeknek az átlagát vettük, országonként. Azon országokban (Litvániában és Szlovákiában), ahol nem közölnek adatot a megnyert kapacitás összegéről, ezt a mutatót nem számoltuk ki.

A legmagasabb versenyintenzitás 8,99-es versenyképességi index-szel (Portugáliában) volt a vizsgált időszakban, míg a legalacsonyabb 0,31-es értékkel rendelkezett (Lengyelországban). Az átlagos értéke 2,47 volt, a medián ehhez közeli, 1,92 volt. A 17 vizsgált országból csupán 6-ban volt kisebb ez a mutató 1-nél, azaz 6 országban volt alulkínálat, míg 11-ben túlkínálatot figyelhetünk meg. Továbbá, az aukciók számával és a technológia specifikus aukciók arányával gyenge korrelációt figyelhetünk meg (-0,05-es, illetve 0,06-as korrelációkat, az említés sorrendjében).

## 6. Felhasznált adatbázis

Az elemzésünkhöz 5 adatbázisból használtunk fel adatokat. A beruházási költségeket Lugo-Laguna és szerzőtársai cikkéből gyűjtöttük ki (2021, 22.o). A PV kapacitás növekedést az IRENA (International Renewable Energy Agency) 2021-es kapacitás statisztikai kötetéből gyűjtöttük (2020, 26-27.o).

A munkaerőköltség változónkhoz az Eurostat „Labour cost levels by NACE Rev. 2 activity”<sup>1 2</sup> (NACE, szabad fordításban: munkaerőköltség szintje a gazdasági tevékenységek európai osztályozása szerint) éves adatbázisát használtuk fel, amelyben az „Építkezés” (*Construction*) kategóriában található adatokkal dolgoztunk. Az adatbázis panel jellegű, 2000-2016 között négy-éves ciklusokban, 2016-2020 között éves rendezésben állnak rendelkezésre az adatok, melyek magukba foglalják a munkáltatók egy óra munkára eső teljes költségét, euróban. Adatbázisunk többi részének keresztmetszeti alakja miatt, a fent leírt adatot keresztmetszeti adattá volt szükséges alakítani. Ehhez, az utolsó két év (2019-2020) munkaerő költségének az átlagát használtuk. A pontos kiválasztási mechanizmusról részletesebben a Melléklet A-ban írunk.

Az aukciókra vonatkozó adataink a 2020-as AURES II európai uniós országokat tartalmazó aukciós adatbázisából gyűjtöttük össze (AURES II, 2021). Ebben az adatbázisban 19 Uniós országról volt adat. A magasabb relevancia kedvéért az elemzésünkben leszűkítettük az utolsó 5 év (2016-2020) adataira az adatbázist, az adatokat országonként aggregálva használtuk fel.

Földköltség változónkhoz, adathiány miatt, egy proxy mutatót vettünk igénybe. Helyettesítő változóként, az Eurostat mezőgazdasági föld árakkal rendelkező adatbázisának<sup>3</sup> adatait

---

<sup>1</sup> [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/LC\\_LCI\\_LEV\\_custom\\_1817648/default/table](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/LC_LCI_LEV_custom_1817648/default/table)

<sup>2</sup> Az adatbázis részletes leírása: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902521/KS-RA-07-015-EN.PDF>

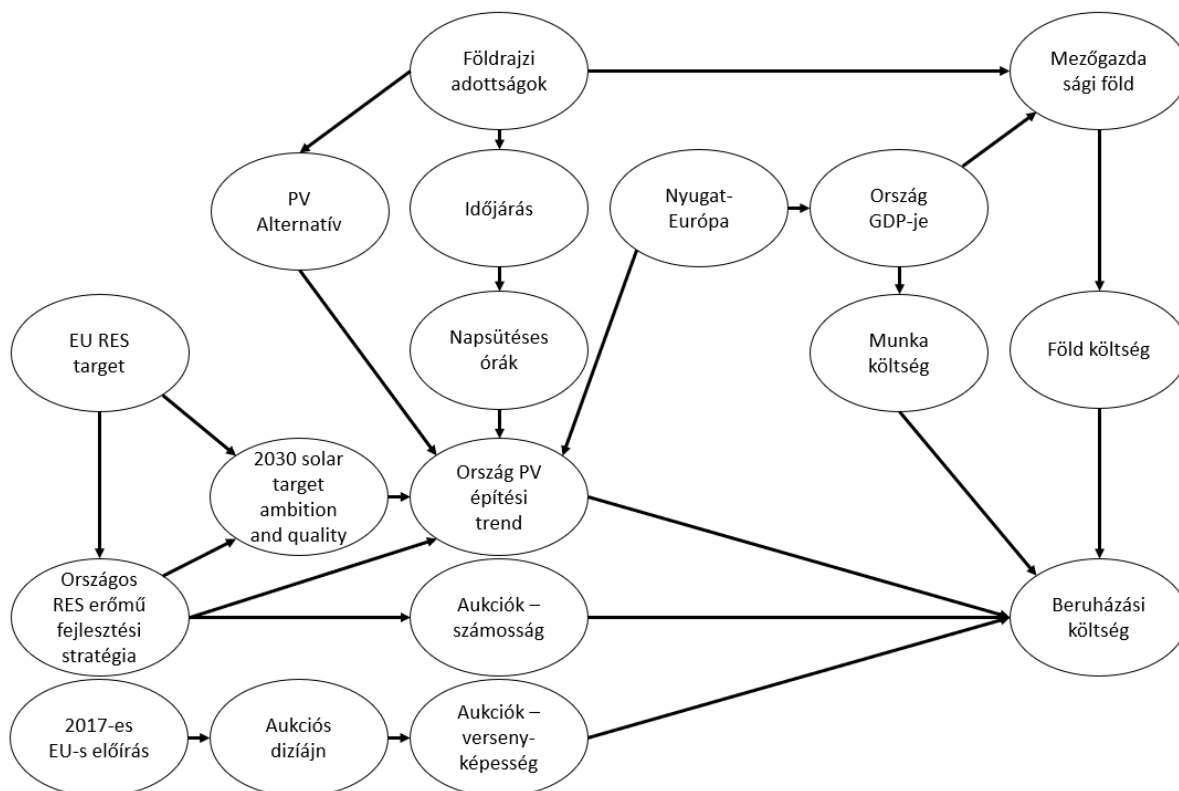
<sup>3</sup> [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/apri\\_lprc/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/apri_lprc/default/table?lang=en)

használtuk fel. A proxy változónk egy hektár megművelhető föld árát tartalmazza euróban, országonként.

Miután az adatbázisunkban volt több hiányzó érték, ezért az elemzés során imputáltuk a hiányzó folytonos változókat. A hiányzó értékek nagyrészt különböző változóknak jelentek meg, ezért azt gondoljuk, hogy a mediánnal való imputálás elfogadható megoldás annak érdekében, hogy ne legyen szelekciós torzítás a mintában. Továbbá, a 27 uniós ország közül 3-at el kellett hagynunk többfokú adathiány miatt: Máltát, Ciprust és Lettországot.

## 7. Kauzális térkép

Az elemzésünkhöz segítségül Irányított Aciklikus Gráfot (angolul: Directed Acyclical Graph, DAG), vagy más néven kauzális térképet készítettünk. A kauzális térkép lényege, hogy összefoglalja a felhalmozott tudást egy adott tudományterületen, olyan formában, mely elősegíti az oksági kapcsolatok megfogalmazását (Pearl és Mackenzie, 2019). Útmutatást ad ahhoz, hogy hogyan érdemes ökonometriai modelleket építeni oksági kapcsolatok feltárása érdekében. A gráf 2 fő részből áll: a különböző tényezőkből, melyek között oksági kapcsolatokat feltételezünk (*körök*) és az oksági kapcsolat feltételezett irányából (*nyilak*). A kauzális térképünket a korábbi szakaszokban összefoglalt irodalom és következtetéseink alapján állítottuk össze.



*6. ábra, az elemzésünkben feltételezett oksági kapcsolatok vizualizálása kauzális térkép segítségével, saját ábra*

A 6. ábrán tehát azt láthatjuk, hogy az általunk fontosnak vélt, többnyire adattal megtámogatott változók milyen oksági viszonyban állhatnak egymással. A térképen azon körök, amelyekbe nem futnak be nyilak, azok azon exogén változók, melyek eredetét már nem szükséges tovább boncolni. Ezek között elkülönítjük az általunk fontosnak tartott kiinduló változókat, és a szerintünk oksági kapcsolatok torzítására alkalmas zavaró (confounder) változókat. Az a kör, amelyből nem indulnak további nyilak, pedig az eredményváltozónk (a Beruházási költség). Az összes többi kör rajta van valamilyen oksági vagy nem-okszági ösvényen a kiinduló exogén változóink és az eredményváltozónk között.

A gráfon oksági ösvénynek hívjuk azokat az „egyirányú utakat”, melyek az általunk valószínűnek tartott kiinduló változókból indulnak, és az eredményváltozóinkban végződnek. Nem-okszági ösvénynek pedig azokat hívjuk, melyek egy confounderből indulnak, és egyszerre hathatnak az oksági ösvényen lévő változóinkra és az eredményváltozóinkra, torzítást okozva a becslésünkben (Pearl és Mackenzie, 2019). Összefoglalva, az oksági ösvényen azok a változóink vannak, melyek hatását szeretnénk kimérni, a nem-okszági ösvényen pedig azok a confounderek vannak, melyek hatását szeretnénk kiszűrni az elemzésünkben.

Ezek alapján mi 5 fő oksági ösvényt azonosítottunk és 1 confoundert. Az 5 fő oksági ösvényt 3 kiinduló változó és 2 fontos „közbülső” változóból eredeztettük. A 3 kiinduló változó a 2017-es EU-s előírás (miszerint az aukcióknak technológia semlegesnek kell lenniük), az országok Földrajzi adottságai, és az EU RES target (az európai uniós törekvés az energiaforrások összetételének fenntarthatóbbá tételére) volt. A két közbülső változó az Országos RES erőmű fejlesztési stratégia, melyre ugyan volt feltételezéseink szerint hatása az EU RES target-nek, azonban önmagában is egy jelentős változó, illetve az Ország GDP-je volt, melyre egyedül a mesterségesen létrehozott változónk van hatással a térkép elemi közül. A confounder, amelyet azonosítottunk, és önmagában nem feltételeztünk közötté és a beruházási költség között oksági kapcsolatot, a Nyugat-Európa nevű dummy változó volt.

Az azonosított oksági ösvények mindegyikéről beemeltünk az elemzésünkbe 1-1 változót, hiszen ezeknek az ösvényeknek szeretnénk kimérni a hatásait. Ezek lesznek a fő magyarázó változóink. Ezeken az ösvényeken a Staplin és szerzőtársai (2016) által javasolt kritériumrendszer értelmében további változókra nem kontrolláltunk. A confounder nem-okszági ösvényeit pedig szerettük volna becsukni, így ezen ösvényeken kontrollálnunk kellett 1-1 változóra. Mivel a confounder egy könnyen megfigyelhető és mérhető változó, erre kontrollálva az összes ilyen

ösvényt be tudjuk csukni. Így ez lett a kontrollváltozónk. Ez a változó ugyanúgy szerepelni fog a modellben, azonban erre nem fogunk oksági állításokat alapozni, hiszen ez csak a nem kívánt mechanizmusok kiszűrése érdekében került a modellbe.

Az elemzésünkbe ezek alapján a következő változókat tettük be: *Aukciók – versenyképesség*, *Aukciók – számosság*, *Ország PV építési trend*, *Munka költség*, *Mezőgazdasági föld*, illetve a *Nyugat-Európa*. Az aukciók versenyképessége és számossága, illetve a munkaerőköltség fontosságáról írtunk a korábbi fejezeteinkben. Az ország PV építési trendje azért lehet még fontos változó, hiszen ahol egyre több PV erőművet építenek, ott alacsonyabb beruházási költségre számítunk. A föld költsége hasonló okokból fontos, mint a munkaerő költsége. Mivel ezt a legjobban a mezőgazdasági föld költségével tudtuk leképezni, így az elemzésünkben ez fog szerepelni. A Nyugat-Európa változó pedig szintén a már korábban leírtak miatt szerepel a modellünkben.

A Melléklet B-ben arról írunk röviden, hogy miért tartottunk fontosnak a kauzális térképre alapozni az elemzést, illetve adunk egy pontosabb leírást arról, hogy mi alapján választottuk be a változókat. A Melléklet C-ben pedig egy színskóddal ellátott kauzális térképen is szemléltettük, melyik változó miért került bele a modellekbe.

## 8. Elemzés

Ebben a fejezetben az adatbázison elvégzett transzformációkat, az eredményváltozókat és a magyarázó változóinkat vizsgáljuk meg. Ahogyan az előzőekben is bevezettük, a magyarázóváltozókat a Pearl által alkalmazott DAG módszer segítségével azonosítottuk. Az elemzés során OLS regressziókat futtattunk.

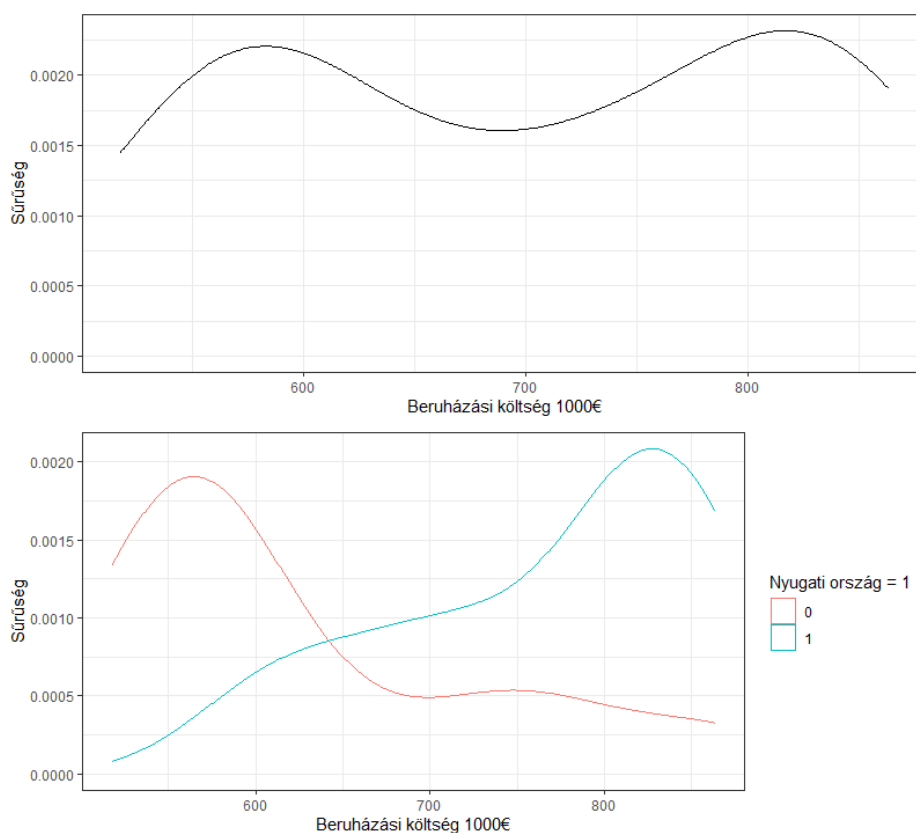
Az elemzés során a legnagyobb problémát a kutatási kérdésből egyértelműen adódó alacsony elemszám jelentette. Ezt úgy próbáltuk meg kezelni, hogy megpróbáltunk a lehető legkevesebb magyarázóváltozót bevonni az elemzésbe, így a szabadságfokot megtartva egy elfogadható szinten. Ezzel párhuzamosan természetesen minél relevánsabb változókat választottunk (a DAG segítségével). Emiatt továbbá kategorikus változókból is csupán egyet alkalmaztunk, amit elengedhetetlennek tartottunk az elemzés során.

### 8.1. Eredményváltozó - Beruházási költség

A kérdésünk a kutatás során az volt, hogy mi határozza meg az Európai uniós tagállamokban a beruházási költségek közötti különbségeket. Az általunk gyűjtött beruházási költségekben bőven érzékelhetünk különbségeket az országok tekintetében, a változó 557 ezer és 863 ezer Euró

között vesz fel értékeket és a szórása 112 ezer Euró. Elemzésünk során ezeknek a különbségeknek az okait szeretnénk felderíteni.

A beruházási költségek vizsgálatakor arra a következtetésre jutottunk, hogy ennek a változónak az eloszlása két módussal rendelkezik (lásd, 7. ábra). A felső ábrán láthatjuk, hogy az eloszlás két csúcspontot vesz fel, ez alapján következtettünk arra, hogy lehetséges, hogy a változó eloszlása bimodiális, melynek potenciális oka lehet, hogy két módusza van. Viszont a gyakoribb eset, hogy valójában két különböző mintát figyelünk meg egyszerre, mikor az egyik minta módusza az egyik módusz, a másik minta módusza a másik módusz. Ennek a megvizsgálása érdekében két csoportra bontottuk az országokat, Nyugat-Európára és Kelet-Európára.



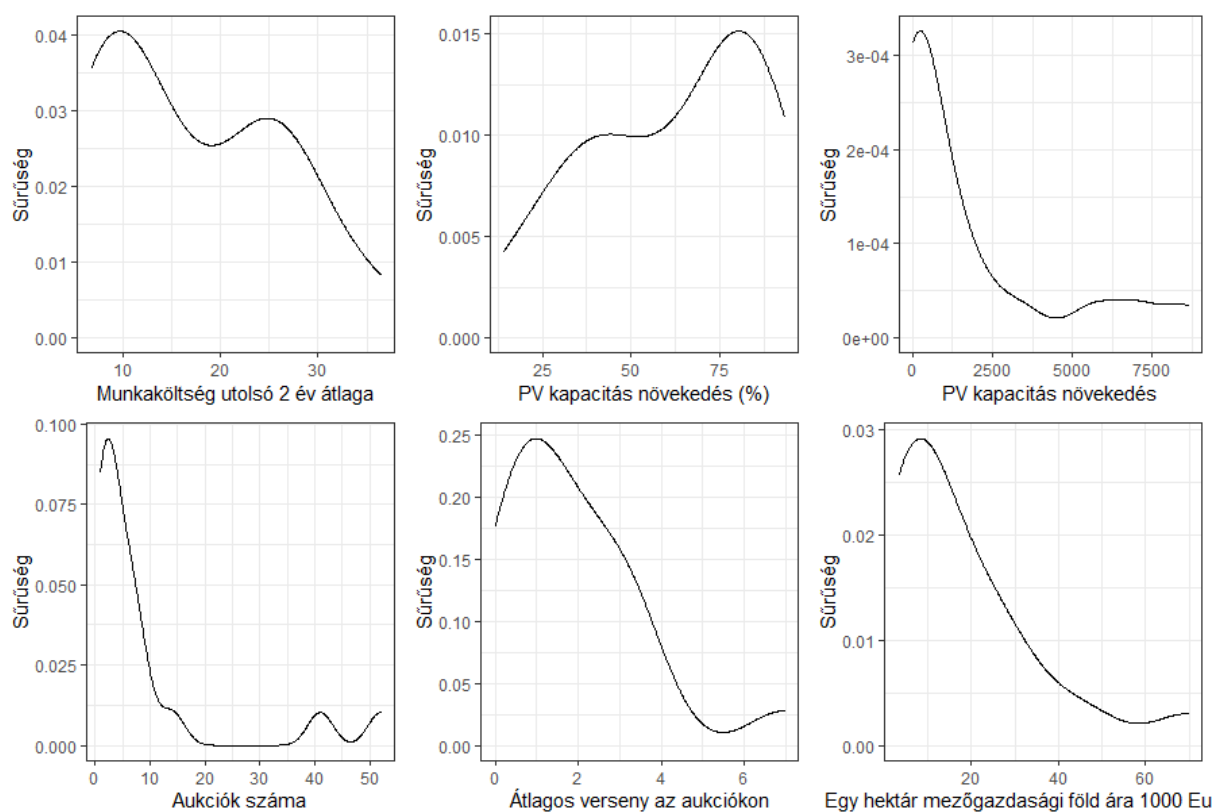
*7. ábra: A beruházási költség változó eloszlása (fent) és a beruházási költség Földrajzi elhelyezkedés szerinti ketté választott eloszlása (lent), saját készítés*

Ezek alapján az eredeti mintát kettéosztottuk. Az alsó ábrán látható, hogy a két módusz valóban ezen felosztás mentén, a két különböző mintában található. A regressziós elemzés során egyben, valamint a ketté bontás mellett is vizsgáltuk a változót, ezek eredményéről a későbbiekben részletesebben is írunk.

## 8.2. Magyarázó változók

A következőkben a kauzális térkép használatával azonosított magyarázó változóinkat vizsgáltuk meg. Ezen változók a vizsgálata két lépésben zajlott. Először a változók eloszlását, majd a beruházási költség és az adott változó közötti kapcsolatot vizsgáltuk, először adatvizualizációs, majd regressziós módszerekkel.

A magyarázó változóink egyike sem követett normális eloszlást, viszont erre nem is számítottunk az alacsony elemszám miatt. Az eloszlások (8. ábra) megfigyelésével három későbbi változtatást hajtottunk végre. A PV kapacitás növekedése, az aukciók száma és a mezőgazdasági földterület hektáronkénti ára változókat logaritmizálva is megfigyeltük, mivel ezek látszatra lognormális eloszlást követhetnek.



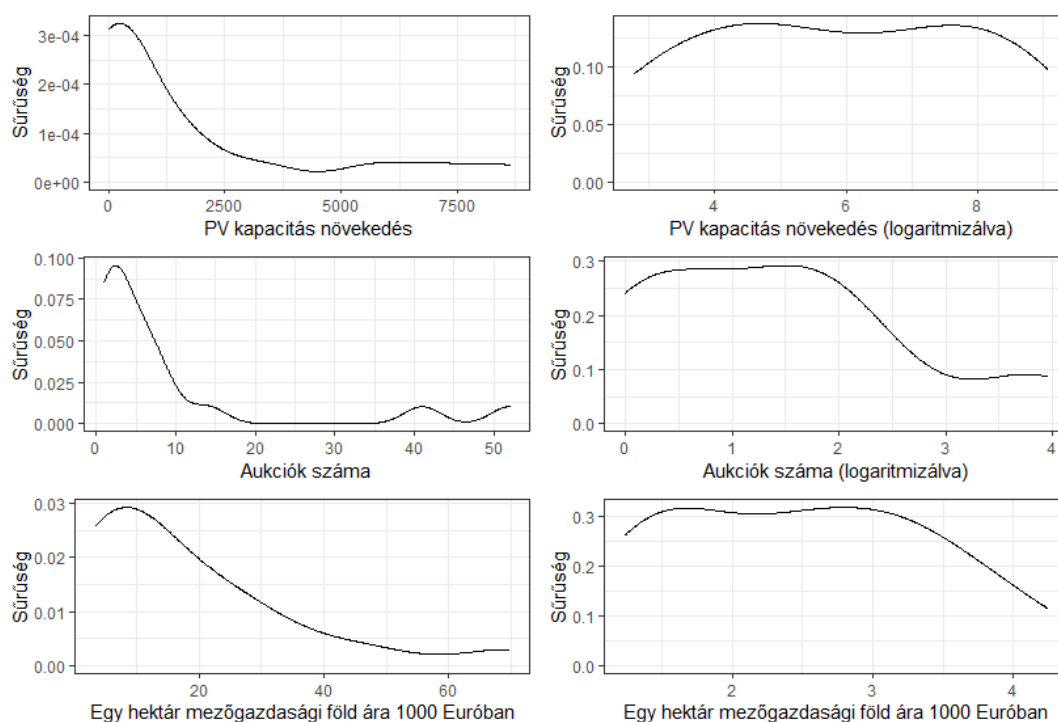
8. ábra: Magyarázó változók sűrűségfüggvényei, saját készítés

A 9. ábrán a három változó eredeti eloszlását és a logaritmusuk eloszlását láthatjuk. Ebből jól leolvasható, hogy az aukciók száma változónál jobban megfigyelhetjük a lognormális eloszlást, azonban az ábra alapján ott sem állíthatjuk teljes biztossággal, hogy a logaritmusa normális eloszlást követne. Ezt ellenőriztük a Shapiro-Wilk normalitásteszt segítségével is, melynek nullhipotézise, hogy az adott eloszlás normális. A három Shapiro-Wilk teszt egyikét sem tudtuk



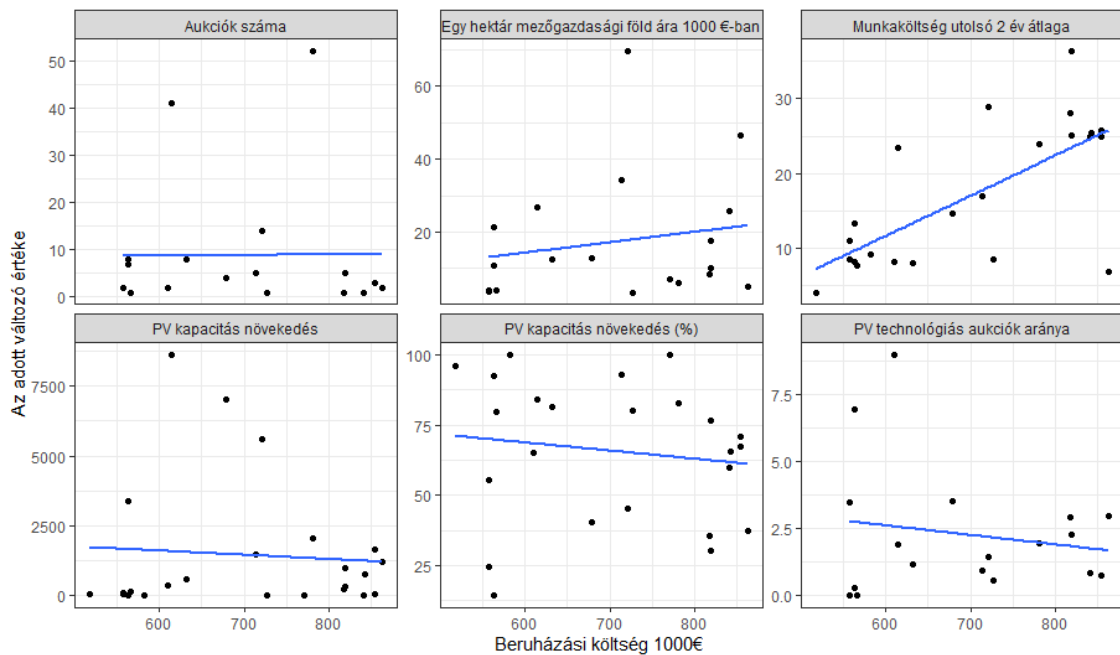
elutasítani, így a statisztikai teszt alapján mind a három logaritmizált változó eloszlása normálist követ.

A későbbiekben azonban végül csak az aukciók száma változót tartottuk meg logaritmizált formában, a maradék két változót eredeti alakjában alkalmaztuk. Ennek oka, hogy az aukciók száma változó esetében nem megfigyelt nem-linearitást érzékeltünk. Továbbá, mikor ezt a változót átalakítottuk, akkor a nem-linearitás eltűnt a modellünkben, így a maradék két változót már nem volt szükséges logaritmizálni.



9. ábra: PV kapacitás növekedés és az aukciók számának sűrűsége természetes és logaritmizált formában, saját készítés

Ezekután a magyarázó változóink és az eredményváltozónk közötti kapcsolatot is megvizsgáltuk. A végleges PV kapacitásra vonatkozó változónkat ebben a lépésben választottuk ki. Az elemzés során az abszolút növekedés és a százalékos növekedés közül választottunk. Mivel mindkettő változó ugyanarra az aspektusra kontrollál, ezért a választásunkba beleszámított a látható kapcsolat megléte a beruházási költség és az abszolút különbség között. Nagy hangsúlyt bírt továbbá az is, hogy az országok összehasonlíthatósága egyszerűbb az abszolút értékek vizsgálatánál, mint a saját magához vett százalékos növekedés esetében.



10. ábra: Magyarázó változók és a beruházási költség közötti kapcsolat ábrázolása. (saját készítés)

A 10. ábra alapján megerősítést kaptunk abban, hogy az általunk létrehozott kauzális térkép releváns kapcsolatokat mutat ki, így a következőkben ez alapján végezzük az elemzésünket. A regressziós elemzés során a modellszelekciót az alapján végeztük, hogy az általunk meghatározott változók miként szerepelnek a modellünkben, és próbáltunk rájönni, hogy mi lehet a válasz a kérdésünk mögött.

### 8.3. Regressziós elemzés

A regressziós elemzésünk során, a kérdés felderítő jellegéből és a keresztmetszeti adat jellegéből adódóan a többváltozós lineáris regresszió mellett döntöttünk. Így az elemzés során három különböző többváltozós regressziót készítettünk. Az összes regresszió során elvégeztük a szokásos OLS aszimptotikai vizsgálatokat, ezek alapján az OLS feltételeinek eleget tesznek a modelljeink.

A regressziós eredményeinket az 1. táblázatban láthatjuk. Három modellt vettünk be az eredményeink közé:

- 1. modell: A teljes mintán elvégzett regresszió, a kauzalitási módszertan által azonosított magyarázó változóinkkal
- 2. modell: Az első modellel egyezik, azonban ez a modell tartalmazza a Nyugat-Európa dummy változót.
- 3. modell: Az előző eredmények alapján, a harmadik modellben nem szerepel az egyetlen outlier (Magyarország), de szerepel a Nyugat-Európa dummy változó.

A regressziós elemzés során csökkentettük a végső modellünk elemszámát. Azért tartottuk ezt szükségesnek, mert az OLS aszimptotikai ábrái alapján tudtunk azonosítani egy outlier országot, amely minden kérdéses pontban kilógott a sorból. Ez az ország Magyarország volt. A regressziós eredményeinkből is kiolvasható (1.táblázat), hogy ahol a modellünk tartalmazta Magyarországot (az első két modellben) kifejezetten eltérő eredményeket kaptunk, mint mikor kivettük a mintából (az utolsó modellben). Az eltérés nagysága miatt fontosnak tartottuk Magyarországot bennhagyásával és kivételével is szerepeltetni az eredményeinket az 1. táblázaton.

|                               | OLS regressziók             |                       |                        |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|
|                               | Beruházási költség 1000€    |                       |                        |
|                               | 1. modell<br>(1)            | 2. modell<br>(2)      | 3. modell<br>(3)       |
| Aukciók száma (log)           | -25.980 (22.962)            | -19.623 (23.550)      | -8.572 (16.174)        |
| Munkaköltség                  | 10.474*** (2.290)           | 7.006* (3.889)        | 6.808** (2.641)        |
| PV kapacitás növekedés        | -0.004 (0.010)              | -0.009 (0.011)        | -0.014* (0.008)        |
| Átlagos verseny               | -4.754 (9.014)              | -8.943 (9.738)        | -12.564* (6.660)       |
| Mezőgazdasági föld ára, 1000€ | -0.808 (1.425)              | -1.023 (1.430)        | -0.756 (0.973)         |
| Nyugat Európai ország dummy   |                             | 80.633 (73.317)       | 112.573** (50.275)     |
| Konstans                      | 590.163*** (47.695)         | 616.202*** (53.002)   | 586.253*** (36.583)    |
| Observations                  | 24                          | 24                    | 23                     |
| R <sup>2</sup>                | 0.573                       | 0.601                 | 0.812                  |
| Adjusted R <sup>2</sup>       | 0.454                       | 0.461                 | 0.741                  |
| Residual Std. Error           | 88.753 (df = 18)            | 88.241 (df = 17)      | 59.920 (df = 16)       |
| F Statistic                   | 4.831*** (df = 5; 18)       | 4.274*** (df = 6; 17) | 11.502*** (df = 6; 16) |
| Note:                         | *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01 |                       |                        |

1. táblázat: Regressziós eredmények, saját készítés

Emögött a jelenség mögötti okokat ebben az elemzésben nem volt célunk feltárni, azonban pár leíró jellegű következtetést tettünk Magyarországra nézve. Az első szembetűnő különbség hazánk és a többi EU-s ország között az adatokban jelent meg. Magyarországon kiemelkedően magas a megfigyelt beruházási költség, emellett pedig a többi változó értéke kifejezetten alacsony. Második legalacsonyabb a munkaerőköltsége, második legalacsonyabb a mezőgazdasági földterület értéke, a többi változó esetében pedig átlagos értékeket vesz fel. Mivel ez sehol nem volt kiugró adat, így eltekintettünk attól az opciótól, hogy ez adathiba lehet. Végül, a kíváncsiság jegyében a legjobban teljesítő végső modell koefficiensei segítségével elvégeztük a becslést Magyarország paramétereire. Ez alapján egy 557,3 ezer eurós becsült beruházási költséget kaptunk, ami 305,6 ezer euróval kevesebb mint a valós megfigyelésünk.

## 8.4. Eredmények

A kutatási kérdésünket tekintve két különálló eredményre jutottunk. Az első eredményünk értelmében, a DAG alapján a kiválasztott magyarázó változók és még a kontrollváltozó figyelembevétele után is kiemelkedik a munkaerőköltség hatása a beruházási költségekre. A hatás mértéke azonban eltér a két teljes mintán lefutott modell (1. és 2. modell) között. Ugyan az 1. modell eredményei nagyobb szignifikanciát tulajdonítanak a változónak, mi a 2. modell eredményeit tartjuk helytállóbbnak.

Kontrollálva a nyugat-európai országokra, ebben a modellben már amellett, hogy kimérjük az általunk relevánsnak vélt hatásokat, kiszűrjük a károsnak vélt hatásokat is. A Nyugat-Európa dummy bevonása csökkentette a munkaerőköltség hatásának mértékét, amely így már csak 10 %-os szignifikanciaszinten volt szignifikáns. Ezzel ellentétben a többi változó magyarázó erejét ugyan növelte, viszont ezeknél a modelleknél ez a változás nem emelt be egy változót sem a szignifikánsnak tekinthetők közé.

Az egyetlen változó, ami az összes modellünkben szignifikáns volt tehát, az a munkaerőköltség; az első kettő modellnél láthatjuk, hogy az általunk azonosított változók közül csupán ez a változó van szignifikáns hatással a beruházási költségekre. Emellett pedig a harmadik modellünkben is szignifikáns, így azt mondhatjuk, hogy minden specifikáció mellett kimutatható a munkaerőköltség hatása. A változónak az előjele is egyértelműen abba az irányba mutat, mint ahogyan az alapvető mechanizmusok mentén számítanánk rá. Ezek alapján azt állapítottuk meg, hogy a munkaerőköltségnek van szignifikáns oksági hatása a beruházási költségekre.

A második eredményünk a 3. modellből jött ki. Ebben a modellben az elemzés számára károsnak ítélt outlier, Magyarország nélkül futtattunk egy regressziót. Ez regressziós modell kifejezetten érdekes eredményeket mutatott. Magyarország kivétele azt eredményezte, hogy a modellünk sokkal jobb becsléseket adott. Mind a korrigált  $R^2$ , mind az általunk azonosított magyarázó változók szignifikanciája javult. Ebben a modellben három szignifikáns magyarázó változót azonosíthatunk, melyek a munkaerőköltség, a PV kapacitás bővülésének trendje és a megújuló energiaforrások támogatására szolgáló aukciókon jelenlévő verseny volt. Mindhárom esetben a koefficiens értéke és előjele egybevág az előzetes várakozásainkkal.

A kettős eredményeinket tehát ebből származtatjuk. Amennyiben az egész mintán vizsgáljuk a kérdést, akkor a munkaerőköltség az egyetlen szignifikáns hatást gyakorló tényező a beruházási költségekre, tehát a munkaerőköltségekben megjelenő különbség megmagyarázza a beruházási költségekben látott különbségek döntő részét az Európai Unión belül. A másik

eredményünkben, mikor a magyarországi értékeket kivesszük az elemzésből, azt tapasztaltuk, hogy a munkaerőköltség mellett, az aukción résztvevő pályázatok száma (az aukción a verseny) és az eddigi kapacitás épülése is befolyással van a beruházási költségekre.

Az előzetesen azonosított magyarázó változókból tehát további kettő szignifikánsan hat a beruházási költségekre. Ebben az esetben úgy értelmezhetjük ezeket a változókat, hogy az aukción jelenlévő verseny csökkenti a beruházási költségeket, hiszen a támogatás elnyerése érdekében alacsonyabb beruházási költségeket ajánlanak a vállalatok. Emellett pedig az is megjelent, hogy az elmúlt években épült kapacitás mértéke is hatással van a beruházási költségekre. A kapacitás bővülés azzal jár, hogy az adott országban elkezdett kialakulni a megfelelő gazdasági környezet és a különböző képességek, amelyek lehetőséget nyújtanak a PV forrásból származó erőművek létrehozására. Így az elmúlt években való kapacitás növekedés jobb környezetet nyújt, melynek hatására alacsonyabb költségek mentén képesek létrehozni a beruházásokat.

Az elemzés során korlátként azonosítottuk a hiányzó értékek problémáját, mivel amennyiben nem imputálunk, akkor az elemszámunk 17-re csökken. Végül az imputálással megpróbáltuk kezelni azt, nehogy szelekciós torzítás lépjen fel, mivel lehetséges, hogy nemhiába nem találunk az adott értékekről megfelelő adatot. Viszont továbbra is felléphet valamilyen szintű torzítás, mivel az adott változó mediánértékével helyettesítettük a hiányzó értékeket. Emellett a korlát mellett azonosítottuk azt is, hogy potenciálisan kihagytunk valamilyen fontos nem megfigyelhető tényezőt az elemzésünkből. Ezt a továbbiakban, a munka potenciális fejlesztése során konzultálással, további kutatással érdemes kezelni.

## 9. Összefoglalás

Kutatásunk célja a napenergiára alapuló erőművek beruházási költségében jelenlévő, az Európai Unió tagországai közötti különbségek és ezen heterogenitás mögött rejlő tényezőknek az elemzése, kimutatása volt. Ehhez egy keresztmetszeti adatbázist használtunk, melyhez a releváns irodalmak, kutatások alapján begyűjtött, illetve kutatásunk előrehaladtával identifikált lehetséges magyarázó és kimeneti változókat használtuk fel. Változóink elméleti kapcsolatát egy kauzális térképpel is szemléltettük. Elemzésünkhöz a lineáris regressziók módszerét használtuk, háromféle modell felépítésével.

Bemutattuk, a lehetséges magyarázó változók változékonyságát az EU tagországok között, illetve ennek a potenciális okait. Azt is megmutattuk, hogy a beruházási költség az említett országok között egy két módusszal rendelkező eloszlást követ. Erről demonstráltuk, hogy valószínűsíthetően két részminta jelenléte áll a jelenség mögött.

Elemzésünk során azt találtuk, hogy az erőművek építéséhez, felszereléséhez felhasznált munkaerő költsége szignifikáns hatással bír a beruházási költségekre, mely eredményt mindhárom modellünk megerősítette. Eredményeink szerint pozitív kapcsolat van a munkaköltség és a beruházási költség között.

Abban az esetben mikor kiszűrtük outlier megfigyelésünket és kontrolláltunk a kimeneti változó eloszlásában két móduszt lehetségesen okozó változóra, modellünk mutatói jelentős javulást mutattak a többihez képest. Ezen modell eredményei alapján az országban jelenlévő PV forrásból működő erőművek beruházásáért folyó verseny magasabb intenzitása jelentősen, míg az adott országban, az elmúlt években tapasztalt napenergián alapuló erőművek kapacitás növekedése kisebb mértékben, de csökkenti a beruházási költséget.

## Hivatkozások:

AURES II (2021). AURES\_II\_auction\_database\_v1\_7, *letöltés ideje: 2021. 12. 23.*, *letöltés helye: <http://aures2project.eu/auction-database/>*

Bobeica, E., Ciccarelli, M., & Vansteenkiste, I. (2019). The link between labor cost and price inflation in the euro area. ECB Working Paper, 2235. doi:10.2866/894414

Corporate Finance Institute (2021). Levelized Cost of Energy (LCOE), *letöltés ideje: 2021.12.28.*, *letöltés helye: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/finance/levelized-cost-of-energy-lcoe/>*

Európai Bizottság. (2017. október 19.). A BIZOTTSÁG (EU) 2017/1902 RENDELETE az 1031/2010/EU bizottsági rendeletnek a kibocsátási egységek árverés útján történő értékesítésének az (EU) 2015/1814 európai parlamenti és tanácsi határozathoz való hozzáigazítása és az Egyesült Királyság által kijelölt aukciós platformnak a rendelet jegyzékébe való felvétele tekintetében történő módosításáról. Brüsszel. Forrás: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:32017R1902&from=EN>

Európai Bizottság. (2021.). Az Európai Bizottság honlapja. Letöltés dátuma: 2021. december 27., forrás: Adózási szakpolitikák: [https://ec.europa.eu/info/policies/taxation\\_hu](https://ec.europa.eu/info/policies/taxation_hu)

European Commission. (n.d.). 2020 climate & energy package. *letöltés helye: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package_en)*. *letöltés ideje: 2021.12.28.*

Europe, S. P. (2020). EU Market Outlook for Solar Power 2020–2024.

Genre, V., Momferatou, D., & Mourre, G. (2005). Wage diversity in the euro area - an overview of labour cost differentials across industries. ECB Occasional Paper, 24.

Gotzens, F., Heinrich, H., Hake J-F., Allelein, H-J. (2018). The influence of continued reductions in renewable energy cost on the European electricity system, Energy Strategy Reviews, vol 21, pp 71-81; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X18300221>

Jäger-Waldau, A. (2019). PV Status Report 2019. European Commission. Luxembourg: Publications Office of the European Union. *letöltés helye: [https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/kjna29938enn\\_1.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/kjna29938enn_1.pdf)*. *letöltés ideje: 2021.12.27, 12.o*

Lajos Kerekes & Katalin Varga (2021). The Future of the Electricity Sector in the Danube Region. REKK. letöltés helye: [https://rekk.hu/downloads/academic\\_publications/rekk\\_policybrief\\_en\\_2021\\_04.pdf](https://rekk.hu/downloads/academic_publications/rekk_policybrief_en_2021_04.pdf). letöltés ideje: 2021.12.26

Pierluigi, B., & Roma, M. (2008). Labour cost and employment across euro area countries and sectors. ECB Working Paper, 912.

Pearl, J., & Mackenzie, D. (2019). *The book of why: The new science of cause and effect*. Penguin Books.

Pearl, J. (1993). *Comment: Graphical models, causality and intervention*. Statist. Sci. 8. pp. 266–269.

Protocol, K. (1997). United Nations Framework Convention on Climate Change: Kyoto.

Samadi, S. (2020). A Review of Factors Influencing the Cost Development of Electricity Generation Technologies. Energies 2016, 9(11), 970; <https://www.mdpi.com/1996-1073/9/11/970>

Staplin, Natalie & Herrington, William & Judge, Parminder & Reith, Christina & Haynes, Richard & Landray, Martin & Baigent, Colin & Emberson, Jonathan. (2016). *Use of Causal Diagrams to Inform the Design and Interpretation of Observational Studies: An Example from the Study of Heart and Renal Protection (SHARP)*. Clinical journal of the American Society of Nephrology : CJASN. 12. 10.2215/CJN.02430316.

Vartiainen, E., Masson, G., Breyer, C., Moser, D., & Román Medina, E. (2020). Impact of weighted average cost of capital, capital expenditure, and other parameters on future utility-scale PV levelised cost of electricity. Progress in photovoltaics: research and applications, 28(6), 439-453.



## Melléklet A

Azért ezen adatbázisra esett a választásunk, mert az általunk ismert adatbázisok közül ez határozza meg a legrészletesebb kategorizálást a foglalkozások, iparágak között, így egyszerűbb volt kiszűrni a számunkra szükséges és releváns információkat. Továbbá, mivel elemzésünk az EU tagállamaira terjed ki, így kézenfekvő volt az EU hivatalos statisztikai hivatalának adatait felhasználni, ahol az lehetséges, indokolt volt. A NACE kategóriák közül, a már említett „Építkezés” kategóriáját választottuk. Azért ezen kategória értékeit vettük figyelembe, mert a 43.21-es alkategóriája („Electrical installation”) magába foglalja a napelemek felszerelését, további alkategóriái között pedig megtalálhatóak a különböző villamosenergia-szállítással kapcsolatos tevékenységek.

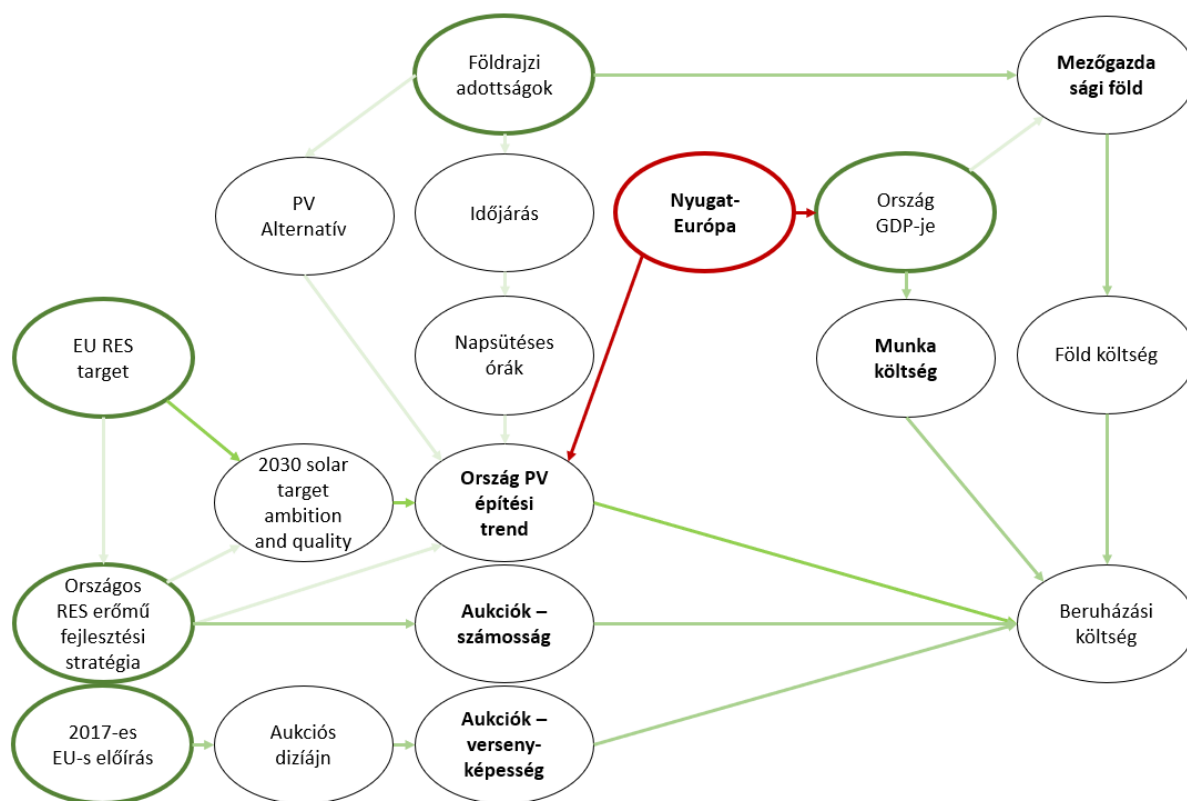
Az idősoros adat keresztmetszetivé alakítása során az utolsó két év (2019-2020) munkaerő költségének az átlagát használtuk. Azért döntöttünk így, mert a többi magyarázó változónk, illetve a beruházási költség is ezen időpontok valamelyikében álltak a rendelkezésünkre. Továbbá, ahogy a 4. ábra is mutatja, egy-két kivétellel, nem látható szignifikáns eltérés az 2016-2020 tartó ciklus trendje és a 2019-2020-as ciklus változásai között.

## Melléklet B

Az oksági kapcsolatok egyik legismertebb kortárs kutatója, Judea Pearl szerint két fontos elem kell ahhoz, hogy oksági állításokat tudjunk tenni: egy nyelvezet, ami leírja a feltételezett kapcsolatot az összes változónk között (ez nálunk a kauzális térkép), és egy nyelvezet, aminek segítségével számszerűsíteni tudjuk ezeket a kapcsolatokat, kimérve az oksági hatást (ez lesz nálunk a lineáris regressziók módszere) (Pearl és Mackenzie, 2019). Ezekből kiindulva Pearl (1993) által javasolt módszerekkel megtámogatva futtattunk regressziókat és tettünk oksági állításokat.

A Pearl (1993) által javasolt hátsó-kapu kritérium alapján Staplin és szerzőtársai (2016) készítettek egy könnyen alkalmazható kritériumrendszert. Azzal a 2 fő alappremisszával éltek, hogy az oksági ösvényeket „nyitva kell hagyni”, a nem-oksági ösvényeket pedig „be kell csukni” annak érdekében, hogy a megfelelő változók hatását kimérjük, a káros mechanizmusok hatását pedig kiszűrjük. Állításuk szerint úgy hagyunk nyitva ösvényt, hogyha nem kontrollálunk rajta semmire, illetve úgy csukunk be ösvényt, hogyha minimum 1 változóra kontrollálunk rajta. Továbbá, amennyiben van olyan változó, melyre egyszerre több dolog is hat, nem szabad azt kiválasztani a kontrollálásra ilyenkor, hiszen nem csak a kívánt káros mechanizmust szűrhetjük ki ebben az esetben.

## Melléklet C



*Melléklet C: 1. ábra, az elemzésünkben feltételezett oksági kapcsolatok vizualizálása kauzális térkép és színkód segítségével, saját ábra*

Az ábrán a törzsszövegben is szereplő kauzális térképet láthatjuk színkóddal kiegészítve. A vastaggal kiszedett körök az exogén változók, melyek eredetét már nem szükséges tovább bontani. Ezek közül zöldek azok, melyek szerintünk oksági kapcsolatban állnak a beruházási költséggel. Pirossal a confounder van kiemelve. Vastag zöld vonalakkal jelöltük a fő oksági ösvényeket, valamint halvány zölddel azokat az oksági ösvényeket, melyeket lefedünk az 5 fő magyarázó változónk beemelésével a modellbe. Piros vonallal a confounderből induló nem-oksági ösvények vannak jelezve. A félkövér változók szerepelnek a végső modelljeinkben.