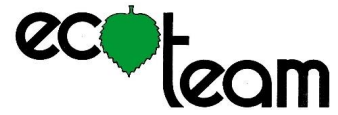




ARMENIAN
NATIONAL PLATFORM
EASTERN PARTNERSHIP CIVIL SOCIETY FORUM



Funded by
the European Union



ՀԱՅԱՍՏԱՆՈՒՄ ՋՐԱԾՆԻ՝ ՀԱՏԿԱՊԵՍ «ԿԱՆԱԶ» ՋՐԱԾՆԻ, ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ



ԵՐԵՎԱՆ 2023

Հեղինակ՝

Արտաշես Սարգսյան, ֆ.մ.գ.թ.

Արտաշես Սարգսյան «Հայաստանում ջրածնի, հատկապես «կանաչ» ջրածնի արտադրության հնարավորությունները», Երևան, 2023թ. - 24էջ:

Հետազոտությունը նվիրված է Հայաստանում ջրածնի, հատկապես «կանաչ» ջրածնի արտադրության ներուժի, տնտեսական, բնապահպանական օգուտների, ինչպես նաև վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների (ՎԷԱ) վերաբերյալ տվյալների հավաքագրման, արդիականացման և հեռանկարների գնահատման: Ուսումնասիրվել է Հայաստանում ՖՎ էլեկտրակայանների առաջընթացը, աշխարհի առաջատար արեվային ՖՎ վահանակների բնութագրերը, Հայաստանում ՎԷԱ-ներից գործող էլեկտրակայանների արդյունավետությունը 2022թ. համար «ավանդական» էլեկտրակայանների հետ համեմատ:

Ուսումնասիրվել է արտասահմանյան փորձը կանաչ ջրածնի արտադրության ոլորտում, այդ թվում ԵՄ-ում, Ալգերիայում, որտեղ այն դիտարկվում է որպես Ռուսաստանից և այլ երկրներից ներմուծվող գազից ու նավթից կախվածությունը նվազեցնելու և ջերմոցային ու վնասակար գազերի արտանետումները կրճատելու հեռանկարային տարբերակներից մեկը և հակիրճ ներկայացվել է հետազոտությունում: 2021թ. ջրածնի պահանջարկը աշխարհում կազմել է 94 միլիոն տոննա: Ջրածնի ընդհանուր արտադրության 5%-ից պակաս արտադրվում է օգտագործելով վերականգնվող և ցածր ածխածնային էներգիայի աղբյուրները՝ էլեկտրոլիզի միջոցով (կանաչ ջրածին): Հետազոտությունը օգտակար կլինի ոլորտի փորձագետներին, դասախոսներին ու ուսանողներին:

Հեղինակը իր խորին երախտագիտությունն է հայտնում բոլոր նրանց, ովքեր տարբեր փուլերում ինձ տրամադրել են մասնագիտական, խորհրդատվական և կազմակերպչական օգնություն:

Այս հրապարակումը պատրաստվել է Եվրոպական Միության ֆինանսական աջակցությամբ: Բովանդակության համար պատասխանատվություն է կրում բացառապես հեղինակը, և պարտադիր չէ, որ այն արտահայտի Եվրոպական Միության տեսակետները



ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԱՏԱՐՎԵԼ Է ԱՐԵՎԵԼՅԱՆ ԳՈՐԾԸՆԿԵՐՈՒԹՅԱՆ ՔԱՂԱՔԱՑԻԱԿԱՆ ՀԱՍԱՐԱԿՈՒԹՅԱՆ ՖՈՐՈՒՄԻ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊԼԱՏՖՈՐՄԻ ՔԱՐՏՈՒՂԱՐՈՒԹՅԱՆ ԵՆԹԱԴԴԱՄԱՇՆՈՐՀԱՅԻՆ ՀԵՏԱԶՈՏԱԿԱՆ ԾՐԱԳՐԵՐԻ ՇՐՋԱՆԱԿՆԵՐՈՒՄ

Author - Artashes Sargsyan, Ph.D.

Artashes Sargsyan. "The possibilities of production of hydrogen, especially "green" hydrogen in Armenia", Yerevan, 2023. - 24 pages.

Annotation

The research is dedicated to the collection, updating and assessment of prospects for hydrogen, especially green hydrogen production, its potential, economic, environmental benefits, as well as state of the art of renewable energy sources (RES) in Armenia. The progress in development of PV plants in Armenia, the characteristics of the world's leading solar PV panels, the capacity factors/efficiencies of power plants operating from RES in Armenia in 2022 were studied and appropriate data are presented. The total capacity of PV plants in 2022 was 408.1MW, of which 196.9 MW of industrial scales PV plants.

The international experience in the area of green hydrogen production was studied, including in the EU, CIS countries, where it is considered as one of the prospective options to reduce dependence on gas and oil imported from Russia and other fossil fuel rich countries and to reduce emissions of greenhouse gases and harmful gases. In 2021, the hydrogen demand in the world was 94 million tons. Less than 5% of total hydrogen production is produced using renewable and low-carbon energy sources (so called "green" hydrogen) through electrolysis. By now there no operational electrolyzers of industrial scales in Armenia. The research will be useful to experts, teachers and students involved in study and work in that area.

The author expresses his deep gratitude to all those who provided me with professional, advisory and organizational help during this research work at its various stages.

This publication was produced with the financial support of the European Union. Its contents are the sole responsibility of the author and do not necessarily reflect the views of the European Union.



This research was produced within subgrant research programs of the Eastern Partnership Civil Society Forum Armenian National Platform.

ISBN 978-9939-0-4665-5

Բովանդակություն

	Էջ
Ներածություն	1
1. Ջրածնի արտադրության քաղաքականությունը արտասահմանում ու Հայաստանում	2
2. Ջրածնի արտադրություն, պահեստավորում, տեղափոխություն	4
3. «Կանաչ» ջրածին	6
4. 2023թ. Հայաստանում արևային ՖՎ կայանների օգտագործման առաջընթաց	8
5. 2023թ. աշխարհի առաջատար արևային ՖՎ վահանակները	14
6. Հայաստանում ՎԷԱ-ներից էլեկտրաէներգիա արտադրող կայանների հակիրճ վերլուծություն 2022թ. համար	18
7. Եզրակացություն և առաջարկներ	20
Գրականություն	21
Հավելված 1. Հավելված 1. Ջրածնի արժեքի գոյացման շղթան	22
Հավելված 2. PEM ջրածնային էլեկտրալիզարարի աշխատանքի սկզբունքը	22
Հավելված 3. Արևային վահանակների ստանդարտ փորձարկման պայմաններ (STC):	23

Հապավումների ցանկ

ԱԼԳ	Արևելյան գործընկերություն (EaP)
ՋԷԿ	Ջերմային էլեկտրակայան
(Հ)ԱԷԿ	(Հայկական) Ատոմային էլեկտրակայան
ՀԷԿ	Հիդրոէլեկտրակայան
ՓՀԷԿ	Փոքր հիդրոէլեկտրակայան
ՀոԷԿ	Հողմաէլեկտրակայան
ՎԷԱ	Վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներ
ՀԷՑ	Հայաստանի էլեկտրական ցանցեր
ՀՑ	Համակցված ցիկլ (CC)
ՀՑԳՑ	Համակցված ցիկլով գազային տուրբին (CCGT)
ՀՄԿՀ	Հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժողով
ԿԶՆ	ՄԱԿ-ի Կայուն զարգացման նպատակներ
CCSU	«Ածխածնի որսում, օգտահանում և պահեստավորում» (CCSU - Carbon Capture, Utilization And Storage)
ԷԱ	Էներգաարդյունավետություն
ԵՄ	Եվրոպական Միություն
ՀՀ	Հայաստանի Հանրապետություն
ԱՄՆ ՄԶԳ	ԱՄՆ Միջազգային զարգացման գործակալություն (USAID)
VVER	Ջրա-ջրային էներգետիկ ռեակտոր
ԱԱՀ	Ավելացված արժեքի հարկ
ՀԲ	Համաշխարհային բանկ (WB)
ՄՁ	Մեգաջոուլ (10 ⁶ Ջ)
ՄՎտ	Մեգավատտ (10 ⁶ Վտ)
ՖՎ	Ֆոտովոլտային
IRENA	International Renewable Energy Agency - Վերականգնվող էներգիայի միջազգային գործակալություն
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change- ՄԱԿ-ի Կլիմայի փոփոխության մասին շրջանակային կոնվենցիա
NREL	National Renewable Energy Laboratory- Վերականգնվող էներգիայի ազգային լաբորատորիա

Տարադրամների փոխարժեքը

1 ԱՄՆ դոլար = 405 ՀՀ դրամ (2023թ. հոկտեմբերի դրությամբ)

1 եվրո = 425 ՀՀ դրամ (2023թ. հոկտեմբերի դրությամբ)

Ներածություն

Հետազոտությունը նվիրված է Հայաստանում ջրածնի՝ հատկապես կանաչ ջրածնի, արտադրության ներուժի, տնտեսական, բնապահպանական օգուտների, ինչպես նաև վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների (ՎԷԱ) վերաբերյալ տվյալների հավաքագրման, արդիականացման և հեռանկարների գնահատման: Ուսումնասիրվել է արտասահմանյան փորձը, այդ թվում ԵՄ-ում, ԱԼԳ երկրներում կանաչ ջրածնի արտադրության ոլորտում, որտեղ այն դիտարկվում է որպես Ռուսաստանից և այլ երկրներից ներմուծվող գազից կախվածությունը նվազեցնելու և ջերմոցային ու վնասակար գազերի արտանետումները կրճատելու հեռանկարային տարբերակներից մեկը և հակիրճ ներկայացվել է հետազոտությունում:

2021թ. ջրածնի պահանջարկը աշխարհում կազմել է 94 մլն. տոննա [1]: Ներկայումս բնական գազը հանդիսանում է ջրածնի արտադրության առաջնային հումք (ջրածնի համաշխարհային արտադրության գրեթե 80%-ը), որին հաջորդում է ածուխը: Բնական գազից և ածուխից արտադրված ջրածինը անվանում են համապատասխանաբար «գորշ» և «սև» ջրածին:

Ջրածնի ընդհանուր արտադրության 5%-ից պակաս արտադրվում է օգտագործելով վերականգնվող և ցածր ածխածնային էներգիայի աղբյուրները՝ էլեկտրոլիզի միջոցով: Այդպիսի եղանակով արտադրվող ջրածինը անվանում են «կանաչ» ջրածին [2]: ԵՄ-ն հայտարարել է մինչև 2030 թվականը հասնել տարեկան 10 մլն տոննա կանաչ ջրածնի ներկրման թիրախի մասին [3]:

Հայաստանի կառավարության կողմից 2021թ. հաստատված ռազմավարական ծրագրով նախատեսվում է մինչև 2030թ. տեղադրել 1000 ՄՎտ գումարային հզորությամբ արևային ՖՎ կայաններ, որոնք կապահովվեն էլեկտրաէներգիայի ընդհանուր արտադրության 15%-ը: Դրանց օգտագործումը կարող է նաև հեռանկարային լինի էլեկտրոլիզարարների սնուցման համար: Զգալի ներուժ կարող են ներկայացնել նաև ՀԷԿ-երը՝ գործող և նախատեսվող: Մեծ և միջին հզորության ժամանակին նախագծված ՀԷԿ-երի պոտենցիալը (չօգտագործված) կազմում է մոտ 300 ՄՎտ: Հողմային էլեկտրակայանները Հայաստանում թերզարգացած են, մինչդեռ տնտեսապես արդարացված պոտենցիալը կազմում է տարբեր գնահատականներով 500-600 ՄՎտ:

1. Ջրածնի արտադրության քաղաքականությունը

արտասահմանում ու Հայաստանում

ՄԱԿ-ի Եվրոպայի տնտեսական հանձնաժողովի կայուն էներգետիկայի կոմիտեն ցուցումներ է մշակել կանաչ ջրածնի արտադրության վերաբերյալ «Ջրածինը որպես ածխածնային չեզոքության նորարարական լուծում» խորագրով (United Nations, ECE/ENERGY/2020/8 Economic and Social Council, Geneva, 25-27 November 2020 Economic Commission for Europe, Committee on Sustainable Energy, Hydrogen – an innovative solution to carbon neutrality) [4]: Ինչպես նշվում է այդ փաստաթղթում՝ 2015 թվականին ՄԱԿ-ի Գլխավոր ասամբլեան (ՄԱԿԳԱ) սահմանեց 2030 թվականի զարգացման հավակնոտ օրակարգ [5], ինչպես արտահայտված է ՄԱԿ-ի Կայուն զարգացման նպատակներում (ԿԶՆ): 17 փոխկապակցված ԿԶՆ-ներից են, օրինակ, ԿԶՆ 7 (մատչելի և մաքուր էներգիա), ԿԶՆ 9 (արդյունաբերություն, նորարարություն և ենթակառուցվածքներ), ԿԶՆ 13 (կլիմայական գործողություն): 2016թ.-ի Փարիզյան համաձայնագիրը, որը ստորագրվել է ՄԱԿ-ի Կլիմայի փոփոխության մասին շրջանակային կոնվենցիայի (UNFCCC) շրջանակներում, ստորագրող կողմերին պարտավորեցրել է պահպանել համաշխարհային միջին ջերմաստիճանի աճը մինչև 2°C-ից ցածր նախաարդյունաբերական մակարդակի հետ համեմատ և շարունակել ջանքերը՝ սահմանափակելու այդ աճը մինչև 1,5°C: 2020թ. դրությամբ 194 պետություն, այդ թվում Հայաստանը և ԵՄ ստորագրել են Փարիզյան համաձայնագիրը:

Առաջարկվել են մեծ թվով միջոցարումներ [4], այդ թվում՝ աջակցել էլեկտրացանցերին միացված էլեկտրոլիզարարների տեղակայմանը, որոնք իդեալական դեպքում մատակարարվում են վերականգնվող կամ ցածր ածխածնային էլեկտրաէներգիայով, իթանել ջրածնի արտադրական կայանների հետ ինտեգրված վերականգնվող էլեկտրաէներգիայի կայանքների լայնածավալ կառուցմանը, աջակցել թե՛ UNECE-ի տարածաշրջանի ներսում, թե՛ դրսում ծրագրերին, որոնք ուղղված են քամու, արևի և կենսազանգվածի էներգիայի ռեսուրսներով առավել տնտեսապես արդարացված և մրցունակ տեղանքներից վերականգնվող էներգիայի ներմուծմանը:

Նկատի ունենալով, որ չեզոք ածխածնային էներգահամակարգի հասնելու լուծումը պետք է գտնել «գազ-վերականգնվող էներգիա-էներգաարդյունավետություն» եռանկյունու շրջանակում, փորձագետների խումբը գիտակցում է գազի արդյունաբերության

առանցքային դերը էներգետիկ համակարգի ինտեգրման միջոցով դեպի ջրածնային տնտեսություն անցում կատարելիս:

Եվրոպական «Կանաչ գործարք» փաստաթղթում (European Green Deal) Եվրահանձնաժողովը ընդունել է ՎԷԱ-ների և ջրածնի կարևոր դերը ածխածնի արտանետումների չեզոքացման հարցում [4]:

ՎԷԱ-ները օգտագործվում են կանաչ ջրածնի արտադրության պրոցեսում, ուստի կատարվել են Հայաստանում ՎԷԱ-ների ներկա վիճակի և ապագա զարգացման միտումների/տրենդների վերաբերյալ տվյալների արդիականացման աշխատանքները և գնահատվել են կանաչ ջրածնի արտադրության հեռանկարները:

Դա բավական նորարարական խնդիր է, որը դեռ չի դիտարկվել ԱլԳ ՔՀՖ-ի շրջանակներում: Դրա հետ մեկտեղ շատ տեղեկություններ կան աշխարհում, հատկապես ԵՄ տարածքում և Չինաստանում, ջրածնի արտադրության ձեռքբերումների և մեծ հեռանկարների մասին:

Ըստ նախնական ինտերնետային որոնումների՝ ԱլԳ երկրներում կատարվում են ջրածնի արտադրության ներուժի վերաբերյալ որոշակի հետազոտություններ, սակայն այլ երկրների հետ մամեմատ դրանց մասնաբաժինը շատ փոքր է:

2023թ. ՀՀ էկոնոմիկայի նախարարությունը տեղեկատվություն է տարածել, որ այժմ նախարարությունը Գերմանիայի հետ քննարկում է համատեղ կանաչ ջրածնի արտադրություն հիմնելու հնարավորությունը («Սպուտնիկ Արմենիա»): 2022թ. Հայաստանի և Ֆրանսիայի կազմակերպությունները ստորագրեցին կանաչ ջրածնի արտադրության առաջին արդյունաբերական ցուցանմուշի կառուցման վերաբերյալ համագործակցության համաձայնագիր:

Այսօրվա դրությամբ Հայաստանում ջրածնի արտադրության կառուցված և գործող կայաններ բացակայում են: Որոշակի հետազոտական աշխատանքներ կատարվում են ՀՀ գիտությունների ազգային ակադեմիայի հովանու ներքո, ԵՊՀ-ում, Հայաստանի ամերիկյան համալսարանում, ՀՀ տարածքային կառավարման և ենթակառուցվածքների նախարարության վերականգնվող էներգետիկայի բաժնում, ՀՀ էներգետիկայի գիտահետազոտական ինստիտուտի «Էներգետիկայի ռազմավարական կենտրոն»-ում:

2. Ջրածնի արտադրություն, պահեստավորում, տեղափոխություն

Ջրածնի արտադրության, պահեստավորման, տեղափոխության վերաբերյալ առկա է մեծ քանաքայլային գրականություն: Մանրամասն տեխնոլոգիական ամփոփ տեսությունը մշակվել էր UNECE կողմից և ներկայացվել 2021թ.[2]: Այդ աշխատանքում ներկայացված են ջրածնի արտադրության հնարավորությունները բնական գազից, ածուխից, վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներից, կենսազանգվածից, ատոմային կայանների էլեկտրաէներգիայից: Նկարագրված են նաև ջրածնի պահեստավորման ու տեղափոխման ժամանակից տեխնոլոգիաները, ներկայացված են ջրածնի օգտագործման խնդիրները էներգետիկայում, տրասպորտում, արդյունաբերության հատվածում, բնակչության համար և կոմերցիոն հատվածում: Հավելված 1-ում ներկայացված է Ջրածնի արժեքի գոյացման շղթան:

Այսօր «Ածխածնի որսում, օգտահանում և պահեստավորում» (CCSU - Carbon Capture, Utilization And Storage) տեխնոլոգիաներով ածուխից, ատոմակայաններից ու ՎԷԱ-ներից էլեկտրաէներգիայի օգտագործումը մաքուր ջրածնի արտադրության համար 2-3 անգամ թանկ է ջրածնի արտադրության ավանդական տեխնոլոգիաներից (բնական գազից և այլ ածխաջրածիններից):



Նկ. 1. 250 կՎտ հզորությամբ էլեկտրոլիզարար, Լինգեն, Գերմանիա

Նկ. 1-ում բերված 250կՎտ հզորությամբ էլեկտրոլիզարարը փորձնական համալիրի մի մասն է, որտեղ ծրագրի ինը գործընկերներ ուսումնասիրում են, թե ինչպես ջրածինը կարող է անվտանգ և հուսալիորեն փոխադրվել և պահեստավորվել խողովակաշարերով: Էլեկտրոլիզարարը (electrolyzer), որը տեղադրված է կոնտեյներում, կարող է արտադրել

օրական շուրջ մինչև 170կգ ջրածին: Մեկ օրվա արտադրությունը տեսականորեն բավարար կլինի վառելիքային բջիջներով շարժիչով մեքենայի համար երթևեկել մոտ 17000 կմ:

Ջրի էլեկտրոլիզը և վառելիքային բջիջների տեխնոլոգիան (Fuel cell technology) մեծ դեր են խաղում ջրածնի արտադրության և օգտագործման ցիկլերում: Ջրածնի նվազագույն այրման տեսակարար ջերմությունը՝ 119,96 ՄՋ/կգ (33,32կՎտ*ժ) է, առավելագույն այրման տեսակարար ջերմությունը՝ 141,88ՄՋ/կգ (39,41կՎտ*ժ) է, խտությունը 0.08375 կգ/մ³ է, եռման ջերաստիճանը -252,9°C է 1 աթմ ճնշման պայմաններում: Նշենք, որ բենզինի այրման տեսակարար ջերմությունը՝ 46ՄՋ/կգ: Համաձայն 2020թ. IRENA հաշվետվությանը՝ 1ՄՎտ հզորությամբ էլեկտրալիզարարի արժեքը \$400000-\$870000 տիրույթում է:

Կան վառելիքային բջիջների (Fuel cells) մի քանի տեխնոլոգիաներ, որոնք մի փոքր տարբերվում են իրագործման մեջ, բայց բազային մակարդակում դրանք բոլորն էլ գործում են նույն ձևով՝ ընդունելով ջրածինը և թթվածինը, այնուհետև դրանց համատեղմամբ արտադրվում է էլեկտրաէներգիա, իսկ որպես կողմնակի արտադրանք՝ միայն ջուր ու ջերմություն: Ամենատարածված տեխնոլոգիան օգտագործում է պրոտոնի փոխանակման թաղանթ (proton exchange membrane -PEM): Ջրածինը մատուցվում է վառելիքային բջիջի անոդին, որտեղ կատալիզատորի ազդեցությամբ (սովորաբար պլատինի տեսակի մետաղ) այն բաժանվում է պրոտոնների և էլեկտրոնների: Պրոտոններն անցնում են PEM-ի միջով, մինչդեռ էլեկտրոնները հոսում են շղթայի միջով՝ սնուցելով այն էլեկտրական բեռը, որը դուք միացրել եք, նախքան վառելիքի բջիջի կաթոդի կողմում գտնվող պրոտոնների և թթվածնի հետ վերամիավորվելը՝ առաջացնելով ջուր: Էլեկտրոլիզարարը շատ նման է, բայց աշխատում է հակառակ ուղղությամբ. էլեկտրական հոսանք է կիրառվում ջրին՝ այն բաժանելով ջրածնի և թթվածնի: Ցանկացած վառելիքային բջիջ, սկզբունքորեն, կարող է հետ աշխատել որպես էլեկտրոլիզարար, բայց դրանք հիմնականում օպտիմիզացված չեն երկու ուղղություններով աշխատելու համար, որոնք կոչվում են «վերականգնվող վառելիքային բջիջներ»:

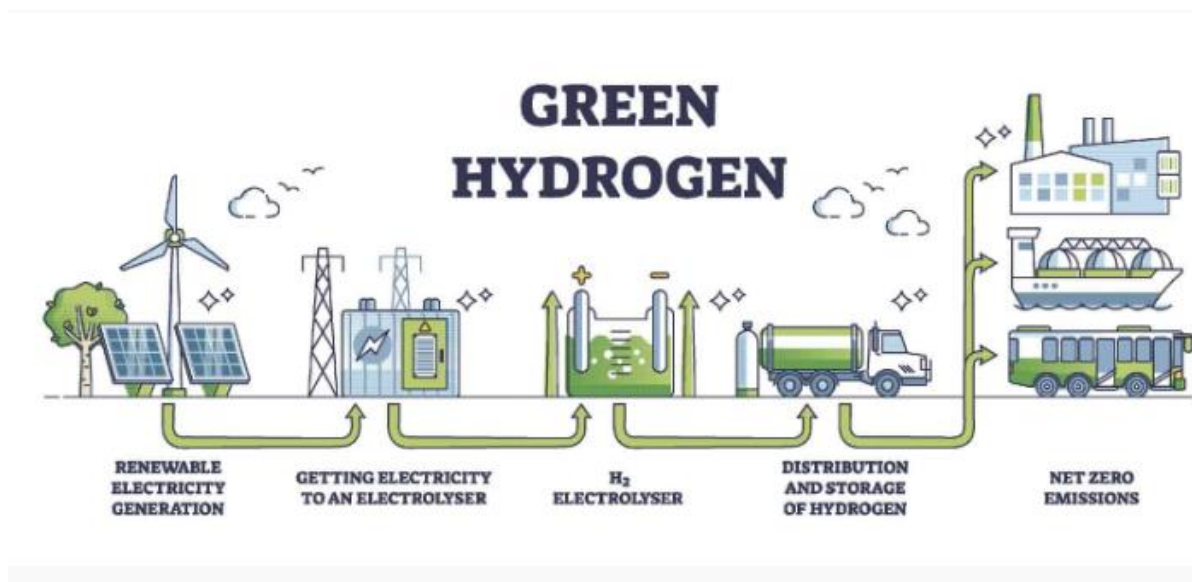
Համաձայն 2009թ. ԱՄՆ NREL կազմակերպության հաշվետվությանը [15]՝ էներգակիրներից ջրածնի փոխակերպման համար առկա տվյալներ են՝ ջրածնի արտադրությունը ածուխից՝ 7,6 կգ ածուխ/կգ ջրածին, բնական գազից՝ 4,5մ³ գազ/կգ ջրածին, ԱԷԿ-ից և ՀԷԿ-ից՝ 58,8կՎտժ/ կգ ջրածին, ջրածնի 1 կգ արտադրության համար պահանջվում է միջինը 11.34 լ կամ 3 գալոն ջուր (1 գալոն մոտ 3,78լ է), ջրածնի 1 կգ կարող է փոխարինել 4,35կգ կամ 1,58 գալոն բենզին:

3. «Կանաչ» ջրածին

Էլեկտրոլիզի միջոցով կանաչ ջրածնի արտադրությունը ներառում է վերականգնվող էներգիայի աղբյուրից էլեկտրական հոսանքի արտադրությունը և դրա օգտագործումը՝ ջրից որպես առաջնային տարր, թթվածնի և ջրածնի գազի ստանալու համար:

Էլեկտրոլիզի միջոցով արտադրվող ջրածինը էներգիայի 100% կայուն աղբյուր է, քանի որ արտադրական գործընթացում այն չի արտանետում վնասակար/ջերմոցային գազ և չի առաջացնում շրջակա միջավայրի որևէ աղտոտում:

ԿԱՆԱՉ ՋՐԱԾԻՆ



Նկ. 2. Ձախից աջ՝ 1. ՎԷԱ-ներից էլեկտրականության արտադրում, 2. Էլեկտրալիզարարին (electrolyzer) էլեկտրաէներգիայով սնուցում, 3. H₂ էլեկտրալիզարար, 4. Ջրածնի բաշխում և պահեստավորում, 5. Ածխածնի զրոյական արտանետումներ (Նկարը՝ <https://currentaffairs.adda247.com/issues-with-green-hydrogen/>)

Համաձայն վերջերս կատարված հետազոտությանը [3]՝ Հայաստանում օգտագործելով նոր կառուցված ՖՎ կայանները կանաչ ջրածնի արտադրության հավասարակշռված (levelized) արժեքը 2025թ. համար արտոնյալ տոկոսադրույքների դեպքում (մոտ 2%) կազմելու է 3,4 ԱՄՆ դոլար/կգ՝ այն դարձնելով մրցունակ միջազգային ասպարեզում: Կոմերցիոն տոկոսադրույքների դեպքում (մոտ 10%), արտադրության ծախսերը զգալիորեն աճում են և կազմելու են մոտ 6,1 ԱՄՆ դոլար/կգ): Ըստ այդ

փորձագիտական խմբի առաջարկների՝ ջրածնի արտադրությունը տնտեսապես արդարացված լինելու համար դիտարկվել են այնպիսի հնարավոր տարբերակները ինչպիսին են պղնձածուլարանի վերաշահագործումը (Ալավերդի), պարարտանյութի (fertilizers) ու ամոնիակի արտադրության կազմակերպումը, ջրածնի արտադրության և տեղափոխման տարածաշրջանային ծրագրերին միանալը:



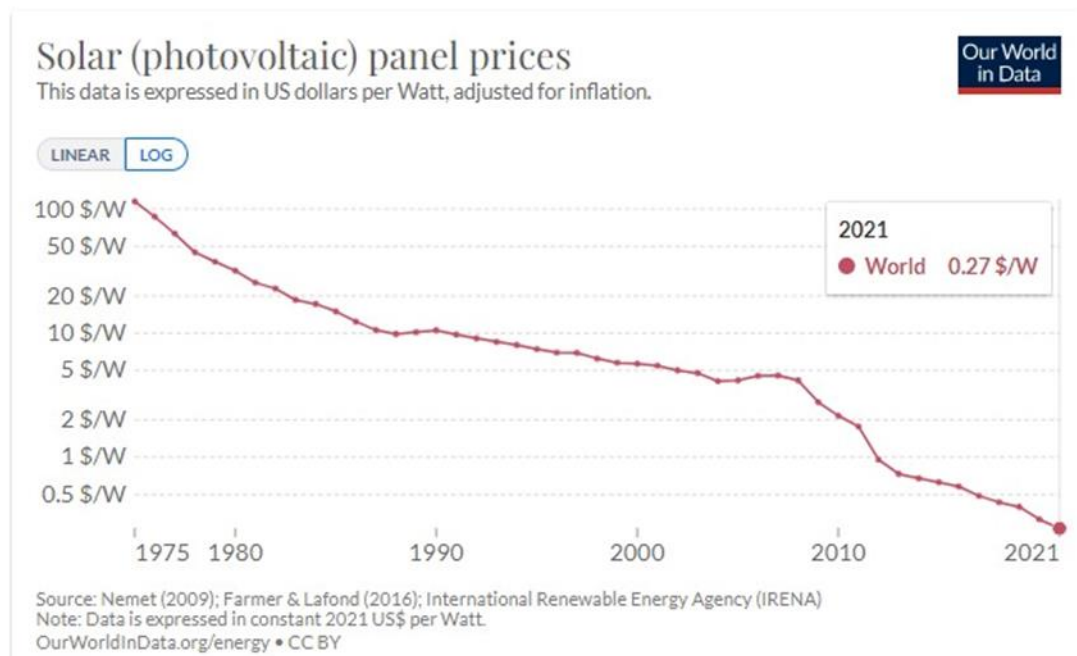
Նկ. 3. Կանաչ ջրածնի արտադրության համար աշխարհի առավել արդյունավետ էլեկտրոլիզարարներ, որոնք արտադրվում են BloomEnergy ընկերության (USA) կողմից: Համակարգի արդյունավետությունը՝ 96% (նկարը՝ ընկերության կայքից), զինը՝ մոտ 1,3 մլն ԱՄՆ դոլար/ՄՎտ)



Նկ. 4. Հայաստանում գ. Ծափաթաղում 5,78 ՄՎտ հզորությամբ արևային ՖՎ կայան

4. Հայաստանում արևային ՖՎ-կայանների օգտագործման առաջընթաց

Հայաստանում մեծ առաջնահերթություն է տրվում վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների օգտագործման ծավալների աճին, պայմանավորված էներգետիկ անվտանգության բարձրացման անհրաժեշտությամբ, թեև հիմնական ձեռքբերումներն արձանագրվել են փոքր հիդրոէլեկտրակայանների (փոքր ՀԷԿ-երի) և արևային էներգիայի օգտագործման ոլորտներում: Վերջին հինգ տարիների ընթացքում զգալի առաջընթաց է գրանցվել հատկապես արևային ֆոտովոլտային (ՖՎ) կայանների տեղադրման և օգտագործման ոլորտում:



Նկ. 5. Արևային ֆոտովոլտային վահանակների գների (ԱՄՆ դոլարով վահանակի 1Վտ հզորության հաշվով) նվազման պատկերը ըստ տարիների:

Արևային էներգիայի օգտագործման համար Հայաստանում բնական կլիմայական պայմանները բարենպաստ են: Արևափայլի ժամերի տարեկան միջին արժեքը 2500 ժամ է: Արևային ճառագայթման միջին տարեկան հոսքը հորիզոնական մակերեսի վրա կազմում է 1720 կՎտ/մ²: Համեմատության համար նշենք, որ Կենտրոնական Եվրոպայում այս միջին արժեքը 1000 կՎտ/մ² է, մասնավորապես՝ Լեհաստանում, Չեխիայում և Սլովակիայում՝ 950-1050 կՎտ/մ², Հունգարիայում՝ 1200 կՎտ/մ², Բուլղարիայում՝ 2000 կՎտ/մ²: Հայաստանի կառավարության կողմից 2021թ. հաստատված ռազմավարական

ծրագրով նախատեսվում է, որ մինչև 2030թ. տեղադրվելու է 1000 ՄՎտ գումարային հզորությամբ արևային ՖՎ կայաններ, որոնք կապահովվեն հանրապետությունում էլեկտրաէներգիայի ընդհանուր արտադրության առնվազն 15%-ը: Ակնկալվում է, որ այս նպատակին հասնելու համար կօտագործվեն տարբեր խթանող մեխանիզմներ, այդ թվում ՖՎ կայաններից արտադրված էլեկտրաէներգիայի գնման խթանող սակագներ, օտարերկրյա ներդրումներ և այլն: Հատկանշական է, որ արևային ՖՎ վահանակների և բջիջների համաշխարհային գները վերջին տասը տարիների ընթացքում նվազել են 65%-ով և ավելի (կախված տարածաշրջանից) և շարունակում են իջնել 2,3%/տարի տեմպերով: Որոշ տեսակի ՖՎ բջիջների 46% արդյունավետությունը գրանցվել է լաբորատոր պայմաններում, թեև առևտրային ՖՎ վահանակները ունեն 17-23% արդյունավետություն:

Պերովսկիտի արևային բջիջները ներկայումս մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում իրենց ծախսեր/արդյունավետության գրավիչ առանձնահատկությունների պատճառով, սակայն, ըստ գնահատականների, կպահանջվի դեռ մի քանի տարի դրանց համար կոմերցիոն արդյունաբերական ծավալներով շուկա դուրս գալու համար: Դրա հետ մեկտեղ COVID-19 համաճարակի հետ կապված վերջին իրադարձությունները որոշակի ռիսկեր կստեղծեն ՖՎ շուկայում գնային առումով, որոնք պետք է հաշվի առնել:

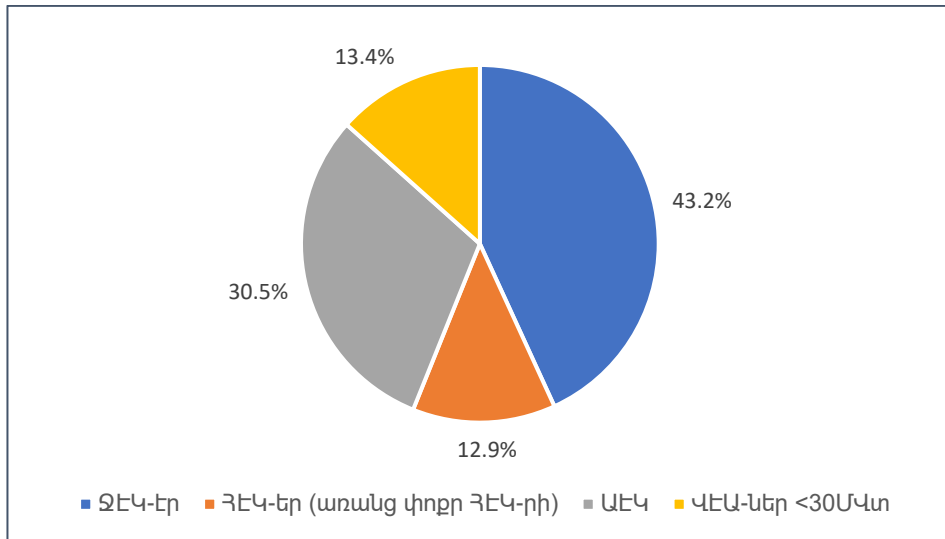
Հայաստանի էներգիայի միջին պահանջարկը ավելի քան 3 Mtoe է: 2020 թվականին էներգիայի պահանջարկի 27%-ը բավարարվել է սեփական առաջնային ռեսուրսների հաշվին՝ հիմնականում ԱԷԿ-ից և ՀԷԿ-րից: Հայաստանը գործնականում չունի արդյունաբերական մասշտաբի ապացուցված հանածո վառելիքի ռեսուրսներ (նախկինում Հայաստանում ջեռուցման նպատակով օգտագործվում էր սահմանափակ քանակությամբ ածուխ ու տորֆ) և բնական գազ և նավթամթերքներ ներկրում է հիմնականում Ռուսաստանի Դաշնությունից (78.6%):

2022թ. Հայաստան ներմուծվող բնական գազի 87,5%-ը ստացվել է Ռուսաստանից՝ Վրաստանի տարածքով անցնող խողովակաշարով, իսկ 12,5%-ը՝ Իրանից խողովակաշարով [9]: Հայաստանի և Իրանի միջև գործում է փոխանակման համաձայնագիր՝ ներմուծվող բնական գազ-արտահանվող էլեկտրաէներգիայի դիմաց: Հայաստանի բոլոր ՋԷԿ-երը էլեկտրաէներգիա են արտադրում օգտագործելով բնական գազը:

Այնուհետև ներկայացնենք որոշ տվյալներ և գծապատկերներ՝ ցույց տալու համար Հայաստանում արևային ՖՎ կայանների տեղադրման առաջընթացը 2018-ից մինչև 2022 թթ. տարևները: 2022 թվականին բոլոր տեսակի էլեկտրակայաններից առաքված

Էլեկտրաէներգիայի ծավալը կազմել է 8618,8 մլն. կՎտժ, Էլեկտրաէներգիայի վերջնական ներքին սպառումը՝ 6404,7 մլն. կՎտժ [9]:

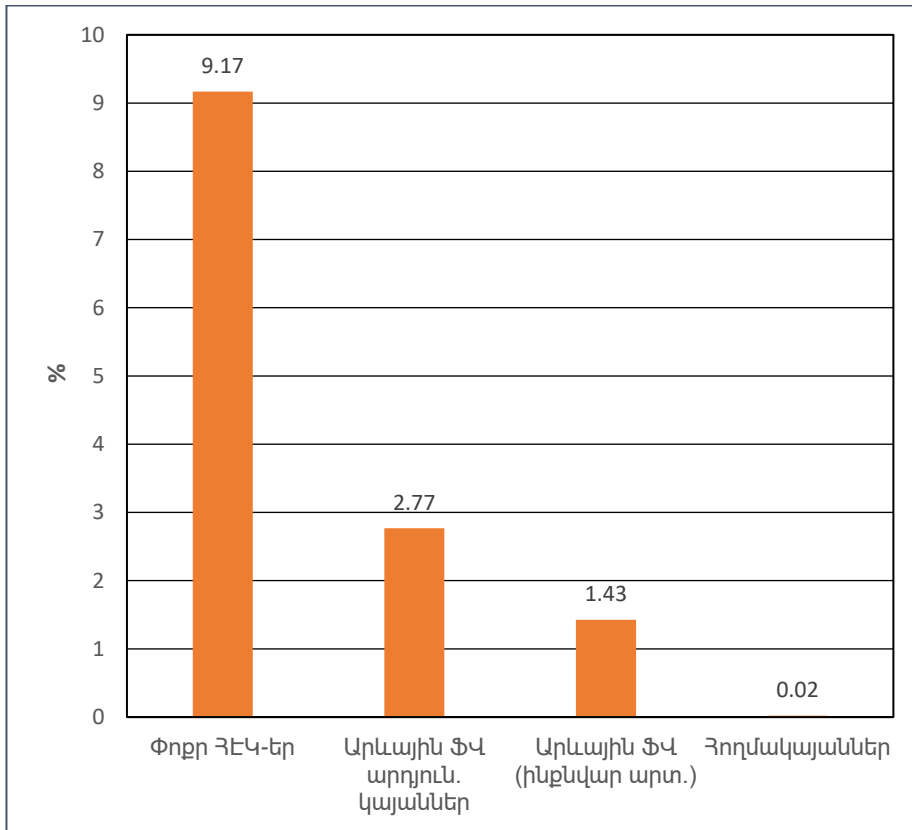
2022թ.-ի համար տարբեր տեսակի էլեկտրակայաններից արտադրված էլեկտրաէներգիայի մասնաբաժինները էլեկտրաէներգիայի արտադրության ընդհանուր ծավալներում ներկայացված են Նկ. 6-ում:



Նկ. 6. 2022թ. Հայաստանում տարբեր տեսակի էլեկտրակայաններից առաքված էլեկտրաէներգիայի մասնաբաժինը էլեկտրաէներգիայի ընդհանուր արտադրության ծավալներում (ԶԷԿ-եր՝ 43,2%, ԱԷԿ՝ 30,5%, մեծ/միջին ՀԷԿ-եր՝ 12,9%, ՎԷԱ-ներ՝ 13,4%)

Վերականգնվող էներգառեսուրսներից արտադրված էլեկտրաէներգիայի մասնաբաժինը էլեկտրաէներգիայի վերջնական սպառման ծավալներում կազմել է 33,1% (հաշվի առնելով բոլոր ՀԷԿ-երը) և 16,8%՝ հաշվի առնելով միայն փոքր ՀԷԿ-երը՝ 30 ՄՎտ-ից պակաս հզորությամբ, ինչպես նաև արևային ՖՎ կայանների և ՀոԷԿ-ների արտադրված էլեկտրաէներգիան [9, 12,13]:

Նկ. 7-ում ներկայացված են տարբեր տեսակների վերականգնվող էներգառեսուրսներից էլեկտրաէներգիայի արտադրության մասնաբաժինները էլեկտրաէներգիայի ընդհանուր արտադրանքի նկատմամբ: Այդ կայաններն են փոքր ՀԷԿ-եր (մինձև 30 ՄՎտ), արևային ՖՎ կայաններ (ԱրԷԿ-ներ), հողմային էլեկրակայաններ (ՀոԷԿ-եր): Հայաստանում երկրաջերմային էլեկտրակայաններ դեռ չեն կառուցվել: Կենսազազի օգտագործմամբ «Լուսակերտի կենսազազի էլեկտրակայանը» այժմ չի գործում:

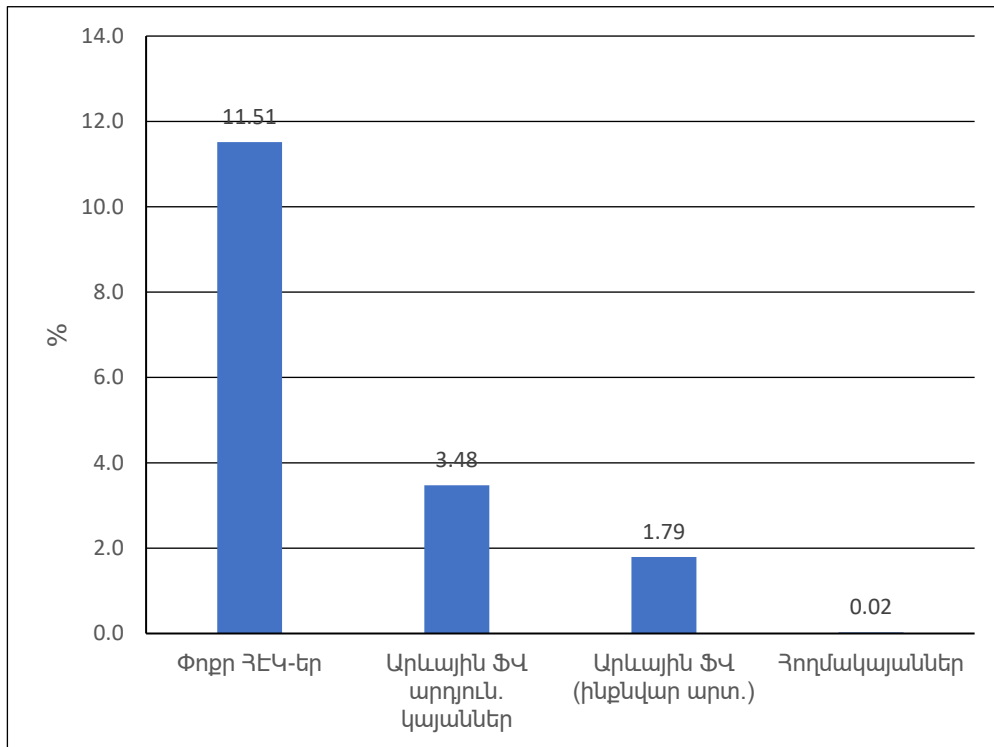


Նկ. 7. 2022թ. Հայաստանում ՎԷԱ-ներից արտադրված էլեկտրաէներգիայի մասնաբաժինը էլեկտրաէներգիայի ընդհանուր արտադրության ծավալներում

Ինչպես երևում է Նկ. 5-ից, արևային ՖՎ կայանները, փոքր ՋԷԿ-երից հետո, զբաղեցնում են երկրորդ տեղը՝ էլեկտրաէներգիայի արտադրության ընդհանուր ծավալներով: Արևային ՖՎ արդյունաբերական և ՖՎ ինքնավար արտադրողների գումարային մասնաբաժինը կազմում է 4,2%: ՖՎ կայանների արտադրած էլեկտրաէներգիայի գումարային մասնաբաժինը երկրի էլեկտրաէներգիայի վերջնական սպառման մեջ ավելի մեծ է, կազմելով 5,27% (տե՛ս Նկ. 8):

ՖՎ ինքնավար արտադրողի համար իրավաբանական անձանց դեպքում 500 կՎտ-ից պակաս հզորությամբ և ֆիզիկական անձանց դեպքում 150 կՎտ-ից պակաս հզորությամբ ՖՎ կայանը շահագործելու համար լիցենզիա չի պահանջվում:

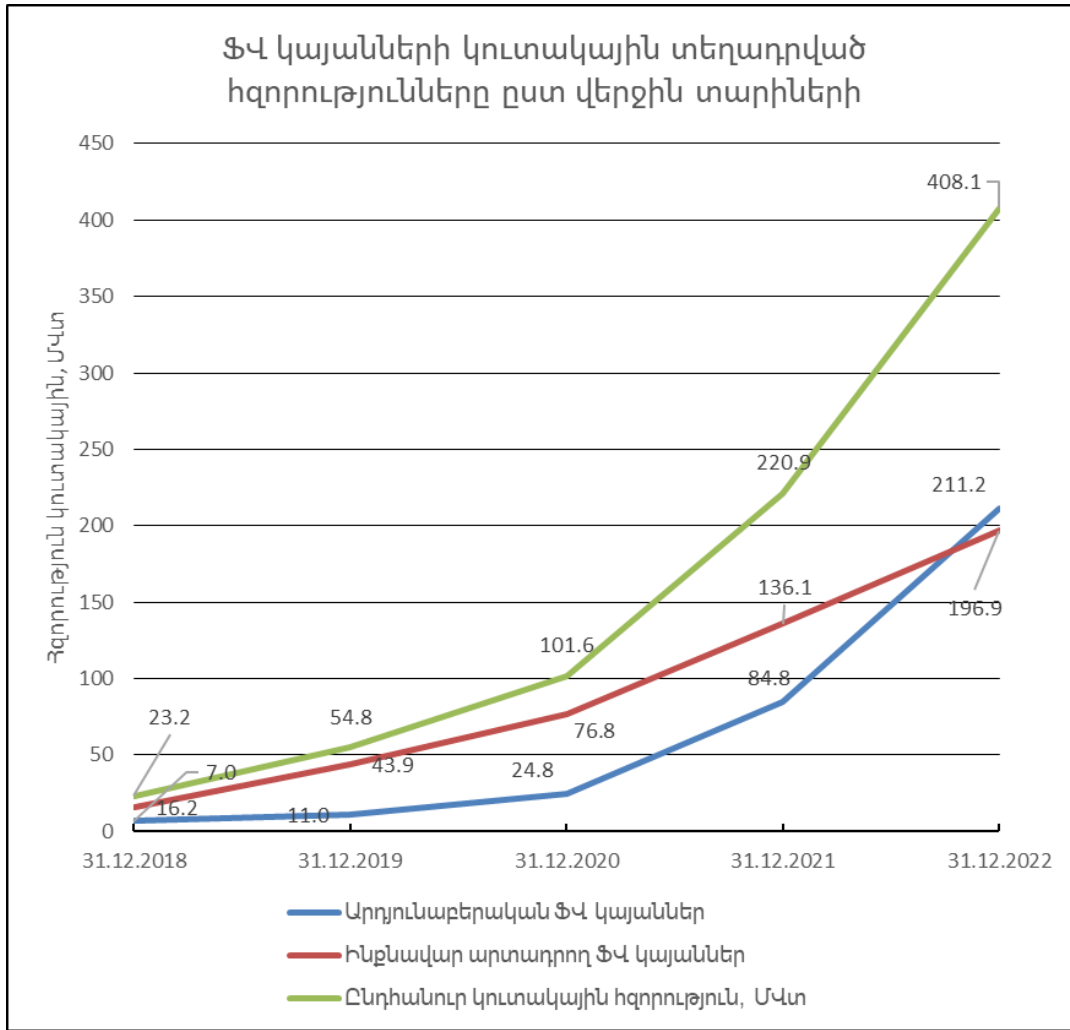
ՖՎ ինքնավար արտադրողի դեպքում օգտագործվել են ցանցային հաշվառման մեխանիզմներ, երբ ՖՎ կայանը էլեկտրաէներգիա է մատակարարում ՀԷՑ-ին:



Նկ. 8. 2022թ. Հայաստան. ՎՋԱ-ներից արտադրված էլեկտրաէներգիայի մասնաբաժինը էլեկտրաէներգիայի ներքին սպառման ծավալներում

Այդ նպատակով հակադարձ բազմաֆունկցիոնալ էլեկտրոնային հաշվիչը տեղադրվում է պետական կանոնակարգին համապատասխան: Պահանջներից ավելի ավելցուկային էլեկտրաէներգիան վաճառվում է ՀԷՑ-ին. Եթե ինքնավար էներգաարտադրողի կողմից տրամադրվող էլեկտրաէներգիայի գումարը տարեկան հաշվարկի արդյունքում դրական է, ապա ինքնավար արտադրողին փոխհատուցվում է Հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժողովի (ՀԾԿՀ) կողմից սահմանված սակագնի 50%-ի չափով (շուրջ 24 դրամ/կՎտժ առանց ԱԱՀ-ի, 1 եվրոն մոտ 417 դրամ է, 2023 թ.) ՀԾԿՀ-ի կողմից հաստատված կանոնակարգերի:

Հայաստանի էլեկտրական ցանցից (ՀԷՑ) ստացված տվյալների համաձայն [13]՝ ՖՎ արդյունաբերական կայանների + ՖՎ ինքնավար արտադրողների դրվածքային հզորությունը 2020 թվականի տարեվերջի դրությամբ՝ 101,6ՄՎտ, 2021 թվականին՝ 220,9ՄՎտ, 2022 թվականին՝ 408,1ՄՎտ: Համեմատության նպատակով 2018թ. եղել են արդյունաբերական մասշտաբի 9 ՖՎ կայաններ՝ 7,02ՄՎտ ընդհանուր հզորությամբ և 784 ՖՎ ինքնավար գեներատորներ՝ 16,15ՄՎտ ընդհանուր հզորությամբ, ուստի ընդհանուր տեղադրված ՖՎ հզորությունը կազմել է 25,17ՄՎտ (տե՛ս Նկ. 9):



Նկ. 9. Արևային ՖՎ կայանների կուտակային հզորությունների կորերը ըստ տարիների. Ներքևից վերև՝ արդյունաբերական ՖՎ կայաններ, ինքնավար արտադրող ՖՎ կայաններ, ՖՎ կայանների ընդհանուր կուտակային հզորությունները

Ներկայումս երեք տեղական կազմակերպություններ ունեն արևային ՖՎ վահանակներ արտադրելու հնարավորություններ, սակայն արևային ՖՎ բջիջներն ամբողջությամբ ներմուծվում են արտերկրից: Թեև կան հնարավորություններ հիմնելու արևային ինվերտորների տեղական արտադրություն, և դա ցանկալի կլիներ տեղական աշխատուժի զարգացման համար, սակայն գործնականում բոլոր ինվերտորները ներմուծվում են արտերկրից:

5. Աշխարհի առաջատար արեվային ՖՎ վահանակներ

Համառոտակի նկարագրվում են արդյունաբերական ծավալներով արտադրվող բարձր արդյունավետությամբ (մինչև 23,6%) կոմերցիոն Ֆոտովոլտային (ՖՎ) վահանակների ոլորտում լավագույն արտադրողների վերջին ձեռքբերումները [11] 2023թ. հունիսի դրությամբ (տե՛ս Աղյուսակ 1): Ստորև ներկայացվածը հիմնված է [11]-ում ներկայացված նյութերի վրա:

Հայաստանում նախատեսվում է մինչև 2030 թվականը արևային ՖՎ կայանների հզորությունները հասցնել 1000ՄՎտ-ի, իսկ այդ կայաններից արտադրված էլեկտրաէներգիայի մասնաբաժինը էլեկտրաէներգիայի ընդհանուր արտադրության նկատմամբ՝ առնվազն 15%-ի: Այդ տեսակետից այս նյութը օգտակար կլինի ՖՎ կայանների ոլորտի հարցերով զբաղվող տեղական մասնագետների և բիզնես ընկերությունների համար: Արևային ՖՎ բջիջների կառուցվածքը էական դեր է խաղում վահանակի արդյունավետության հարցում:

Հիմնական առանձնահատկությունները ներառում են սիլիցիումի տեսակը (միաբյուրեղային, բազմաբյուրեղային սիլիցիումային թիթեղներ), հաղորդաթիթեղի կառուցվածքը, անցումների (հոմոգեն/հետերոգեն) տեխնոլոգիաները և շերտերի/մակերեսների պասիվացման եղանակն ու նյութերը: Աղյուսակ 1-ում նշված ընկերությունների (Longi Solar, Jingo Solar, Recom, Risen Energy, Canadian Solar և այլն) արևային վահանակների որոշ մոդելները օգտագործվել են նաև Հայաստանում, այդ թվում երկկողմանի վահանակներ (bifacial panels), որոնցում և դիմային և հետևի մակերեսները լույսը փոխակերպում են էլեկտրականությանը: Վերջին երկու տարում նկատվել է բարձր արդյունավետությամբ (22%-ից բարձր) նոր տեխնոլոգիաներով **N-տիպի HJT, TOPcon և IBC (Interdigitated Back-contact)** բջիջների հիման վրա ավելի արդյունավետ արևային ՖՎ վահանակներ արտադրող ընկերությունների կտրուկ աճ:

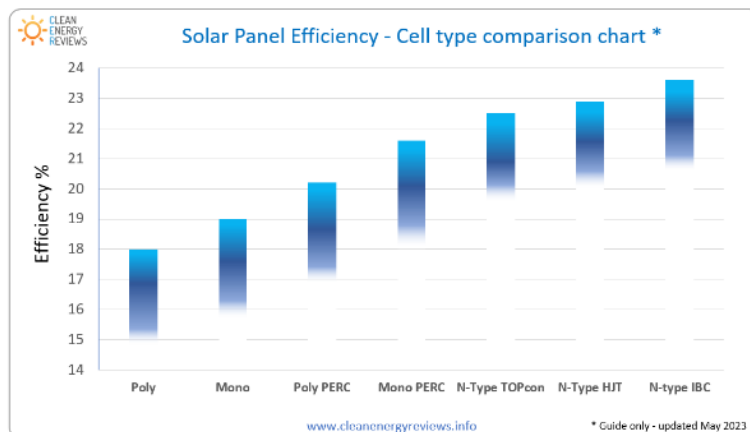
2023թ.առաջատար արտադրող ընկերությունը Aiko Solar թողարկեց Black Hole շարքի վահանակները՝ մոդուլի փոխակերպման 23,6% արդյունավետությամբ՝ օգտագործելով նոր ABC (All Back Contact) տեխնոլոգիայով բջիջներ: Recom Tech-ը հայտարարեց հաջորդ սերնդի Black Tiger շարքի մասին 23,6% արդյունավետությամբ՝ օգտագործելով նոր TOPcon Back-contact բջջային տեխնոլոգիաները: LONGi Solar-ը միայն երկրորդ արտադրողն էր, որը մշակեց մոդուլներ 22,8% արդյունավետությամբ նոր Hi-Mo 6 Scientists շարքի միջոցով: Hi-Mo 6 շարքը հիմնված է նոր հիբրիդային IBC բջջային դիզայնի

վրա, որը LONGi-ն անվանում է HPBC: Canadian Solar-ը ներկայացրել է նոր սերնդի Hi Hero մոդուլը, որը կառուցվել է HJT բջիջների միջոցով և համարժեք է հանրահայտ Maxeon շարքի արդյունավետության մակարդակին:

Աղյուսակ 1. 5. Աշխարհի առաջատար արեվային ֆՎ վահանակներ

	Արտադրող Շնչերություն	Վահանակի մոդելը/ Բջիջի տեխնոլոգիա	Վահանակի հզորություն*	Արդյունավետություն, %	Երկիր
1	Aiko Solar	Black Hole series, N-type ABC, Back contact	460W	23,6	Չինաստան
2	Recom Tech	Black Tiger/TOPcon Back-contact	460W	23,0	Ֆրանսիա
3	Longi Solar	Hi-Mo Scientist/HPBC	450W	23,0	Չինաստան
4	SunPower	Maxeon 6/ N-type IBC	440W	22,8	ԱՄՆ
5	Canadian Solar	Hi Hero/N-type HJT	445W	22,8	Կանադա
6	Jinco Solar	Tiger NeoN/N-type TOPcon	440W	22,5	Չինաստան
7	Risen Energy	Hyper-ion/N-type TOPCon	440W	22,5	Չինաստան
8	REC	Alpha-Pure R N-type HJT	430W	22,3	Սինգապուր
9	SPIC	Andromeda 2.0, N-type IBC	440W	22,3	Չինաստան
10	Q cells	Q.Trion-G1+/(MBB) half-cut N-type TOPCon	400W	22,3	Չարավ.Կորեա, միևն այդ` Գերմանիա

*Վահանակներ՝ 54-ից 66 բջիջ (108-HC, 120-HC կամ 132-HC) և 96/104 բջջային ձևաչափեր: Չինեռառում 2,0 մ-ից ավելի երկարությամբ կոմերցիոն վահանակներ: 60-բջիջներով վահանակի ստանդարտ չափն է՝ 1մ x 1.65մ:

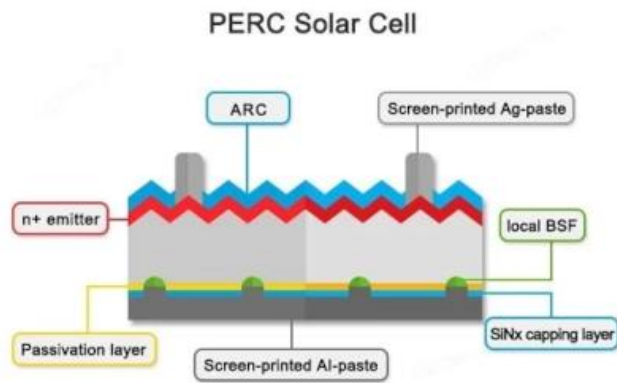


* Approximate average solar PV cell efficiency comparison chart - Mono and poly silicon types

Նկ. 10. Արևային ֆՎ բջիջների միջին արդյունավետության համեմատության դիագրամ. – Միա (Մոնո) և բազմա- (պոլի) բյուրեղային սիլիցիումային տեսակներ (Cleaner Energy Reviews պարբերականից): Ձախից աջ՝ բազմաբյուրեղային բջիջներ, միաբյուրեղային բջիջներ, բազմաբյուրեղային PERC տեխնոլոգիայով բջիջներ, միաբյուրեղային PERC տեխնոլոգիայով բջիջներ, N-type TOPCon, N-type HJT, N-type IBC բջիջներ: Աղբյուր՝ Clear Energy Reviews, 2023

2023թ. հունիսի դրությամբ IBC (Interdigitated Back contact) բջիջներով վահանակները ներկայումս ամենաարդյունավետն են (մինչև 23,8%)՝ շնորհիվ բարձր մաքրության N-տիպի սիլիցիումային ենթաշերտի և առանց հաղորդաթիթեղներից առաջացող սովերի կորուստներից: Վահանակները, որոնցում օգտագործվում են N-Type TOPcon բջիջները և հետերոանցումներով տեխնոլոգիաներով բջիջները (HJT cells), արդեն ունեն 22%-ից բարձր արդյունավետություն: Գերբարձր արդյունավետությամբ Tandem Perovskite բջիջները (27%) դեռ մշակման փուլում են, սակայն ակնկալվում է, որ կոմերցիոն առումով կդառնան կենսունակ երկու տարուց հասնելով ըստ գնահատականների 29% արդյունավետությանը: Progress in Photovoltaics հանդեսը տարեկան երկու անգամ հրատարակում է ՖՎ բջիջների վերջին տեխնոլոգիաների մասին աղյուսակները:

PERC տեխնոլոգիայի սկզբունքները (տե՛ս Նկ. 11) մշակվել են 1980-ականներին Ավստրալիայի UNSW համալսարանի Ավստրալիական առաջադեմ ֆոտովոլտային կենտրոնի ղեկավար՝ պրոֆեսոր Մարտին Գրինի ղեկավարությամբ, որին հաճախ անվանում են «ֆոտովոլտային էլեկտրականության հայր»: Այս մեթոդը լայնորեն կիրառվեց արևային մարտկոցների առաջատար արտադրողների կողմից ընդամենը մի քանի տարի առաջ: Նույն կենտրոնում են այն ժամանակ մշակվել **PERL** և **PERT** տեսակի բջիջների կառուցվածքի սկզբունքները:



Նկ. 11. PERC (Passivated Emitter Rear Contact Cells) տեսակի արևային բջիջի կառուցվածքի պարզեցված տեսքը՝ ARC - հակաանդրադարձնող շերտ, տրաֆարետային տպագրությամբ Ag մածուկից պատրաստած էլ. կոնտակտներ, n+ էմիտեր, պասիվացնող շերտ, տեղական BSF (Back surface field), SiNx capping layer – սիլիցիումի նիտրիդից պատրաստված ծածկող շերտ, տրաֆարետային տպագրությամբ Al մածուկից պատրաստած էլ. կոնտակտներ:

TOPCon բջիջները ներկայացվել են 2013 թ. Գերմանիայի Արևային էներգիայի համակարգերի Ֆրաունհոֆերի ինստիտուտի կողմից: Դրանք օգտագործվում են

հիմնական չինական արտադրող ընկերությունների կողմից առնվազն 2019 թվականից: TOPCon բջիջներում վերցնում են նույն PERC թաղանթը և վերևում ավելացնում է չափազանց բարակ օքսիդային շերտ՝ որպես ևս մեկ խոչընդոտ՝ չկլանված արևային լույսը պահելու համար՝ բարձրացնելով բջիջների արդյունավետությունը: Հեռանկարային HJT տեսակի բջիջներն ունեն ցածր ջերմաստիճանային գործակից ($0.26\%/^{\circ}\text{C}$), որը մոտ 40%-ով ցածր է սովորական բազմաբյուրեղ և միաբյուրեղ սիլիցիումային բջիջների համեմատ:

400Վտ-ից բարձր արդյունավետությամբ վահանակը կարող է արժենալ 350 ԱՄՆ դոլար կամ ավելի (0.90 ԱՄՆ դոլար/Վտ), մինչդեռ սովորական 370Վտ վահանակը սովորաբար արժե մոտ 185 ԱՄՆ դոլար կամ մոտավորապես 0.50 ԱՄՆ դոլար/Վտ: Առաջատար արտադրողների դեպքում, ինչպիսիք են Sunpower-ը, Panasonic-ը և REC-ը, ավելի թանկ վահանակներն ապահովում են ավելի բարձր արդյունավետություն՝ ավելի ցածր քայքայման տեմպերով և, ընդհանուր առմամբ, ունեն ավելի երկար արտադրողականության (performance) կամ արտադրանքի (product) երաշխիք, ուստի դա հաճախ իմաստուն արդարացված ներդրում է:

Առաջատար արևային ՖՎ տեխնոլոգիաների հապավումներ և անվանումներ.

HJT - Heterojunction Cells - Հետերոյուն (տարասեռ) անցումով տեխնոլոգիաներով բջիջներ, **TOPCon - Tunnel Oxide Passivated Contact** - Թունելային օքսիդացման պասիվացվամբ կոնտակտ, **Gapless Cells** - Բարձր խտության բջիջների կառուցվածք, **PERC - Passivated Emitter and Rear Contact Cells** - պասիվացված էմիտերով և հետևի կոնտակտներով բջիջներ, **Multi Busbar** – Multi ribbon and micro-wire busbars - Բազմաժապավեն և միկրոլարային հաղորդաթիթեղներ, **Split Cells** - half-cut and 1/3 cut cells - Սպլիտ բջիջներ – երկու մասի կտրված և 1/3 կտրված բջիջներ, **Shingled Cells** - Սալիկապատ բջիջներ - բազմակի համընկնող բջիջներ, **IBC-Interdigitated Back Contact**- փոխարինող հետևի կոնտակտներով բջիջներ, **PERT** - Passivated Emitter Rear Totally Diffused-cells, **PERL** - passivated emitter with rear locally diffused cells:

6. Հայաստանում ՎԷԱ-ներից էլեկտրաէներգիա արտադրող կայանների հակիրճ վերլուծություն 2022թ. դրությամբ

Հայաստանում 2022թ. դեկտեմբերի 31 դրությամբ ՎԷԱ-ներից էլեկտրաէներգիան արտադրվում էր հետևյալ էլեկտրակայաններում: Փոքր ՀԷԿ-եր (30 ՄՎտ-ից պակաս)՝ 189 փոքր ՀԷԿ 389 ՄՎտ գումարային հզորությամբ, 61 արևային ֆոտովոլտային (ՖՎ) կայան 211.9 ՄՎտ գումարային հզորությամբ, 10282 ինքնավար արտադրող ՖՎ կայան 196,9 ՄՎտ գումարային հզորությամբ, 2,64 ՄՎտ տեղադրված հզորությամբ ՀոԷԿ: 0,85 ՄՎտ տեղադրված հզորությամբ և 7մլն կՎտ*ժ հաշվարկված էլ.էներգիայի տարեկան արտադրությամբ Լուսակերտի կենսագազի գործարանի կայանը մի քանի տարի չի գործում: Երկրաջերմային էլեկտրակայաններ հանրապետությունում չեն կառուցվել:

Տարբեր տեսակի էլեկտրակայանների արտադրողականությունը բնութագրելու համար հաճախ օգտագործվում է հետևյալ ցուցանիշը՝ էլեկտրական էներգիայի տարեկան միջին արտադրումը 1ՄՎտ հզորության հաշվարկով: Որոշակի մոտարկումներով հաշվարկված 2022թ. փաստացի տվյալներից այդ ցուցանիշի արժեքները բերվում են Աղյուսակ 2-ում: Արտադրված էլեկտրաէներգիայի տվյալները վերցված են ՀԾԿՀ-ից: Արևային կայանների և այլ ՎԷԱ-ների հզորությունների վերաբերյալ տվյալները վերցված են ՀԷՑ-ից և ՀԾԿՀ-ից:

Հայաստանի արևային ՖՎ կայանների մեծ մասի համար արևային վահանակներն արևին հետևող սարքերով ապահովված չեն: Արևային ՖՎ կայաններում, որոնց համար օգտագործվում են մեկ առանցքով արևին հետևող սարքեր շարժիչներով (one axis solar tracker) էլեկտրական էներգիայի արտադրումը կարող է աճել մոտ 30%-ով: Արևին հետևելու երկու առանցքով հնարավորություն ունեցող արևային ՖՎ կայաններում (արևը շարժվում է արևելքից արևմուտք և հյուսիսից հարավ և հակառակը), որոնցում արևային վահանակները կողմնորոշվում են արևային ճառագայթմանը ուղղահայաց, էլեկտրական էներգիայի արտադրումը կարող է աճել մինչև 40%:

Այսպես, օրինակ, Սևանա լճի ափին՝ Ծափաթաղում, կառուցված արևին հետևող համակարգով արևային ֆոտովոլտային կայանը (տե՛ս Նկ. 4) ունի 5,78 ՄՎտ հզորություն, իսկ էլեկտրաէներգիայի տարեկան միջին արտադրությունը կազմում է 12,3 մլն կՎտ*ժ կամ 1ՄՎտ հզորության հաշվարկով՝ մոտ 2,13 մլն կՎտ*ժ)/ՄՎտ (հիմնված կազմակերպության կողմից հայտարարված տվյալների վրա):

Աղյուսակ 2. Հայաստանում էլեկտրական էներգիայի տարեկան միջին արտադրությունը 1ՄՎտ հզորության հաշվով և դրվածքային հզորությունների օգտագործման գործակիցները տարբեր տեսակի էլեկտրակայաններից 2022թ. համար

Կայանների տեսակը	Էլեկտրաէներգիայի տարեկան միջին արտադրությունը 1 ՄՎտ հզորության հաշվով	Դրվածքային հզորության օգտագործման գործակիցը (Capacity Factor, CF), %	Նշումներ
«Քոնթուր Գլոբալ Յիդրո Կասկադ» ՓԲԸ (ՅԷԿ-երի Կորոտան կասկադ)	1,81 մլն.կՎտժ/ՄՎտ	20,7	Համալիրի գումարային տեղակայված հզորությունը՝ 404 ՄՎտ
Փոքր ՅԷԿ-եր	2,03 մլն.կՎտժ/ՄՎտ	23,2	189 Փոքր ՅԷԿ 389 ՄՎտ գումարային հզորությամբ
Արևային ՖՎ կայաններ	1,61 մլն.կՎտժ/ՄՎտ	18,3	Միջին տարեկան հզորությունը((211,2+84,8) /2) ՄՎտ
Ինքնաբավար արտադրող- արևային ՖՎ կայաններ	0,62 մլն.կՎտժ/ՄՎտ	7,1 (առանց սեփական սպառման)	196,9ՄՎտ [1] տարեվերջի դրությամբ
Հողմա- էլեկտրակայան (ՀՈԷԿ)	0,64 մլն.կՎտժ/ՄՎտ	7,3	2,64ՄՎտ [2]
Հողմա- էլեկտրակայան (ՀՈԷԿ)	1,29 մլն.կՎտժ/ՄՎտ	14,7	Եթե հաշվի առնենք ՀՈԷԿ-ի մատչելի հզորությունը՝ 1.32ՄՎտ
Հայկական Ատոմային էլեկտրակայան (ԱԷԿ)	6,83 մլն.կՎտժ/ՄՎտ	78	ԱԷԿ-ի 385 ՄՎտ հզորության համար
«Երևանի ՁԷԿ» ՓԲԸ (շոգեգազ. ցիկլով աշխ. Էներգաբլոկ)	7,06 մլն.կՎտժ/ՄՎտ	80,6	ՁԷԿ-ի 242 ՄՎտ հզորության համար
Լուսակերտի կենսագազի գործարան (գործարկվել է 2008թ.)	3,21 մլն.կՎտժ/ՄՎտ (2009-2011 թթ.) (կայանը վերջին մի քանի տարի չի գործում):	36.6	0,85 ՄՎտ տեղադրված հզորությամբ 7 մլն կՎտժ Էլ.էներգիայի տար. արտադր.: Իրականում (2.7+2.9+2.6)/3= 2.73 մլն.կՎտժ (2009-2011 թթ.)

¹Հաշվի չի արևված կայանի սեփական կարիքների/տնտեսության համար օգտագործված Էլ.էներգիան

² Հաշվեկշռում ՀՈԷԿ-ների գումարային հզորությունը նշվում է որպես 4,2ՄՎտ, սակայն ըստ փորձագիտական գնահատականների ՀՈԷԿ-ներից արտադրված էլեկտրաէներգիա ցանցին փոխանցվում է միայն **Լոռի-1** ՀՈԷԿ-ից, որն աշխատում է 2,64 ՄՎտ անվանական հզորության կեսի չափով:

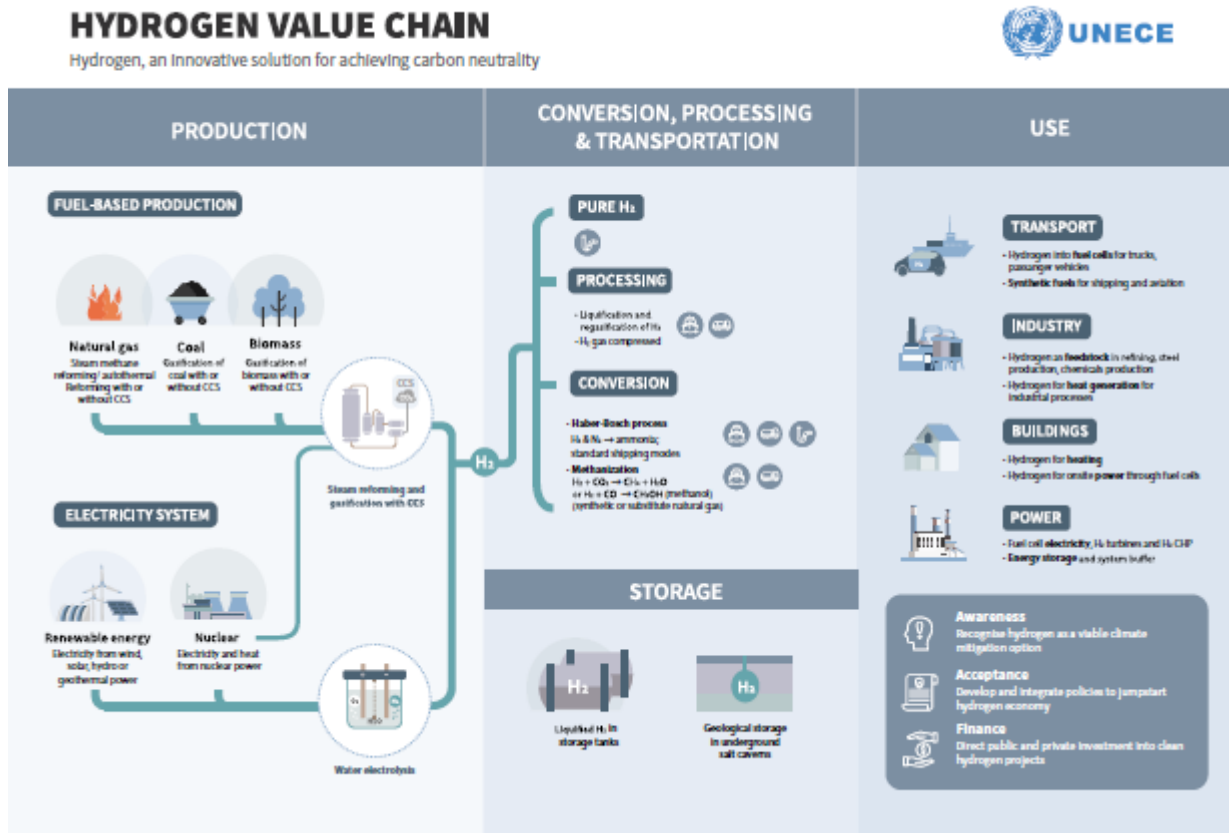
ԵՃՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ԱՌԱՋԱՐԿՆԵՐ

1. Հայաստանի կառավարության կողմից 2021թ. հաստատված ռազմավարական ծրագրով նախատեսվում է, որ մինչև 2030թ. տեղադրվելու է 1000 ՄՎտ գումարային հզորությամբ արևային ՖՎ կայաններ, որոնք կապահովվեն հանրապետությունում էլեկտրաէներգիայի ընդհանուր արտադրության առնվազն 15%-ը: Դրանց օգտագործումը կարող է հեռանկարային լինի նաև էլեկտրոլիզարարների սնուցմամբ «կանաչ» ջրածին արտադրելու համար:
2. Կանաչ ջրածնի արտադրության հիմնական մարտահրավերը արտադրության բարձր արժեքն է: Կանաչ ջրածնի արտադրությունն 2-3 անգամ ավելի թանկ է, քան ցանկացած հանածո վառելիքի միջոցով ջրածնի արտադրությունը:
3. Լայն հանրության շրջանում կանաչ ջրածնի մասին առկա է տեղեկացվածության և ընկալման պակաս:
4. Հայաստանում «Կանաչ» ջրածնի արտադրության համար զգալի ներուժ են ներկայացնում ՀԷԿ-երը՝ գործող և նախատեսվող: Մեծ և միջին հզորության նախագծվող ՀԷԿ-երի պոտենցիալը (չօգտագործված) կազմում է մոտ 300ՄՎտ, այդ թվում Մեղրի ՀԷԿ, Շնոխ ՀԷԿ, Լոռիբերդ ՀԷԿ և այլ ՀԷԿ-եր:
5. Հողմային էլեկտրակայանները Հայաստանում թերզարգացած են, մինչդեռ տնտեսապես արդարացված պոտենցիալը կազմում է տարբեր գնահատականներով 500-600ՄՎտ: Անհրաժեշտ ֆինանսական ներդրումների առկայության դեպքում Հայաստանում կառուցվելիք ՀոԷԿ-ները կարող են օգտագործվել նաև «կանաչ» ջրածնի արտադրության համար:
6. ԱԷԿ-ներում արտաադրված էլեկտրաէներգիան ջրածնի արտադրության համար («դեղին» ջրածին) ներքին սպառման համար կծառայի էներգետիկ անվտանգության բարցրացման նպատակներին: Նույնը և վերաբերվում է և ՋԷԿ-երից արտադրված էլեկտրաէներգիայի՝ ջրածնի («գորշ» ջրածին [2]) արտադրության համար: Արտասահման արտահանման տեսակետից նման տեսակի ջրածնի արժեքը և պահանջը կդարձնեն դրանց անմրցունակ: Բայց Հայաստանի ներքին շուկայում այն կգրադեցնի իր որոշակի տեղը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐ

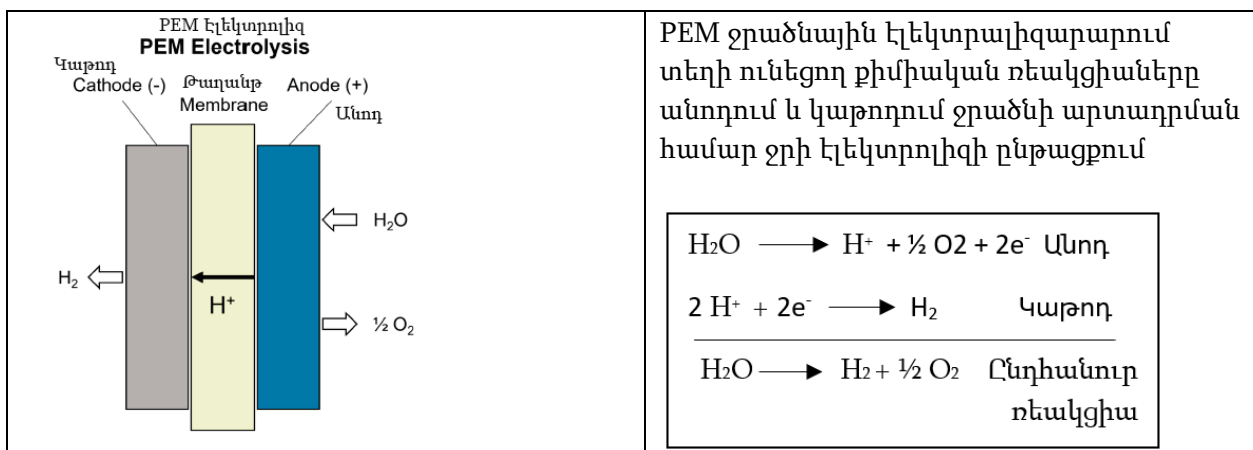
1. Global hydrogen review 2022, International Energy Agency (IEA).
2. Technology Brief, Hydrogen, UNECE, 51p., 2021.
3. Assessment of green hydrogen potential in Armenia, the German Economic Team, 2023.
4. Hydrogen – an innovative solution to carbon neutrality. 2020 Economic Commission for Europe, Committee on Sustainable Energy,
https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/CSE/comm29_Nov.20/ECE_ENERGY_2020_8_Hydrogen_final.pdf.
5. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.
https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf.
6. The European Green Deal. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.
7. <https://www.equilibar.com/blog/applications/hydrogen-energy-update-q-a-with-alan-black/>
8. <https://news.energysage.com>.
9. ՀՀ Հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժողով - <https://www.psrc.am>:
10. <https://www.iea.org/reports/armenia-energy-profile/overview>.
11. Cleaner Energy Reviews, Monthly newsletter, 2023.
12. Artashes Sargsyan. Advancement In Solar PV Installations In Armenia, Noyan Tapan Highlights, #31(1434), 2023, pp.8-9. PDF(Eng), www.nt.am.
13. Electricity Network of Armenia. – www.ena.am
14. ՀՀ տարածքային կառավարման և ենթակառուցվածքների նախարարություն / Ministry of Territorial Administration and Infrastructure of Armenia - <https://www.mtad.am>.
15. Hydrogen Resource Assessment. Hydrogen Potential from Coal, Natural Gas, Nuclear, and Hydro Power Anelia Milbrandt and Margaret Mann, NREL, 2009.
16. Sargsyan A. Assessment of Renewable Energy Potential in Armenia (2017 Update). Yerevan, Lusabats Publishing House, 2017-29p.
17. Ecoteam web site – <http://ecoteam-armenia.org>

Հավելված 1. Ջրածնի արժեքի գոյացման շղթան



Նկ. 12. Ջրածնի արժեքի գոյացման շղթան

Հավելված 2. PEM ջրածնային էլեկտրալիզարարի աշխատանքի սկզբունքը



Նկ. 13. PEM ջրածնային էլեկտրալիզարարի աշխատանքի սկզբունքը

Հավելված 3. Արևային վահանակների ստանդարտ փորձարկման պայմաններ (STC):

Արևային վահանակի արդյունավետությունը չափվում է ստանդարտ փորձարկման պայմաններում (STC - Standard test conditions)՝ հիմնված 25°C (77°F) բջջի ջերմաստիճանի, 1000Վտ/մ² արևի ճառագայթման ինտենսիվությանը և 1,5 օդի զանգվածի պայմաններում (AM - Air Mass): Վահանակի արդյունավետությունը (%) հաշվարկվում է առավելագույն հզորության արժեքը կամ P_{max} (Վտ) STC-ում բաժանելով արևի ճառագայթման ինտենսիվությանը և վահանակի ընդհանուր մակերեսի վրա՝ չափված մ²-ով:

Իրական պայմաններում բջիջների ջերմաստիճանը սովորաբար բարձրանում է 25°C-ից բարձր՝ կախված շրջակա օդի ջերմաստիճանից, քամու արագությունից, օրվա ժամից և արևային ճառագայթման ինտենսիվությունից (Վտ/մ²): Արևային եղանակին ներքին բջիջների ջերմաստիճանը սովորաբար 20-30°C-ով բարձր է շրջակա օդի ջերմաստիճանից, ինչը առաջացնում է ընդհանուր էներգիայի արտադրման մոտ 8-15% նվազում՝ կախված արևային մարտկոցի տեսակից և դրա ջերմաստիճանի գործակիցից: Արևային մարտկոցների աշխատանքի միջին իրական գնահատական տրամադրելու համար արտադրողների շատերը նաև սահմանում են էներգիայի վարկանիշը Անվանական գործառնական բջջի ջերմաստիճանում (NOCT - Nominal Operating Cell Temperature) պայմաններում: NOCT-ի աշխատանքը սովորաբար սահմանվում է 45°C (113°F) բջջի ջերմաստիճանի և 800 Վտ/մ² արևային ճառագայթման ավելի ցածր մակարդակի դեպքում, որով փորձում են մոտարկել արևային վահանակի միջին իրական աշխատանքային պայմանները: Բջիջների տիպիկ ջերմաստիճանը ամառային շոգ եղանակին 65°C (149°F) է: Բջիջների ջերմաստիճանը սովորաբար 20°C-ով բարձր է շրջակա օդի ջերմաստիճանից, ինչը հավասար է NOCT-ում ելքային հզորության 5-8% նվազմանը: Այնուամենայնիվ, բջջի ջերմաստիճանը կարող է բարձրանալ մինչև 85°C, երբ տեղադրվում է մուգ գույնի տանիքի վրա, առանց քամու օրերին շատ շոգ՝ 45°C, շրջակա օդի պայմաններում: Արևային վահանակի առավելագույն աշխատանքային ջերմաստիճանը սովորաբար համարվում է 85°C: Հեռանկարային HJT տեսակի բջիջներն ունեն ցածր ջերմաստիճանային գործակից (0.26%/°C), որը մոտ 40%-ով ցածր է սովորական բազմաբյուրեղ և միաբյուրեղ սիլիցիումային բջիջների համեմատ:

Ընդհակառակը, չափազանց ցուրտ ջերմաստիճանը կարող է հանգեցնել էլեկտրաէներգիայի արտադրության աճին անվանական ցուցանիշի հետ համեմատ, քանի որ ՖՎ բջիջների լարումը մեծանում է STC-ից (25°C) ցածր ջերմաստիճաններում: Արևային մարտկոցները կարող են գերազանցել վահանակի P_{max} հզորությունը կարճ ժամանակով շատ

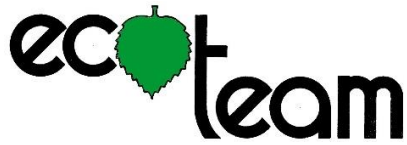
ցուրտ եղանակին: Սա հաճախ տեղի է ունենում, երբ արևի ամբողջ լույսը ընկնում է վահանակի վրա ամպամած եղանակից հետո:

Ավելի արդյունավետ վահանակներ, որոնք օգտագործում են N-տիպի բջիջներ, բնութագրվում են լույսի ազդեցությամբ առաջացած քայքայման (LID-light-induced degradation) ավելի ցածր գործակցով, որը կազմում է տարեկան էներգիայի կորստի 0,25%-ը: Երբ կորուստները հաշվարկվում են վահանակի 25-ից մինչև 30 տարի ժամկետով, այս բարձր արդյունավետությամբ վահանակներից շատերը երաշխավորված են, որ դեռևս կստեղծեն նախնական գնահատված հզորության 90%-ը կամ ավելին՝ կախված արտադրողի երաշխիքային մանրամասներից: Այնուամենայնիվ, շուկայում առկա են և օգտագործվում են 0,4% և ավելի LID ունեցող վահանակներ, օրինակ, կան քայքայման ցածր մակարդակով (տարեկան 0,4%) Jingo Solar վահանակները:

STC-ից բարձր կամ ցածր բջիջների ջերմաստիճանը կա՛մ կնվազեցնի կամ կավելացնի որոշ մեծությամբ ելքային հզորությունը՝ 25°C-ից բարձր կամ ցածր յուրաքանչյուր աստիճանի համար: Սա հայտնի է որպես հզորության ջերմաստիճանային գործակից, որը չափվում է %/°C-ով: Միաբյուրեղային վահանակներն ունեն $-0,38\%/^{\circ}\text{C}$ միջին ջերմաստիճանային գործակից, մինչդեռ պոլիբյուրեղային վահանակները մի փոքր ավելի բարձր՝ $-0,40\%/^{\circ}\text{C}$: Մոնոբյուրեղային IBC բջիջները ունեն շատ ավելի լավ (ցածր) ջերմաստիճանային գործակից՝ մոտ $-0,30\%/^{\circ}\text{C}$, մինչդեռ բարձր ջերմաստիճանի դեպքում ամենալավ գործող բջիջները՝ HJT (հետերոգեն անցումով) բջիջներն են, որոնց հզորության ջերմաստիճանային գործակիցը ցածր է մինչև $-0,25\%/^{\circ}\text{C}$:

Հեղինակ՝ Արտաշես Սարգսյան, ֆ.մ.գ.թ., Էկոթիմ ՀԿ, UNDP/Armenia, UNIDO/Armenia
Էներգետիկայի ոլորտի փորձագետ

Էլ. Փոստ՝ Arta.sargsyan@gmail.com



Էկոթիմ - Էներգետիկայի և շրջակա միջավայրի

խորհրդատվական Հկ

Ինտ. կայք՝ <http://www.ecoteam-armenia.org>; <http://users.freenet.am/~ecoteam>

bit.ly/3MMMXPX

Էլ. Փոստ՝ Arta.sargsyan@gmail.com, ecoteam.ngo@gmail.com