



За Земята
Приятели на Земята България

Адрес: ул. „Кръстьо Сарафов, 24, 1164, София
Адрес за кореспонденция: п.к. 325, София 1000
тел. / факс: +359 2 943 11 23

www.zazemiata.org ел. поща: info@zazemiata.org

Зеленият водород - реалистичен потенциал и капацитет и българският контекст

*Симеон Белорешки, енергиен експерт
февруари 2023 г.*

Въведение	1
Употреба и разпространение	3
Основни физически свойства	3
Проблемът в цифри днес	6
Въпросът за цената и цялостния бизнес модел	9
Допълнителни усложнения	13
Българският контекст	14
Приложение 1. Различните видове водород и видовете електролиза	15

Въведение

В последните години усилено се говори за водород като за горивото на бъдещето, като в дискусиите се включват най-вече политици, после енергийните фирми, “широките маси” и, разбира се, от време на време - професионалисти от всички области. За съжаление, въпреки тези дискусии, като че ли се разпространяват повече заблуди, отколкото познания.

Има различни видове водород, като е прието да се използват цветове, в зависимост от начина им на получаване. Най-разпространеният вид е сивият водород, получен от газ; от газ се получава и синият водород, който се произвежда чрез парова конверсия на метана, като се улавя отделения въглерод. Други разпространени видове са розовият водород (от

ядрена енергия) и кафявият водород (от въглища)¹. Зеленият водород е най-чистия водород, който се произвежда от възобновяеми енергийни източници чрез електролиза.

Простият отговор на въпроса какъв е реалистичният потенциал и капацитет за производството на зелен водород в България е, че потенциалът е огромен. Капацитет все още няма, но той може да се изгради с годините. Това твърдение не е грешно, тъй като има огромен воден ресурс (Черно море) и достатъчно слънчево греене, които са двата най-важни компонента за производството му. С други думи, България има напълно реалистичен потенциал да задоволи всичките си енергийни нужди за използването на зелен водород.

Практиката показва, че това не е достатъчно и има нужда от преформатиране на въпроса в и изясняване на няколко ключови компоненти, които не са подредени по важност:

1. Кои сектори от икономиката трябва да се модернизират така, че да използват водород? Има ли и други алтернативи на водорода, които са или по-лесни за осъществяване, по-евтини, или и двете?
2. Доколко държавата трябва да се намесва/субсидира подобен процес, както и защо трябва да го прави?
3. Кои ще са крайните клиенти, какви ползи ще доведе това за тях?
4. Колко време ще трае този преход и има ли ресурси за него – като под ресурси не говорим само за финансов ресурс, а за хора, инфраструктура, законодателство. Тук спада и въпросът за цената, който е следва от отговорите на всички останали, но, за съжаление, почти всяка дискусия започва първо с това.
5. Откъде трябва да започнем и какви трябва да са приоритетите?

Отговорите на тези въпроси изискват много работа и задълбочено проучване на изключително много фактори и трябва да бъдат разглеждани от интердисциплинарен екип. В същото време, въпреки сложността на проблема и връзките на практика на всяко ниво от държавата или обществото трябва проблемът да се опрости с помощта на допускания и емпирични зависимости. Така все пак може да се предприемат конкретни стъпки в посока развитието на зеления водород и да се търси подкрепата на обществото и бизнеса в частност.

Тук ще се спрем на най-важните факти, които знаем със сигурност, за да помогнем с ориентацията в лабиринта от проблеми, възможности, капани.

Да започнем с това – защо водородът е толкова атрактивен и какво се премълчава? Като е толкова атрактивен, защо вече не е масово навлязъл? Защо едва сега се заговори за него?

¹[National Grid. The Hydrogen Colour Spectrum](#)

Употреба и разпространение

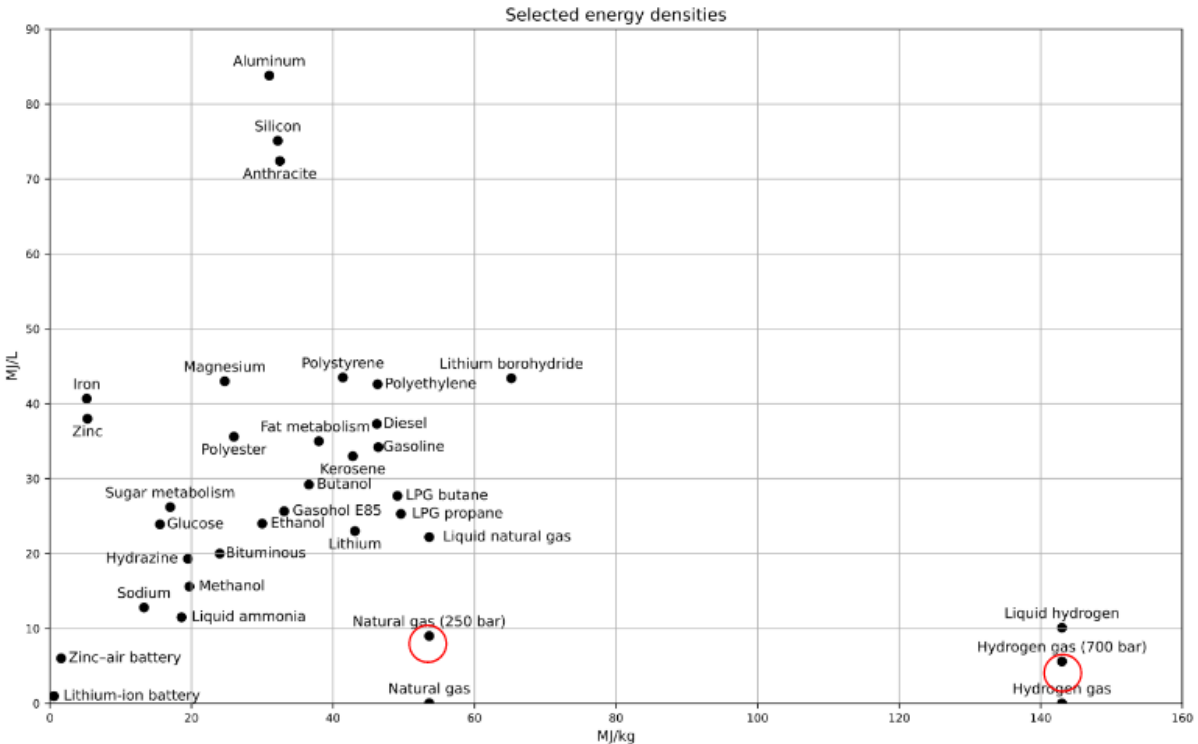
Всъщност, водородът навлиза масово отдавна. В момента в света се консумират 90-100 млн. тона водород годишно. Почти цялото това количество (96%) обаче се произвежда от природен газ, чрез т.нар. SMR (steam methane reforming), която е зряла и изключително ефективна технология. При нея обаче се отделят огромни количества CO₂. Ето защо, ако се работи в посока въвеждане на зелен водород, който няма негативно въздействие върху климата, то точно тези настоящи консуматори трябва да са първите, които да направят прехода. Те имат и предимството, че в масовия случай производството на водород е в непосредствена близост до консуматора – примерно рафинерия, торов или химически завод, и по този начин сравнително малки количества се транспортират с помощта на камиони. Това води и до предимство по отношение на ефективността.



Фигура 1. Видовете водород според начина им на производство

Основни физически свойства

Водородът има също така интересни физически свойства, които го правят привлекателен, а именно изключително високата му енергийна плътност (съдържание енергия на единица маса), която е в пъти по-голяма от останалите навлезли широко горива, както се вижда на фигурата по-долу. Поради ниското относително тегло, енергийната плътност в единица обем в нормални кубически метри е много ниска, сравнена с природния газ.



Фигура 2. Енергийна плътност на различните горива²

Водородът има и най-високия специфичен топлинен капацитет и е изключително подходящ за охлаждане, като например охлаждането намотките на генераторите в електроцентралите.

Въпреки тези идеални енергийни характеристики, водородът не е навлязъл в по-широка употреба извън чисто индустриалните приложения. За това има сериозни причини, като тук са изброени най-важните::

1. Труден за добиване и опасен за боравене – изисква индустриална инсталация за добив, има висока възпламеняемост.
2. Изключително летлив и поради тази причина транспортирането му в газово състояние е свързано с течове от тръби и съединения.
3. При температури под 150 градуса се наблюдава сериозно въздействие върху структурата на стоманата (а и повечето метали), като максимума на това въздействие е стайната температура. Този процес се нарича embrittlement и е свързан с навлизането на водорода в структурата на стоманата, правейки я крехка и чуплива. Поради тази причина се правят експерименти за смесване на водород с газ, за да се установи до колко процента може да се смесва, без да се компрометират тръбите.

² Selected Energy Density plots. Scott Dial. Wikipedia

4. Наистина има висока енергийна плътност на килограм, но това се постига или при много високи налягания (примерно 700 бара), или при много ниски температури, при които се втечнява. Това прави транспортирането на големи количества водород сравнително трудно.
5. В преходните периоди се предлага съществуващата газопроводна мрежа да продължи да се използва като се смесва водород с природен газ, но дори при 20% микс, подобрението в общата ефективност е само 6%. Това е, защото поради ниското специфично тегло смесването на водород изисква да се транспортират по-големи количества водород в газообразно състояние, което повишава изискванията към компресорните станции.
Когато се направи микс 20% водород/80% газ, интуитивно се предполага, че сме заменили 20% от природния газ. 20% водород в микса не води до 20% намаляване на консумацията на газ обаче, тъй като водородът е по-лек и от енергийна точка сме намалили употребата на газ само със 6%. С други думи - ако искаме 100 единици енергия, която сега постигаме с газ, замествайки я с 20% водород, то в крайна сметка 94% от енергията ще идва от газ, а останалото от тези 20% (обемни) - водород. След като водородът е вкаран в тръбата, с газа е важно какво се случва след това. За някои консуматори, които го използват за горене, вероятно няма да има проблеми, тъй като в повечето случаи не се налагат сериозни промени в горивните уредби. Там където се използва като суровина, трябва да се отдели. Това става чрез системи за отделяне на водорода, най-често мембрани, които се използват отдавна в газовата промишленост, но е все пак допълнителен разход. Нещо повече, след като се отдели водородът трябва да има ясна представа какво се прави след това с него и е възможно и тук да има нужда от инвестиции - за компресиране, съхранение и т.н.).

Горните фактори и наличието на по-евтини алтернативи за широк кръг дейности се оказват решаващи за неразпространението на водорода в по-големи мащаби.

Въпросът с цената е интересен от днешна гледна точка, защото вече в него се включва и по-широкото въздействие на фосилната индустрия и очакваните щети вследствие климатичните промени. Наистина, газът и и възгледите са сравнително евтини, но цената, която в крайна сметка плащат други, е огромна. Ето защо се измислят нови финансови модели, които ще отчитат точно тези индиректни фактори и при това положение цената в настоящия момент се превръща само в част от фокуса. Освен това, както и с всяка нова технология, първоначално се стимулира докато достигне известна самостоятелност и след това се очаква технологията допълнително да поевтинее заради мащаба. Това обаче не се очаква да стане с нужната скорост за постигането на целите от Парижкото споразумение за климата.

Тъй като водородът погрешно се представя като някакво универсално решение на всичките ни енергийни проблеми, ще използваме **водородната “стълба”**, която дава добра представа къде да бъде съсредоточен фокусът. Тук не става въпрос само за началните инвестиции, а въобще. Няма (икономически) смисъл да се инвестира за замяна на приложение на фосилна енергия с водород, ако има други по-добри алтернативи. Под

по-добри, не винаги се има предвид по-евтини, защото може да има и други фактори, като зависимост, национална сигурност и т.н.

Стълба на чистия водород: съревноваващи се технологии

(Източник: Liebreich Associates)



Фигура 3. Водородната стълба на приложенията³

Съвсем накратко, фигурата показва някои ключови неща:

1. В тежката индустрия, водородът няма истинска алтернатива (категория А). Там са и големите консуматори, които в момента го добиват от природен газ. Тези би трябвало да бъдат първите, които да използват зелен водород (водород добит без емисии, най-често чрез електролиза). Не всички консуматори ще могат да го реализират в близост до консумацията и това ще изисква транспортиране.
2. Категории В&С показват, че в тези индустрии има алтернативи, които също са в процес на развитие.
3. Масовата употреба на водорода (домакинствата, леките коли, транспорта, отоплението и т.н.) вероятно няма да се случи, защото дори и сега, тези приложения имат по-евтина алтернатива в лицето на електрификацията и батериите.

Проблемът в цифри днес⁴

³ [Liebreich Associates, Liebreich Hydrogen Ladder](#)

⁴ [Global Hydrogen Review 2021, International Energy Agency](#)



Фигура 4. Проблемът в цифри днес



Фигура 5. Прогнозите към днешна дата (базирани на най-добрия сценарий за производство на зелен водород до 2030 г. според Международната агенция по енергетика (МАЕ))

Към горните сметки не става ясно да са включени фактори, свързани с капацитета на възобновяемите енергийни източници, които захранват електролизерите. Коефициентът на вятърна и слънчева енергия на сушата е приблизително 25 %.

Така че, казано направо, **основната нужда от декарбонизация чрез H₂ е на/за съществуващата промишленост и рафиниране**. Дори и най-добрият сценарий на всички съществуващи проекти ще покрие само 9 % от съществуващото търсене до 2030 г., и то при 100% капацитет на електролизерите. Що се касае намаляването на емисиите, няма никакъв смисъл да се говори за зелен водород, складиране, транспортиране преди да сме декарбонизирали най-големите емитери на CO₂, които в момента използват водород получен от природен газ (така наречения сив водород). Що се касае национална сигурност и осигуряване на водород за нуждите на торовата промишленост, то може да се говори за зелен водород и тръбопроводи до торовите заводи, ако се налага.

Казано по друг начин, ако се обмисля използването на водорода за нещо друго, освен за декарбонизиране на рафинирането и промишлеността, т.е. за дейности, които могат да се

декарбонизират и по други начини, тогава шансовете средно в световен мащаб през 2030 г. водородът, използван за тази цел, да бъде зелен водород, а не водород от изкопаеми източници (при допускане на най-добрия сценарий за успех на планираните от МАЕ проекти и 100 % капацитет), ще бъдат около 1 към 11. Т.е. вероятността 10 към 11 е, че не се постига реална декарбонизация и че водородът, който се използва, все още е от изкопаеми източници със съответните емисии.

Както вече видяхме от водородната стълбица, някои химически процеси се нуждаят от водород (не като гориво), и тези процеси далеч не са близо до това да бъдат напълно декарбонизирани до 2030 г. На този етап изглежда, че ще имаме късмет, ако успеем да се доближим до 10 % от тях - със сегашните темпове 10% до 2030 г. изглежда твърде оптимистично. Това трябва да говори за приоритетите на H2.

Това обаче обяснява защо всички големи петролни и газови компании се интересуват от водородът, който само на пръв поглед заплашва съществуването им. Разбира се, в дългосрочен план това се случва с всяка компания, която не се променя в съответствие с променящите се условия на пазара.

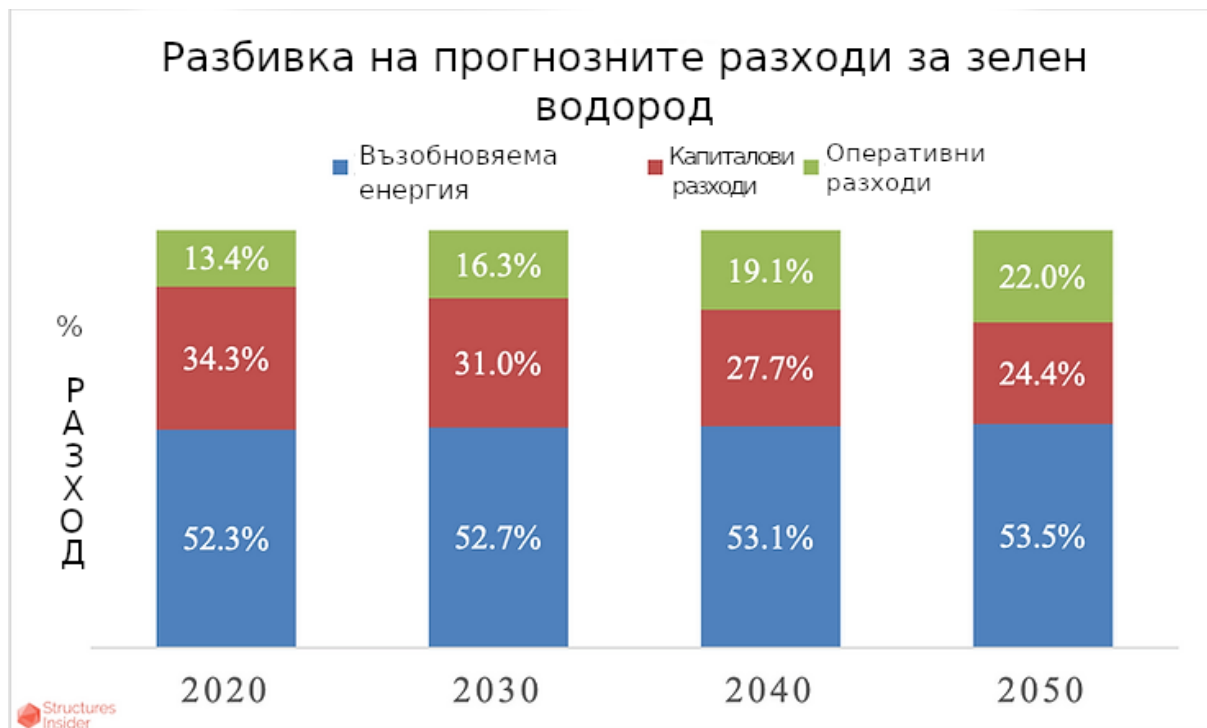
Ясно е от сметките по-горе, че в достатъчен брой години напред, декарбонизирането на добивания в момента водород от природен газ ще се осъществява от същите тези компании. Това не е непременно повод за безпокойство (предвид тяхното потенциално нежелание за промяна и намаляване на печалбите), защото това са компании с огромен инженерингов потенциал и практически опит в изграждане на всякакви вид инсталации с използването на най-различни нови технологии. Ето защо виждаме, че същите технологии и компании, които сондират за газ и петрол, активно започват да водят усилията в геотермалната енергия, както и дълбоководните офшорни вятърни инсталации/проекти.

Въпросът за цената и цялостния бизнес модел

При всички дискусии относно водорода, от първите въпроси, които започват да се обсъждат, е този за цената. Това е трудно занимание, защото в случая се говори за технология, на която тепърва ѝ предстои да се развие и зависи от прекалено много фактори. Кои са най-важните, които трябва да се знаят:

1. Цената на водорода зависи основно от цената на електрическата енергия необходима за производство на водород чрез електролиза и това (процентно) няма да се промени много с годините, както се вижда от фигура 5.
2. Целта обаче е да се намали цената на водорода почти петкратно от сегашните нива, като за това основно ще се разчита на:
 - a. 80% намаляване цената на електролизерите (това не е нереалистично очакване като се има предвид икономията от мащаба и случващото се при почти всички индустрии, последно със соларите и батериите).
 - b. Двойно намаление на цената на електроенергията, което също не е нереалистично, защото се очаква да се прави водород с излишъка на соларната енергия през деня.

- с. Други фактори като повишаване на ефективността на електролизери, увеличаване времето им на работа и намаляване на процента на средната стойност на капитала (WACC- weighted average cost of capital).
3. Целта е да се сведе цената на зеления водород под тази на водорода, добиван от природен газ, която в момента се смята около 2 \$ /kg . Естествено, при последните пикови цени на газа, цената за паритет ще се повиши и подобни проекти ще получат по-добра възвращаемост и то без да се включват допълнителните оскъпявания по линия на очакваните по-високи цени на емисиите, както и допълнителните разходи свързани с плащанията по компенсация във връзка с измененията на климата.



Фигура 6. Процентно съотношение на компонентите в цената на водорода, Structures Insider⁵

Фиг. 5 В оперативните разходи влиза като цяло всичко необходимо за поддържане на работата: заплати, наеми, застраховки, резервни части и свързаните с тях ремонти, склад, разходи по маркетинг R&D. Новото оборудване обикновено е капиталов разход – например нова помпа, макар че може и да ОПЕХ, ако е след изтичане на ресурс.

Ако трябва да изведем няколко ключови неща, които трябва да се имат предвид и са валидни за момента, те са:

⁵ [Structures Insider, Green Hydrogen Current and Projected Production Cost](#)

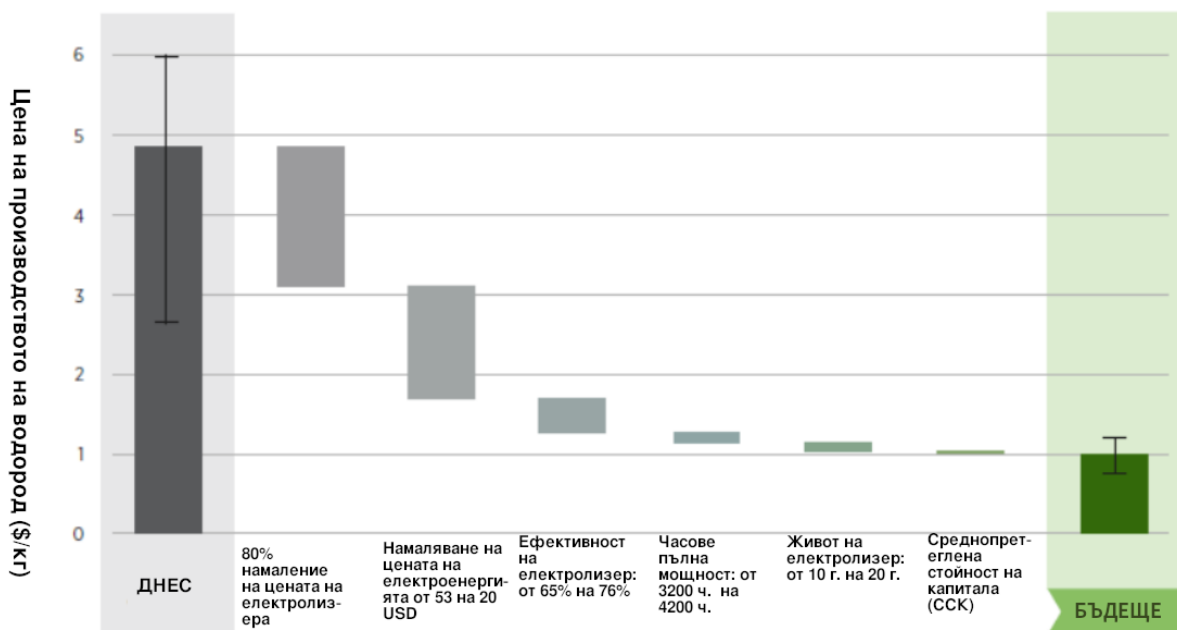
1. Няма все още реален пазар за зелен водород и колкото по-бързо се наложи, толкова по-непазарен ще бъде. Колкото по-непазарен е пазарът, толкова по-свързан с правителствата и държавната администрация ще бъде с всички произтичащи от това заплахи, ако няма наистина независими контролни механизми. Тук България е силно уязвима.
2. Трябва да се приоритизират единствено тези приложения на водорода, които ще осигурят максимален резултат – като се отчитат както емисиите (което е средно/дългосрочна перспектива), но и намаляване на зависимостта от външни, недемократични режими, което е краткосрочна перспектива и измества основния фокус.
3. Миксът на водорода в икономиката ще е силно локализиран и ще зависи от структурата на потребителите в съответната страна, нейния собствен капацитет да се справя с предизвикателствата по цялата верига на стойността: оценка на потребности, формиране на проектни/програмни екипи, административни способности, инженерингови организации, комуникация с обществото и т.н. Това ще изисква огромни усилия от обществото и разяснителната кампания трябва да е започнала отдавна, за да не се насаждат необосновани очаквания.
4. Няма специалисти по “Водородна икономика” и то в световен мащаб. Правят се много пилотни и различни проекти, голяма част от тях ще се провалят и това е известно, но въпреки това е необходимо да се правят, защото така се тестват нещата, анализират и се подготвят за следващ опит. Успехът идва единствено след много опити, грешки и научени уроци. Така работи науката дори за най-простите неща, а тук ще е много по-сложно и трудно.
5. Има изключителен шум покрай водорода, част от който е умишлено подклаждан, а друга част става по “естествен път“, поради сложността на задачата.
6. В момента няма нито един вариант за постигане на въглеродна неутралност и достигане на поставените цели без значително участие на водорода, така че той ще присъства в енергийния микс със сигурност.

Ясно е, че за да се затвори цикълът, е необходимо да има фирми-производители на водород, фирми, транспортиращи водород и фирми, които го консумират. Не по-малко важни обаче са и необходимите ресурси за производството на зелен водород, а те са вода и много ток от ВЕИ. Това е ключов момент и всъщност най-важният.

За да е икономически изгодно да се произвежда зелен водород, трябва да има достатъчно моменти с излишък на евтина електрическа енергия. Ето защо е необходимо наличието на много енергия през деня (основно от слънце) и съответното количество електроенергия за през нощта – от вятър, биомаса, вода, геотермална.

Макар че процесът на електролиза е сравнително лесен за пускане и спиране, за да се постигне ниска цена на водорода, поне в началните периоди, електролизерите трябва да работят максимално дълго време (виж Фиг. 6 - работните часове да се увеличат до 4200).

Освен зелената електроенергия, в зависимост от мощността на електролизера е необходимо и съответното необходимо количество вода. При електролизерите обикновено това е около 10 л на килограм водород.



Фигура 7. Основни фактори за намаляване цената на водорода, ReGlobal⁶

Хипотетично:

Искаме вместо газ или въглища, да горим водород и да произвеждаме ток както досега - с турбини, но не на газ или парни, а на водород.

За производството само на 1 GWh (енергия) при същия к.п.д. от 35% ще са ни необходими:

1. Водород – 85 000 кг
2. Вода – 850 000 кг

Или за 24 часа, при мощност от 1 GW, това прави 20 млн. литра вода, което е колосално количество. Това може и да не е толкова голям проблем, когато водородът се консумира близо до производството, защото при изгарянето му се образува отново вода. Възниква проблем обаче, когато водородът ще се транспортира и съответно тази вода се губи за района на добива.

Ето защо, големите електролизера в момента се планират на места, където имат достъп до море и имат на практика неограничен ресурс от вода. Там обаче има допълнително усложнение заради солта в морската вода, която при електролиза отделя хлор, който е силно опасен и вреден газ и затова водата трябва допълнително да се обезсоли, което допълнително оскъпява инсталацията и намалява ефективността, тъй като допълнителна

⁶ [ReGlobal. Strategies for cost reduction of green hydrogen](#)

електрическа енергия трябва да отива за инсталациите за обезсоляване, които са обикновено базирани на обратна осмоза и изискват мощни електрически помпи.

Допълнителни усложнения

Допълнителните усложнения, съпътстващи водородната икономика, за които малко се говори, са всъщност дори по-важни и по-сложни от тези, за които говорихме до момента.

Водородната икономика изисква достатъчно много, на пръв поглед дребни, но критично важни неща. Ще изброя само част от тях, за да илюстрираме обхвата на тези дейности в зависимост от това докъде ще се разпростира навлизането на водорода.

1. **Противопожарна дейност** – макар че водородът е отдавна в употреба, той е разпространен основно в промишлеността, където има строги норми на експлоатация. Навлизането му широко в области извън индустрията (автомобили, сгради и т.н.) ще направи необходимо пренаписването на много противопожарни правила, включително специално оборудване и обучение на пожарникарите. Водородът гори с невидим пламък, като в същото време развива изключително високи температури.
2. **Обучение** – в зависимост от разпространението на водорода в промишлеността и бита, редица съпътстващи звена ще имат нужда от допълнителна квалификация и обучение, а това може да струва колосално количество време и усилия. Водородът е много по-опасен от природния газ, който и сега се счита за особено пожаро- и взривоопасен. Водородната икономика ще изисква и нови профили в техническите и икономическите ВУЗ-ове.
3. **Строителни стандарти и правила** - редица инженерни практики ще се нуждаят от промяна на правилата на проектиране на системи и инсталации. Като се почне от материалознание и използваните материали, до преразглеждане на всички останали системи – електрическа, вентилационна, за достъп, пожарна и т.н.
4. **Международна търговия на водород** – В момента почти всички говорят за търговия с водород по начин, подобен на втечнения природен газ (LNG). Това е много далеч от истината и реалното изпълнение, което е даже под въпрос. При направен опит с кораб от Австралия до Япония, резултатите още се изследват, но засега не изглеждат много обнадеждаващи и има сериозни причини за това. Температурата за поддържане на втечнения водород е с 90 градуса по Целзий по-ниска от тази на втечнения газ, а това е сериозно предизвикателство и макар и решимо, изглежда е свързано със сериозни допълнителни разходи и преустройството на LNG танкер в такъв за водород е далеч по-сложно, отколкото изглежда.
Далеч по-сложно изглежда обаче въпросът че в момента няма борсова цена на водорода (по подобие на газа и петрола), а без такава цена, който и да е голям проект трудно ще получи FID (Final Investment decision), освен ако не е сериозно подкрепен от държавата или рискови фондове, тъй като е невъзможно да се предскажат бъдещите постъпления. Нещата в момента малко изглеждат обърнати – обикновено първо се появява търсенето на услуга или продукт, след което следва увеличаване на производството и съответната логистика. Ние в момента нямаме

пазар на зелен водород и тепърва ще го създаваме с нови пазарни и административни механизми. Да, наистина може да се започне паралелно да се работи по всички фактори за успеха, но следващите 2-3 години ще бъдат изключително хаотични поради огромната сложност на задачата

Българският контекст

Очевидно е, че ние преди всичко друго, ударно трябва да започнем изграждането на ВЕИ мощности, за да имаме излишъци и за да можем да имаме ниски цени на електроенергията за нуждите на електролизерите.

Законовата рамка в момента и липсата на визия за развитието на енергетиката спира въвеждането на ВЕИ, а повечето потребители на малки и средни мощности изграждат предимно такива за собствена консумация.

Има няколко големи потребители на водород и това са Лукойл и торовите заводи. Неохим в Димитровград прави амоняк от природен газ, теоретично, той би могъл да прави амоняка с помощта на зелен водород (зелен амоняк). В момента, Агрополихим внася амоняк отвън, но при определени условия, теоретично, би могъл да прави и той зелен амоняк. Това обаче едва ли ще се случи, тъй като търговията на амоняк е изключително добре развита, има борсова цена и вероятно България едва ли ще може да се конкурира със страни, които имат много по-голямо слънцегреене като Саудитска Арабия и Обединени арабски емирства

Днешното състояние на идеята на водородната икономика в България е доста плачевно поради това, че не е решен основния проблем – кои са потенциалните консуматори на водород и как ги приоритизираме. Нямаме и останали инженерингови компании, които могат да се нагърбят с такива задачи, така че ще трябва да разчитаме изцяло на външна помощ, а в чужбина има по-голям капацитет за това и приоритетите ще бъдат там. Ето защо, българската държава трябва да е много внимателна какви точно проекти иска да финансира и къде да насочва вниманието си. На този етап - в следващите 3-5 години - не трябва да се хвърляме в нищо съществено по линия на водорода, а да изчакаме водещите компании да проправят пътя. Разбира се, частни инициативи винаги са добре дошли и ако има такива, те трябва да се подпомагат административно.

Държавата обаче трябва да насърчава и влага усилия в:

1. Обезпечаване на ресурсите необходими за водорода, а именно ВЕИ;
2. Обезпечаване на по-добро управление на водите, защото се очакват засушавания, така или иначе;
3. Обезпечаване на инженерни и технически кадри за обслужване на ВЕИ и бъдещите водородни инсталации.

Ето част от големите компании за добив на нефт и газ и тяхната надпревара да произведат “първия” водород:

- Производството на зелен водород е широко застъпено от петролните и газовите компании в усилията им за енергиен преход поради падащите цени на електроенергията от ВЕИ и очакваното намаляване на цените на електролизерите. Разбира се, и поради различните стимули от правителствата.

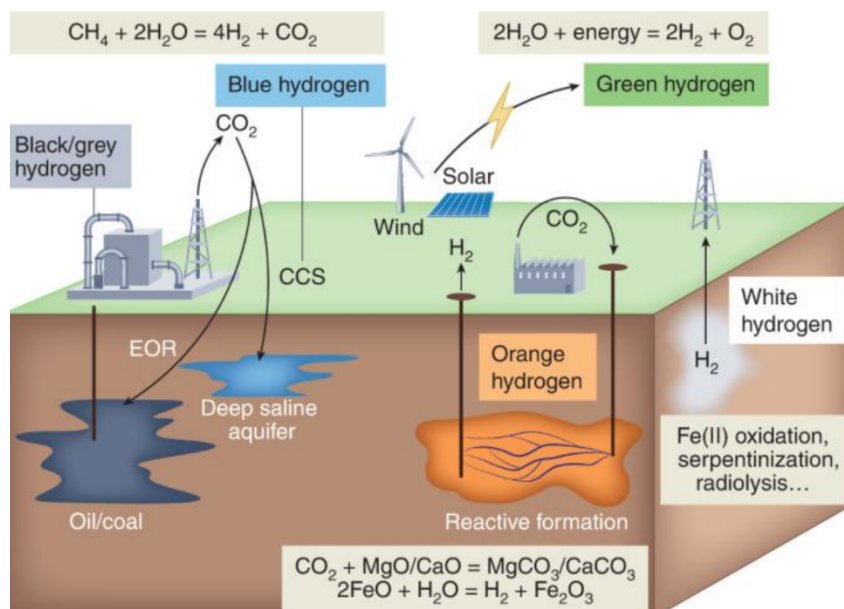
- Очаква се ВР да осъществи 17 проекта за производство на син водород (произведен от изкопаеми горива, но при който се улавят въглеродните емисии) и зелен водород, като общият капацитет силно клони към зеления водород. През юни 2022 г. тя придоби 40-процентов дял в AREN, проект за зелен водород в Австралия на стойност 36 млрд. долара, а през ноември 2021 г. обяви проекта HyGreen Teesside, мащабен проект в Обединеното кралство.

- ExxonMobil е инвестирала изцяло в проекти за син водород. Това до голяма степен може да се отдаде на нейния експертен опит в областта на технологията за улавяне и съхранение на CO₂. През март 2022 г. компанията обяви, че ще изгради голямо съоръжение за производство на син водород в своя нефтохимически комплекс в Бейтаун, Тексас. Очаква се съоръжението да произвежда до 1 млрд. куб. м син водород на ден

Приложение 1. Различните видове водород и видовете електролиза

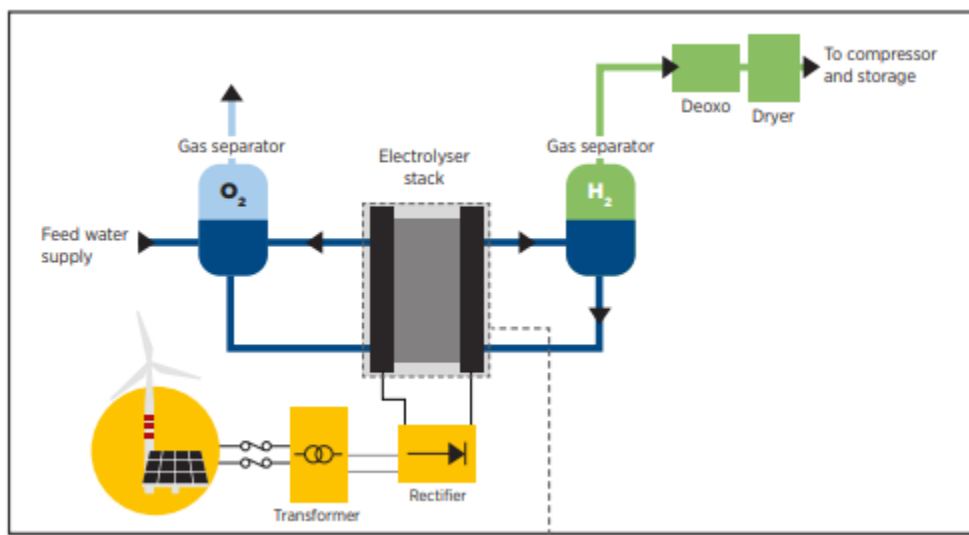
Досега частично разгледахме класическото производство на водород, което се прави основно от природен газ $CH_4 + 2H_2O = 4H_2 + CO_2$, като произвежданият CO₂ се връща обратно в резервоара или (по-често) се изпуска в атмосферата като парников газ. Има няколко [цветови класификации](#) за водорода, чиято идея е единствено да се даде представа как е произведен той.

Има и още няколко други потенциални източници, които са процес на проучване – вкл. новия т.нар. оранжев водород, при който CO₂ се нагнетява във формации, където в крайна сметка се стига до реакция на железен окис и вода при която се отделя водород. Има и други, но засега са в областта на теоретичните възможности.



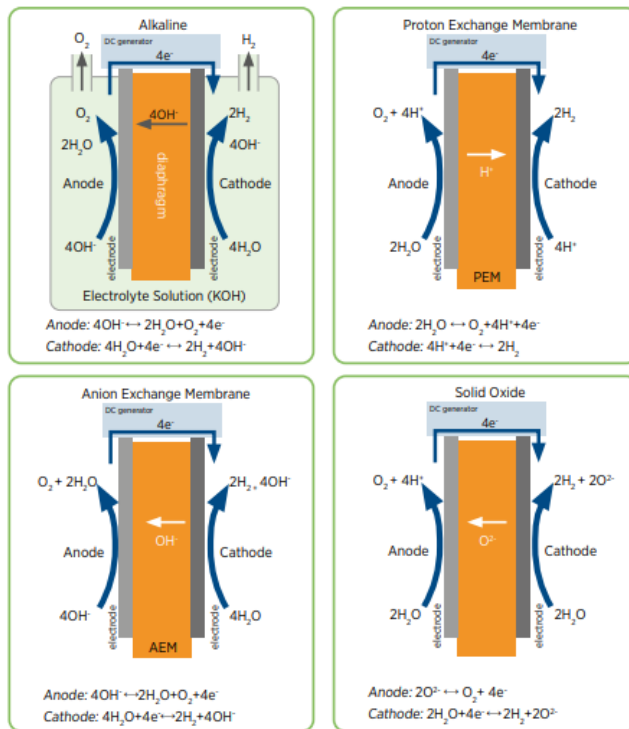
Фигура 9. Опростена схема на видовете процеси за добив водород

Обещаващото направление за добив на “зелен” водород е чрез така наречената електролиза, която представлява сравнително прост и известен отдавна процес – през вода се пропуска електрически ток и се отделя кислород и водород на съответните електроди – $2H_2O + \text{енергия} = 2H_2 + O_2$. Когато електричеството е произведено изцяло от ВЕИ, то водородът, получен по този начин, се класифицира като зелен водород. Идеята е, че в моментите на излишък на енергия (примерно през деня заради соларите или през нощта от вятъра и малката консумация) цената на електричеството ще е ниска и дори отрицателна.



Фигура 10. Опростена схема на електролизера

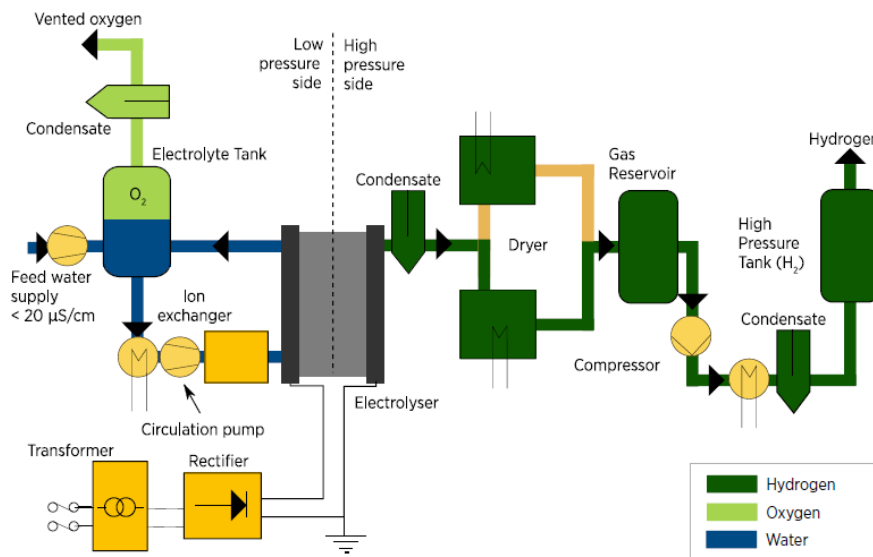
Има четири основни вида електролизери дадени на фигурата по-долу.



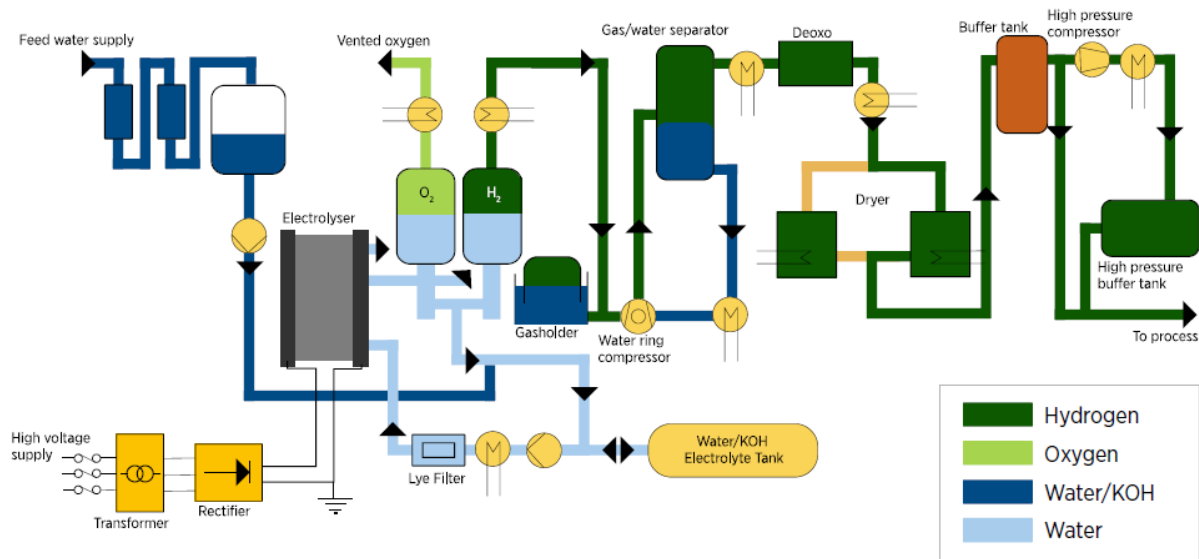
Based on IRENA analysis.

Фигура 11. Принцип и работа на основните електролизери, познати днес

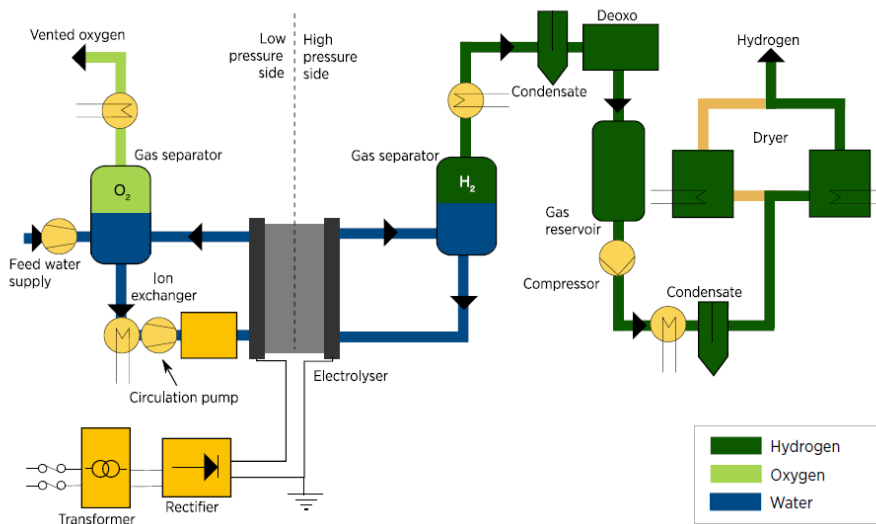
В зависимост от избраната технология на електролизера, съпътстващото оборудване съответно е различно.



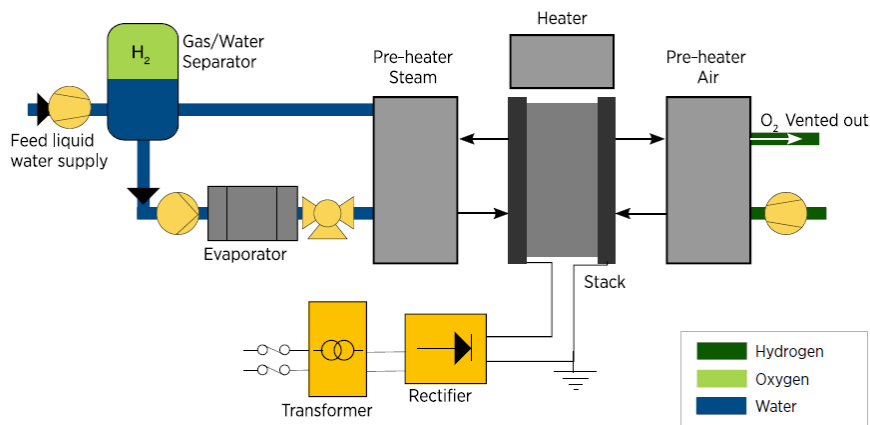
Фигура 12. Блокова схема на инсталация за водород с АЕМ (Anion Exchange Membrane) електролизер



Фигура 13. Блокова схема на инсталация за водород с Alkaline (Diaphragm) електролизер

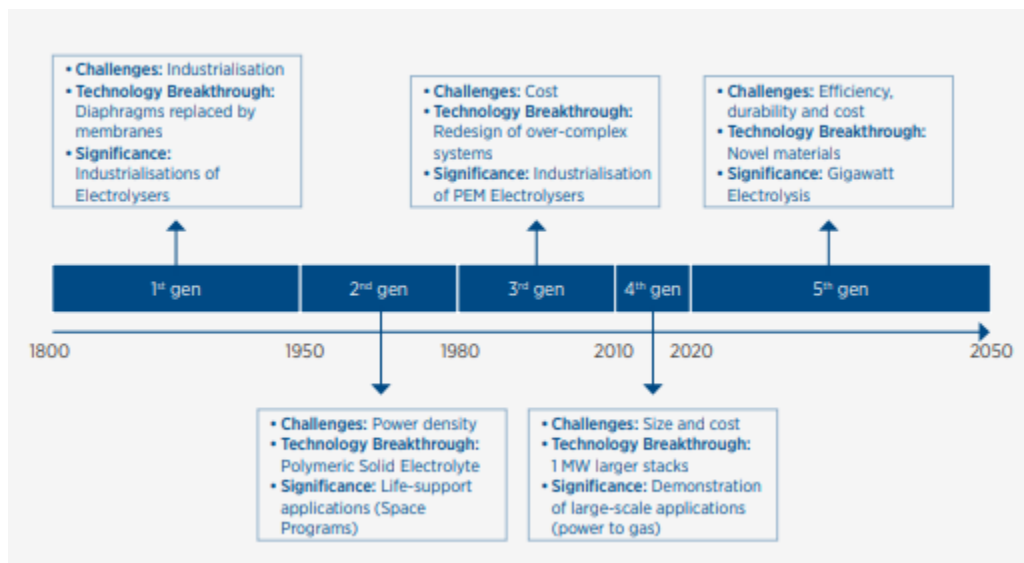


Фигура 14. Блокова схема на инсталация за водород с PEM (Proton Exchange Membrane) електролизер



Фигура 15. Блокова схема на инсталация за водород с SOEC (Solid Oxide Electrolyte Cell) електролизер

Различните технологии са се развивали през годините като първите са били изцяло алкални, като се е използвал азбест за диафрагма.



Фигура 15. Електролизери през годините

Както се вижда, изборът на електролизер е важен за общата сложност на инсталацията и съответно той зависи от много параметри. В света има сравнително малко компании, които имат опит с големи промишлени електролизери, докато има голямо количество малки такива.

В общия случай, производителите на електролизери правят самото устройство, като отговорност на клиента или инженерингова компания е да завърши доокомплектовката,

която вероятно при големите инсталации ще е по-съществената част от капиталовите разходи и сложността.

В същото време, извън електролизера, останалото оборудване не е нищо особено и е общо взето стандартно и налично от години. Необходимото захранване за електролизерите е нещо напълно познато в индустрията и се използва от години (като например мощни захранвания за нуждите на електродъговите пещи в металургията или електролизните вани в медодобивната индустрия). ***Н.В.** По мои спомени, АББ правиха захранването на електролизните вани в Аурубис преди години и мощността беше над 10 MW.*