

Ногоон Устөрөгчийн Хэрэглээ Монголд

Технологийн боломж ба бодлогын сонголтууд

Зохиогчид:

Анна Нилсон, Густаво де Виверо, Пабло Лопез Легаррета, Томас Дэй
(NewClimate Institute),

Мартин Пудлик, Бернхард Сейфанг (Fraunhofer ISI)

Дугаржавын Баясгалан (Монгол улсын их сургууль)



2021 оны 9 дүгээр сар

Ногоон Устөрөгчийн Хэрэглээ Монголд

Технологийн боломж ба бодлогын сонголтууд

Зохиогчид

Анна Нилссон, Густаво де Виверо, Пабло Лопез Легаррета, Томас Дэй (Шинэ уур амьсгалын институт), Мартин Пудлик, Бернхард Сейфанг (Фраунхофер Систем болон Инновацийн судалгааны институт) Дугаржавын Баясгалан (Монгол улсын их сургууль)



Зүүн-Өмнөд, Зүүн Европ, Өмнөд Кавказ ба Төв Азийн орнуудын уур амьсгалын бодлогын чадавхыг хөгжүүлэх, III үе шат

On behalf of:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

of the Federal Republic of Germany

Энэхүү төслийг Олон улсын уур амьсгалын санаачилгын хүрээнд ХБНГУ-ын Засгийн газрын шийдвэрээр Байгаль орчин, байгаль хамгаалал, цөмийн энергийн аюулгүй байдлын яамны санхүүжилтээр хэрэгжүүлж байна.

Нүүр зураг ашиглах эрх: [“Монголын говь цөлийн бүс дэх алтан үе”](#), Патрик Шнайдер



Тайланг татаж авах холбоос
<http://newclimate.org/publications/>

Гарчиг

Хураангуй	1
1 Удиртгал	3
1.1 Монгол улсын өнөөгийн байдал болон нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулахад ногоон устөрөгчийг ашиглах нь	3
1.2 Үндэсний хэмжээнд болон эрчим хүчний салбар дахь хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах бодлого зорилтууд	5
1.3 Зорилго ба зорилтууд	6
2 Ногоон устөрөгчийг нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад ашиглах боломж	7
2.1 Ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэх аргачлал	7
2.2 Ногоон устөрөгчийг өргөн хэрэглээнд нэвтрүүлэхэд тулгарч буй саад, бэрхшээлүүд ..	8
3 Монгол улсын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад устөрөгчийн үүрэг оролцоо	14
3.1 Эрчим хүчний үйлдвэрлэл	14
Цахилгаан ба дулаан хангамж	15
Эрчим хүчний аюулгүй байдал	23
Усан хангамж	24
Ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх газарзүйн байршлууд	29
Устөрөгч үйлдвэрлэх зардал	31
3.2 Эрчим хүчний хэрэглээ	33
Уул уурхайн хүнд даацын тээвэр	34
Нийтийн тээвэр	37
Халаалт ба ахуйн хэрэглээний дулаан	40
3.3 Технологи хэрэгжүүлэлтийн үр нөлөө	43
Хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах чадамж	43
Тогтвортой хөгжлийн хөтөлбөр	44
4 Бодлогын үүрэг ба ач холбогдол	47
4.1 Өргөн цар хүрээг хамрах бодлого	49
4.2 Хангамж талын бодлого	52
Хангамж талын ерөнхий бодлого	52
Электролизатор	55
Эрчим хүчний хангамж	58
Дэд бүтэц	60
Усан хангамж	62
4.3 Хэрэглээ талын бодлого	64
Хүнд даацын тээвэр – Өмнө говь дахь уул уурхайн ачааны машинууд	66
Нийтийн тээвэр – Улаанбаатар дахь түлшний элементийн автобус	67

	Халаалтын хэрэглээ	69
5	Дүгнэлт.....	71
6	Ашигласан материалын жагсаалт.....	75

Зургийн жагсаалт

Зураг 1. Ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэл болон хэрэглээ.....	8
Зураг 2. Эрчим хүчний сүлжээнээс хамааруулан устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг загварчлах нь.....	18
Зураг 3. Монгол улсын сэргээгдэх эрчим хүчний нөөц болоцоог үнэлэхийн тулд 4 бүс нутагт хуваасан нь.....	Error! Bookmark not defined.
Зураг 4. Салхи (дээд) болон нарны (доод) цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэлийн бүрэн ачааллын боломжит хугацаа.....	22
Зураг 5. 2020 оны байдлаар Монгол улсад салхин эрчим хүч үйлдвэрлэх өртөг, 4 бүс нутгаар харуулсан нь.....	22
Зураг 6. SSP245 дүр зураглалд тусгагдсан Монгол улсад унах хур тунадасны хэмжээ (мм), жилээр, 2021-2040.	25
Зураг 7. 2019 оны байдлаарх жилийн нийлбэр урсгал ус (мм) (дээд) ба уур амьсгалаас улбаалсан усны хомсдол (мм) (доод).	25
Зураг 8. Давс хужирлаг гүний усны тархалт.....	26
Зураг 9. Үйлдвэрийн зориулалттай усны үнийн тооцоо, таамаглал.....	29
Зураг 10. Салхи (зүүн) ба нарны (баруун) эрчим хүчний нөөц, тэдгээрийн эрчим хүчний нэгдсэн системүүдийн хамрах бүсүүдэд давхцах байрлал.	30
Зураг 11. Монголд ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх өртгийн задаргаа.....	32
Зураг 12. Загварчлалын судалгаанд авч үзсэн үе шатуудын арга зүйн схем.....	34
Зураг 13. Монголын өмнөд бүс нутаг дахь уул уурхайн машинуудын ашиглалтын зардал.....	37
Зураг 14. Улаанбаатарт нийтийн тээврийн автобуснуудын дугуйнд очих ашигтай энергийн зардлын харьцуулалт.....	39
Зураг 15. Ажлын цагийн хувьд Улаанбаатар дахь нийтийн тээврийн автобуснуудын зардлын харьцуулалт, хөрөнгө оруулалтын зардлыг оруулсан.....	39
Зураг 16. Гэр хорооллын өрхийн халаалтанд болон хоол унд боловсруулахад гарах түлшний зардлын харьцуулалт.....	43
Зураг 17. Монголын уул уурхай болон нийтийн тээврийн салбаруудад хүлэмжийн хийн ялгаруулалтыг бууруулах боломжийн тооцоолол (килотонн-СО ₂ /жил).....	44
Зураг 18. Ногоон устөрөгчийн салбарыг таниулах болон хөгжүүлэх үе шатны зураглал.....	51

Хүснэгтийн жагсаалт

Хүснэгт 1. Зах зээлд бэлэн байгаа электролизаторын технологиудын түлхүүр үзүүлэлтүүд.	12
Хүснэгт 2. Өмнөговийн бүс нутгийн нэмэлт усны тооцоолсон үнэ.	28
Хүснэгт 3. Цахилгаан эрчим хүч ба устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн загварчлалын үр дүн.	32
Хүснэгт 4. Монголын тогтвортой хөгжлийн хөтөлбөрт үзүүлэх устөрөгчийн нөлөө.	45
Хүснэгт 5. Ногоон устөрөгчийг дэмжих бодлогын хувилбаруудын тойм.	48
Хүснэгт 6. Судалж буй эцсийн хэрэглэгч бүхий салбар дахь устөрөгчийн технологийн хэрэглээнд зориулан санал болгож байгаа ангиллын систем.	65

Хураангуй

Ногоон устөрөгч нь Монгол улсын хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулахад хүндрэлтэй салбаруудад хэрэглэгдэхүйц боломжит хувилбаруудын нэг юм. Монгол улс нь нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулах зорилгын хүрээнд ялангуяа хүнд үйлдвэрлэл, машин механизм, тээврийн салбарт томоохон хүндрэлүүдтэй тулгарч байна. Сэргээгдэх эрчим хүчний баялаг нөөцтэй хэдий ч, ачаа тээвэр болон барилгын салбарыг цахилгаан эрчим хүчээр хангах нь техникийн сорилттой тулгарч байна. Эдгээрийг шийдэх боломжит хувилбарын нэг нь сэргээгдэх эрчим хүч болон уснаас гарган авах ногоон устөрөгч юм. Энэхүү судалгаагаар Монгол улсад ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэх техник эдийн засгийн боломж, тус технологийн ачаа тээвэр болон хотын нийтийн тээвэр, мөн төвлөрсөн бус халаалтын салбар дахь хэрэглээг судлав. Үр дүнгүүд дээр үндэслэн, хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах боломжийг тооцоолж, ногоон устөрөгчийн салбарыг хөгжүүлэх бодлогын сонголтуудад дүн шинжилгээ хийсэн.

Монгол улсад ногоон устөрөгчийг харьцангуй өртөг багатайгаар үйлдвэрлэх боломжтой. 2020 оны байдлаар Монгол улсад ногоон устөрөгчийн нэгж кг тутмыг 3.3-4.7 ам. доллар өртгөөр үйлдвэрлэх, улмаар 2030 онд өртгийг 2.8-2.9 ам.доллар хүртэл бууруулах боломжтой байна. 2020 оны дэлхийн зах зээлийн дундаж үнэ 4.8 ам. доллар байгаа нь Монгол улсад харьцангуй хямдаар үйлдвэрлэх боломжтойг харуулж байна. Энэхүү тааламжтай нөхцөлд Монгол улс нь ногоон устөрөгчийн технологийг цаашид хөгжүүлэх өндөр боломжтой юм. Гэвч, тус үйлдвэрлэл нь усан хангамжаас ихээхэн хамааралтай тул ногоон устөрөгчийн салбарыг хөгжүүлэхэд усан сангийн дэд бүтцийг сайжруулах шаардлагатай.

Ногоон устөрөгч нь уул уурхайн салбар дахь хүнд даацын ачаа тээвэрт нэн тохиромжтой байж болзошгүй. Уул уурхайн салбарт дизель түлшээр ажилладаг тээврийн машинаас түлшний элементээр ажилладаг машин механизм руу шилжихэд зардал нь ердөө 12% илүү байх боловч зүтгүүрт шилжүүлж буй энергийн хэмжээгээр авч үзэхэд ялгарлыг бууруулах хувь хэмжээ нь үлэмж их юм. Зэсийн үйлдвэрлэл бүхлээрээ болон төмөрлөг үйлдвэрлэлийн хагас нь түлшний элементээр ажилладаг машин механизм руу шилжихэд жилд ойролцоогоор 1.2 сая тонн CO_{2.эк} буюу 2014 оны байдлаарх үндэсний хэмжээний нийт хүлэмжийн хийн ялгарлын 3.5% орчимтой тэнцэхүйц хэмжээг 10 ам. доллар/тнCO_{2.эк} зардлаар бууруулах боломжтой.

Өнөөгийн нөхцөлд уул уурхайн салбарт хамаарах зам тээврийн механизмуудаас ялгарч буй хүлэмжийн хийг бууруулах боломжит хувилбаруудыг авч хэрэгжүүлээгүй хоцрогдлыг ногоон устөрөгчийн технологи руу шилжих замаар шийдэх нь тус салбарын нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулахад зайлшгүй чухал алхам болно. Үүнд хүрэхийн тулд судалгаа хөгжүүлэлт, загвар төсөл хэрэгжүүлэх зэрэгт төсвөөс хөрөнгө зарцуулах замаар шаардлагатай технологийг хөгжүүлэх, нутагшуулахад чиглэсэн бодлого хэрэгжүүлэх шаардлагатай. Хувийн хэвшлийн сонирхлыг татахын тулд төр-хувийн хэвшлийн хамтын ажиллагаагаар технологийг туршиж, олон нийтэд таниулж болно.

Ногоон устөрөгч нь Улаанбаатар хотын нийтийн тээвэрт ашиглагдах технологийн сонголтуудын нэг байж болно. Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн салбарт түлшний элементээр ажилладаг автобусыг ашиглах нь шинэ дизель хөдөлгүүртэй автобус худалдан авч ашиглахаас ердөө 15%-ийн хөрөнгө оруулалтыг нэмэлтээр шаардана. Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн автобусыг бүгдийг нь түлшний элементийн технологи руу шилжүүлэхэд нэг тонн CO_{2.эк} тутамд 100 гаруй ам. доллар зардлаар жилд 39,000 тонн CO_{2.эк} -г бууруулах юм.

Ногоон устөрөгч нь Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн салбар дахь нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулах цор ганц боломжит технологийн сонголт биш юм. Тухайлбал, нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулах төрөл бүрийн технологиудыг урамшуулах бодлогоор хамгийн тохиромжтой шийдлийг тодорхойлоход хувийн салбарыг хамруулан оролцуулж болно. Зам тээврийн салбарт эдгээр бодлогууд нь татвараас чөлөөлөх, худалдан авалтад мөнгөн тусламж үзүүлэх, тээврийн хэрэгслийн хорт утаа ялгаруулалтыг стандартжуулах зэрэг байж болно. Нөгөө талаас, тус салбарын хамрах хүрээ харьцангуй бага байгаа нь бусад салбарын хэрэглээг нэмэгдүүлэх болон хөрш орнууд ногоон устөрөгчийн технологийн хөгжүүлэлтийг дэмжихэд үлгэр жишээ үзүүлэхүйц төсөл байж болох юм.

Төвлөрсөн бус халаалтад ногоон устөрөгчийг ашиглах нь ойрын хугацаанд үр ашигтай сонголт биш байна. Шингэрүүлсэн хийн түлш (LPG)-ийг жишиг түлшээр авч үзэхэд, төвлөрсөн бус халаалтын системд ногоон устөрөгчийг халаалт болон хоол хийх зориулалтаар ашиглах технологийн шилжилт нь 2020 оны байдлаар 148% өндөр үнэтэй байна. Тиймээс, өнөөгийн нөхцөлд ногоон устөрөгчийг дээрх зорилгоор ашиглах нь нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулах эдийн засгийн боломжит хувилбар биш юм.

Гэсэн хэдий ч халаалтын ачаалал нь Монгол улсын хүлэмжийн хийн ялгаруулалтад хамгийн их хувь эзэлдэг тул цаашид нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулах төрөл бүрийн боломжит технологиудыг харьцуулсан судалгаа хийх шаардлагатай. Технологийн ийм нөхцөл байдал дор, халаалтын салбарыг шатах түлшнээс ангид болгохын тулд ногоон устөрөгчийг шууд хэрэглээнээс хасах бус, харин бусад шинэлэг халаалтын технологиудын хамт туршиж үзэх хэрэгтэй.

Үндэсний хэмжээний уур амьсгалын өөрчлөлтийн эсрэг болон эрчим хүчний зорилтууд нь технологийн хөгжлийг дэмжинэ. Салбар тус бүрд хамаарах бодлогуудаас гадна, хүлэмжийн хийн ялгаруулалтгүй болгох болон цэвэр түлшний зорилтууд зэрэг эдийн засгийг бүхэлд нь хамарсан бодлогууд нь хувийн хэвшилд санаачилга өгөх, улмаар шинэлэг технологиудыг нэвтрүүлэх сонирхлыг идэвхжүүлэхэд чухал хэрэгсэл байна.

1 Удиртгал

Монгол улс нь шатах түлшнээс ихээхэн хамааралтай ба хүнд үйлдвэрлэл, машин механизм, тээврийн салбар дахь нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулахад томоохон сорилттой нүүр тулж байна. Сэргээгдэх эрчим хүчний арвин нөөцтэй хэдий ч, дээрх салбарыг цахилгаан эрчим хүчээр шууд хангах нь техникийн хүндрэлтэй юм. Дээрх асуудлын түлхүүр шийдэл нь ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэл болон хэрэглээ байж болно. Энэхүү бүлэгт нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулах шийдэл болох ногоон устөрөгчийн талаарх ерөнхий мэдээлэл, Монгол улсын нөхцөл байдал болон эрчим хүч, уур амьсгалын өөрчлөлттэй холбогдох бодлогын арга хэмжээний ерөнхий тойм үнэлгээг харуулав.

1.1 Монгол улсын өнөөгийн байдал болон нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулахад ногоон устөрөгчийг ашиглах нь

Хүн амын ихээхэн хэсэг нь малчин өрхөд хамаарагддаг, уламжлалт мал аж ахуйд суурилсан Монгол улс нь аж үйлдвэрийн салбарын хөгжил болон эрчимтэй хотжилтоос үүдэн эдийн засгийн шилжилтийн үеийг туулж байна. Уур амьсгалын өөрчлөлтийн үр нөлөө байгалийн гамшиг, малын хорогдол зэргээр илэрч, олон олон иргэдийг хот суурин руу шилжихэд хүргэж байна. Мөн, эдийн засгийг тэлэх зорилгоор байгалийн нөөц баялгийг их хэмжээгээр олборлож, мал аж ахуйгаас үйлдвэрлэлд төвлөрсөн эдийн засаг руу алгуур шилжиж байна. (Сэншав, 2020) Энэхүү шилжилтийн хамт Парисын хэлэлцээрт нэгдсэний дагуу хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах урт хугацааны зорилт болох дэлхийн температурын өсөлтийг аж үйлдвэрлэлийн өмнөх үеэс 2 Цельсийн хэмээс илүү нэмэгдүүлэхгүй байх, улмаар 1.5 Цельсийн хэмд хязгаарлахыг эрмэлзэх зэрэг сорилт болон боломжууд ирсэн. (Нэгдсэн үндэсний байгууллага, 2015 - United Nations, 2015).

Нүүрсний арвин нөөцтэй тул Монгол улсын эрчим хүчний хангамж нь нүүрснээс ихээхэн хамааралтай байдаг. 2018 онд, нийт эрчим хүчний системийн 97% нь нүүрс болон газрын тосоор хангагдаж байжээ (Олон улсын эрчим хүчний агентлаг (ОУЭХА), 2020в – IEA, 2020с). Гэвч сайн мэдээ нь Монгол улс сэргээгдэх эрчим хүчний баялаг нөөцтэй буюу нутгийн ихэнх хэсэгт нарны тусгалын эрчим сайн бөгөөд салхины тааламжит нөхцөл бүрдсэн байна (Батмөнх нар, 2018). Нүүрсхүчлийн ялгаруулалт ихтэй халаалт, эрчим хүч болон зам тээврийн салбарт бага ялгаруулалттай шийдэл олоход саад бэрхшээлүүд учирдаг. Эдгээрийг даван гарах нь цэвэр энергийн эх үүсвэрүүдийг интеграцчлах, нүүрсийг хэрэглээнээс хасах, инновацилаг технологиудыг нэвтрүүлэх зэрэг хүчин чармайлтаас ихээхэн хамаарна. Иймд Монгол улсын засгийн газраас хүлэмжийн хийн хэмжээг бууруулахын тулд эрчим хүч үйлдвэрлэлийн салбарт сэргээгдэх эрчим хүчийг өргөнөөр нэвтрүүлэх зайлшгүй шаардлагатай гэдгийг тодорхойлсон (Монгол улсын засгийн газар, 2014, 2016, 2020).

Ихэнх тохиолдолд, дэлхийн эрчим хүчний салбар дахь нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулах нь цахилгаан эрчим хүчээр хангахтай шууд хамааралтай байна. Гэвч, эрчим хүчний сүлжээнд холбогдох боломж хязгаарлагдмал, эрс тэс, хүйтэн уур амьсгал болон бусад техникийн хүндрэлүүдээс улбаалан зарим нөхцөлд цахилгаан эрчим хүчээр шууд хангах бололцоогүй юм. Аж үйлдвэрлэл, барилга, агаарын болон хуурай замын их даацын ачаа тээвэр зэрэг салбаруудыг өөрчлөлтөд удаан салбарууд гэж тодорхойлдог. ОУСЭХА – IRENA-гаас гаргасан судалгаанд, 2050 он гэхэд дэлхийн нийт эрчим хүчний хэрэглээний тал хувийг шууд цахилгаан эрчим хүчээр хангаж болно гэжээ. Иймд үлдсэн тал хувийг хангахын сацуу нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг амжилттайгаар бууруулахад чиглэсэн өөр бусад шийдлүүдийг тодорхойлох нь нэн чухал юм

(ОУСЭХА, 2020в – IRENA, 2020с). Иймд цэвэр эрчим хүчийг хуримтлуулах буюу хэрэглээ гарсан үед тээвэрлэх болон хуваарилахад тохирсон шийдлийг тодорхойлох хэрэгтэй.

Дээрх үндэслэл болон хувьсамтгай сэргээгдэх эрчим хүч (ХСЭХ)-ний тогтворгүй шинж чанараас улбаалан эрчим хүчний хуримтлуурын шийдлүүд нь дээр дурдсан салбаруудад сэргээгдэх эрчим хүчийг өргөнөөр нэвтрүүлэх урьдач нөхцөл болно. Цаг уурын тааламжтай нөхцөл дор сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрүүдийн үйлдвэрлэлийн чадамж өндөр байх бөгөөд энэ нь өдрийн болон улирлын чанартай хэлбэлзэлтэй байна. Энэхүү нөөцийг бүрэн дүүрэн ашиглаж, үргэлж өсөн нэмэгдэж буй эрчим хүчний хэрэгцээ шаардлагыг хангахын тулд үйлдвэрлэсэн эрчим хүчийг өндөр бүтээмжтэй хуримтлуурт хадгалан, цэвэр эрчим хүчээр хангах бололцоотой. Тиймээс, хүнд үйлдвэрлэл, машин механизм, тээврийн салбар дахь нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулахад эрчим хүчний хуримтлуурын хэрэгцээ шаардлага өндөр байна. Мөн алс хэтдээ бусад салбарыг эрчим хүчээр хангахад ХСЭХ-ийг өргөнөөр нэвтрүүлэх төлөвтэй тул илүүдэл эрчим хүчийг хуримтлуулахгүй бол үйлдвэрлэлийг хязгаарлах шаардлагатай болно.

Эрчим хүчийг хадгалах уламжлалт шийдлүүд болох батарей, шахуургат усан цахилгаан станц болон шахсан агаар бүхий эрчим хүчний хуримтлуур зэрэг нь боломжит багтаамж, эрчим хүчийг урт хугацаанд хадгалах чадамж болон түүхий эдийн олдоц зэргээс хамаарсан өөр өөрийн сул тал болон хязгаарлалттай байдаг (Видера, 2020). Эрчим хүчний хангамжид байгалийн хий болон нүүрсийг уламжлан хэрэглэж ирсэн ч гэсэн 1970-аад оноос устөрөгчийг дэлхий нийтээр энерги зөөгч болгон ашиглаж байна (Устөрөгчийн зөвлөл, 2020 – Hydrogen Council, 2020). Ногоон устөрөгч нь тохируулгын чадамжтай ногоон эрчим хүчний ирээдүйтэй хувилбар юм. Сэргээгдэх эрчим хүчний төрөл бүрийн үүсгүүрүүдээс устөрөгч үйлдвэрлэх нь эрчим хүчний сүлжээг тэнцвэржүүлэх шийдэл болж, хүнд үйлдвэрлэл, машин механизм, тээврийн салбарыг ногоон эрчим хүчээр хангаж, улмаар ХСЭХ-ийг илүү өргөн цар хүрээнд, үр өгөөжтэйгөөр ашиглах бололцоог үүсгэнэ. (Видера, 2020)

Иймд, сэргээгдэх эх үүсгүүрүүдээс цахилгаан эрчим хүчийг хямдаар үйлдвэрлэх чадамжтай улс орнуудад ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэх нь маш тааламжтай бөгөөд зарим улсуудын хувьд нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулах зорилгын хүрээнд ногоон устөрөгчийн хэрэглээг нэмэгдүүлэх стратеги төлөвлөгөөг тусгажээ. Гэвч эрчим хүч хувиргах бүх л процессын нэгэн адил ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлд алдагдал байх бөгөөд шууд цахилгаан эрчим хүчээр хангах нь хамгийн үр ашигтай сонголт байдаг. Ногоон устөрөгчийг өргөнөөр хэрэглээнд нэвтрүүлэхэд үйлдвэрлэлийн өртөг зардал болон дэд бүтцийн хөгжүүлэлт зэрэг томоохон саад бэрхшээлүүд тулгардаг. Ногоон устөрөгч рүү шилжсэнээр бий болох үнэ цэнийг тодорхойлохын тулд тухайн улсын салбар тус бүрд үнэлгээ хийж, устөрөгчийн техник эдийн засгийн чадамжийг дүгнэн шинжлэх шаардлагатай. Улмаар, тодорхой нөхцөл дор ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэх чадамж болон өртөг зардлыг тодорхойлохын тулд нөөц хангамжийг сайтар судлах ёстой.

Энэхүү судалгаагаар Монгол улсын нөхцөлд дээрх үнэлгээг хийхийг зорьсон. Сэргээгдэх эрчим хүчний баялаг нөөц болон халаалт, хүнд машин механизмын тээвэр зэрэг эрчим хүчний хэрэглээ өндөртэй салбаруудад тулгарч буй саад бэрхшээлүүдийг авч үзвэл устөрөгч нь нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулах боломжит шийдэл байна. Үүний тулд салбар тус бүрийн жишээ судалгаанд үндэслэн техник, эдийн засгийн загварчлалыг гүйцэтгэсэн. Үр дүнд нь Монгол улсад хамгийн тохиромжтой устөрөгчийн хэрэглээг төрөлжүүлж, зураглал үүсгэсэн. Боломжит хэрэглээг эдийн засгийн боломж, нүүрстөрөгчийн ялгарлын буурал болон бусад ялгарлыг бууруулах шийдлүүдийн хэрэгжүүлэх боломж зэрэг үзүүлэлтээр эрэмбэлэв.

1.2 Үндэсний хэмжээнд болон эрчим хүчний салбар дахь хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах бодлого зорилтууд

Өнөөгийн байдлаар Монгол улсын эрчим хүчний салбар нь эрчим хүчний холбогдолтой 6 хууль болон эрчим хүчний бодлогын 3 баримт бичгүүдээр зохицуулагдах бөгөөд эдгээрийг дурдвал, эрчим хүч, тусгай зөвшөөрөл, сэргээгдэх эрчим хүч, хөрөнгө оруулалт, концесс, эрчим хүч хэмнэлтийн тухай хуулиуд болон Төрөөс эрчим хүчний талаар баримтлах бодлого 2015-2030, Засгийн газрын 2016-2020 оны үйл ажиллагааны хөтөлбөр, Төрөөс эрчим хүчний талаар баримтлах бодлогыг хэрэгжүүлэх дунд хугацааны үндэсний хөтөлбөр 2018-2023 зэрэг юм.

Бодлогын баримт бичгүүдийн үндсэн зорилго нь дараах 3 гол агуулгад төвлөрнө.

1. Эрчим хүчний аюулгүй байдлыг хангах
2. Эрчим хүчний салбарын хөгжлийн тогтвортой байдлыг хангаж, сэргээгдэх эх үүсгүүрүүдийг хурдацтайгаар нэвтрүүлэх үндэс суурийг тавих
3. Дунд хугацаанд эрчим хүч экспортлогч улс болох

Төрөөс эрчим хүчний талаар баримтлах бодлого 2015-2030-ын дагуу, эдгээр зорилгууд нь тайлбар бүхий тодорхой зорилтуудаар хангагдана. Энэхүү бодлого нь 2 үе шаттай: эхний үе нь 2015-2023 онуудыг, хоёр дахь үе нь 2023-2030 онуудыг тус тус хамарна. Эхний 2 гол агуулгад хамрах буюу найдвартай болон эрчим хүчний аюулгүй байдлыг бий болгоход нүүрсний цахилгаан станцуудын суурилагдсан хүчин чадлыг хоёр дахин нэмэгдүүлэх зорилттой. Технологийн хөгжил нэмэгдэхийн хэрээр эдгээр зорилтуудад хүрэхийн тулд төрөл бүрийн технологийг ашиглахаар төлөвлөсөн байна. Нүүрсээр жишээ татахад эхний үе шатанд шаардлагатай технологиуд болон нүүрсний метаныг ашиглах бол дараагийн хоёр дахь үе шатанд нэн чухал технологиудыг ашиглах юм. Эрчим хүч хуримтлуулах технологийн хувьд эхний үе шатанд батарей болон шахуургат хуримтлуурыг ашиглахаар дурдсан бол хоёр дахь үе шатанд устөрөгчийн технологи руу шилжихээр тусгажээ. Төрөөс эрчим хүчний талаар баримтлах бодлогыг хэрэгжүүлэхийн тулд дунд хугацааны үндэсний хөтөлбөр (2018-2023)-ийг 2018 оноос хэрэгжүүлж байна. Энэхүү хөтөлбөр нь дээрх бодлогын зорилтод хүрэхийн тулд хэд хэдэн төслүүдийг хэрэгжүүлэхээр тусгасан. Сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсгүүрүүдийг нэмэгдүүлэх хүрээнд 100 МВт чадалтай эрчим хүч хуримтлуурын төслийг хэрэгжүүлэхээр төлөвлөсөн ч технологийн сонголтыг нарийвчлан заагаагүй байна.

Эрчим хүчний системд сэргээгдэх эрчим хүчийг өргөнөөр нэвтрүүлэхийн тулд нийт суурилагдсан хүчин чадлын хамгийн багадаа 10%-ийг усан цахилгаан станц хангах шаардлагатай. Түүнчлэн, сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрүүд нь суурилагдсан хүчин чадлын 20 хүртэлх хувийг 2023 онд, 30 хүртэлх хувийг 2030 онд бүрдүүлэх хэрэгтэй (Оюунчимэг нар, 2020). Үүнийг нарийвчилбал, Төрөөс эрчим хүчний талаар баримтлах бодлого (2015)-д тусгасанчлан 675 МВт-ын усан, 354 МВт салхин, 145 МВт нарны цахилгаан станцыг тус тус нэмж суурилуулах шаардлагатай (Д.Баясгалан, 2021). Сэргээгдэх эрчим хүчний төсөл хэрэгжүүлэлтэд сүүлийн үед гарч буй эерэг чиг хандлагуудын зарим хэсэг нь сэргээгдэх эрчим хүчний тухай хуулийн дагуу ажил хэрэг болж буй зохицуулалтын арга хэмжээний үр дүн юм. Тус хуульд сүлжээнд холболттой нар болон салхины үүсгүүрүүдэд чиглэсэн дэмжих тарифыг тусгасан. Энэхүү хуульд анх 2015 онд өөрчлөлт оруулсан ба хамгийн сүүлд 2019 онд дэмжих тарифыг бууруулж, байршил, чадал болон технологиос хамааруулах буюу сонгон шалгаруулалтын тогтолцоонд шилжих талаар тусгасан (Ханс нар, 2020; REN21, 2020). Энэхүү өөрчлөлтүүдээс өмнөх хуулийн хэрэгжилтийн үр дүнд 2019 онд сэргээгдэх үүсгүүрүүд (нар, салхи) нь нийт суурилагдсан хүчин чадлын 17%-д хүрч, мөн тус оны цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэлийн 8%-г хангасан байна. (Д.Баясгалан, 2021).

Дунд хугацааны (хоёр дахь үе) шатанд Монгол улс үр ашигтай бөгөөд байгаль орчинд ээлтэй технологиудаар үйлдвэрлэсэн цахилгаан эрчим хүчийг хөрш орнуудад экспортлох зорилготой. Энэ ажлын хүрээнд Орос болон Хятад улстай хамтын ажиллагааг эхлүүлэн, дотоодын нүүрсний нөөц дээр тулгуурлан нүүрсний цахилгаан станцын суурилагдсан чадлын хэмжээг нэмэгдүүлэхээр зорьж байна. Сэргээгдэх эрчим хүчний хувьд, Азийн супер сүлжээ санаачилгын нэг хэсэг болох “Gobitech” төслийн хэрэгжүүлэлтийн дагуу Монгол улсын говь нутгийн нар салхины арвин нөөцийг ашиглан эрчим хүч үйлдвэрлэж, зүүн хойд Азийн орнууд руу экспортлох төлөвлөгөөтэй юм (Оюунчимэг нар, 2020).

Уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөө болон хүлэмжийн хийн ялгаруулалтын хувьд, Монгол улс Нэгдсэн үндэсний байгууллагын уур амьсгалын өөрчлөлтийн суурь конвенцод нэгдэн, Үндэсний тодорхойлсон хувь нэмрийн зорилт (NDC)-ыг 2020 онд боловсруулан конвенцын нарийн бичгийн газарт хүргүүлсэн ба үүнд хүлэмжийн хийн ялгарлыг 2030 он гэхэд эдийн засгийн хөгжлийн өнөөгийн сценари (BAU)-тай харьцуулахад 22.7% бууруулахаар тусгажээ. Үүгээр зогсохгүй, нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахын сацуу хог хаягдлыг эрчим хүч болгон хувиргах гэх мэт бусад болзолт арга хэмжээнүүдийг хэрэгжүүлбэл хүлэмжийн хийн ялгарлын бууралт 2030 он гэхэд 27.2% хүргэх боломжтой юм. Үндэсний тодорхойлсон хувь нэмэрт тусгагдсан зорилтууд нь үндэсний хөгжлийн бодлогын баримт бичгүүдтэй нийцтэй бөгөөд эрчим хүч, хөдөө аж ахуй болон хог хаягдлын салбарт хийгдэх ялгарлыг бууруулах арга хэмжээний тусламжтай хэрэгжих юм.

Дээр дурдсанаас үүдэн, ногоон устөрөгч нь Монгол улсын эрчим хүч болон уур амьсгалын суурь бодлогын зорилтот хэсэг биш боловч сэргээгдэх эрчим хүчийг нэмэгдүүлэх болон хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах зорилгын хүрээнд ашиглагдах боломжтой юм. Энэхүү судалгаагаар үүнийг дэлгэрүүлэн хэлэлцэнэ.

1.3 Зорилго ба зорилтууд

Энэхүү судалгааны зорилго нь ногоон устөрөгчийг Монгол улсад нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулахад ашиглах боломж бололцоог тодорхойлох юм. Түүнчлэн, Монголын нөхцөлд ногоон устөрөгчийг хэрэглээнд нэвтрүүлэхэд шаардлагатай эрчим хүчний үүсгүүрүүдэд нарийн дүн шинжилгээ хийх замаар эрчим хүчний төлөвлөлт болон бодлогын суурийг тавихаар зорьсон.

Үүний тулд дараах асуултуудад хариулах юм.

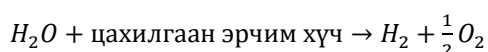
- Монгол улсад ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн болон хэрэглээний техник эдийн засгийн боломж нь юу вэ?
- Энэхүү нөөц бололцоог ашиглахад эрчим хүчний салбарын хөгжилд тавигдах шаардлагууд болон боломжууд юу вэ?
- Технологи хэрэгжүүлэхэд бодлогын ямар дэмжлэг шаардлагатай вэ?
- Хэрэгжүүлэлтийг урамшуулж дэмжих ямар бодлого зохицуулалт байж болох вэ?

2 Ногоон устөрөгчийг нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад ашиглах боломж

Ирээдүйд нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулахад ногоон устөрөгч нь чухал үүрэгтэй оролцох тухай өргөнөөр хэлэлцэж байна. Ногоон устөрөгчийн үзүүлэх үр нөлөө нь эцэслэн тогтоогдоогүй хэдий ч үйлдвэрлэлийн зардлыг бууруулах болон салбар бүрийн хэрэглээнд нэвтрүүлэх техникийн боломжууд нэмэгдсээр байна. Энэ бүлэгт устөрөгчийг үйлдвэрлэх арга аргачлалуудыг товч танилцуулж, ногоон устөрөгчийг өргөн хэрэглээнд нэвтрүүлэхэд учирч буй саад бэрхшээлүүдийг хэлэлцэнэ.

2.1 Ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэх аргачлал

Устөрөгчийг хамгийн анх 1910-аад онд аммонийн синтезэд ашиглах буюу эрчим хүч үйлдвэрлэлийн бус зорилгоор хэрэглээнд нэвтрүүлж байжээ (Пудлик, Сейфанг болон Франке, 2021). Харин энэхүү судалгаа нь ногоон устөрөгчийн хэрэглээ рүү шилжихэд төвлөрч буйгаараа дээрхээс ялгаатай юм. Түүхийн хувьд авч үзвэл устөрөгчийг ихэвчлэн байгалийн хий болон нүүрс буюу шатах түлшнээс гарган авч, устөрөгчөөс хамааралтай үйлдвэрлэлд химийн урвалж гэх мэт тодорхой нөхцөлд ашиглаж байв. Өнөөгийн байдлаар ч устөрөгчийн 96%-ийг нүүрстөрөгчийн өөр өөр агууламжтай шатах түлшний төрлүүдээс гарган авч байна. (ОУСЭХА, 2020в – IRENA, 2020с). Устөрөгчийг үйлдвэрлэх эрчим хүчний эх үүсвэр болон арга замаас нь хамааруулан ихэвчлэн саарал, цэнхэр, ногоон-цэнхэр болон ногоон гэж ангилдаг. Саарал устөрөгч гэдэг нь метан болон нүүрсийг хийжүүлж гарган авдаг бол цэнхэр устөрөгч нь сааралтай ижил орц найрлага ашиглах боловч нүүрстөрөгчийг шүүж хадгалах технологи ашигладаг. Метаныг пиролизийн урвалд оруулан гаргаж авсан бол ногоон-цэнхэр устөрөгч гэнэ. Шатах түлшнээс зуун хувь ангид устөрөгчийг ногоон устөрөгч гэх ба зөвхөн сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрүүдээс үйлдвэрлэсэн цахилгаан ашиглаж, электролизын урвалын тусламжтай гаргаж авдаг (ОУСЭХА, 2020а – IRENA, 2020а). Илэрхийлэл 1-д харуулсанчлан, усны молекулыг устөрөгч болон хүчилтөрөгч болгон задлах химийн урвалын дүнд ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэдэг.



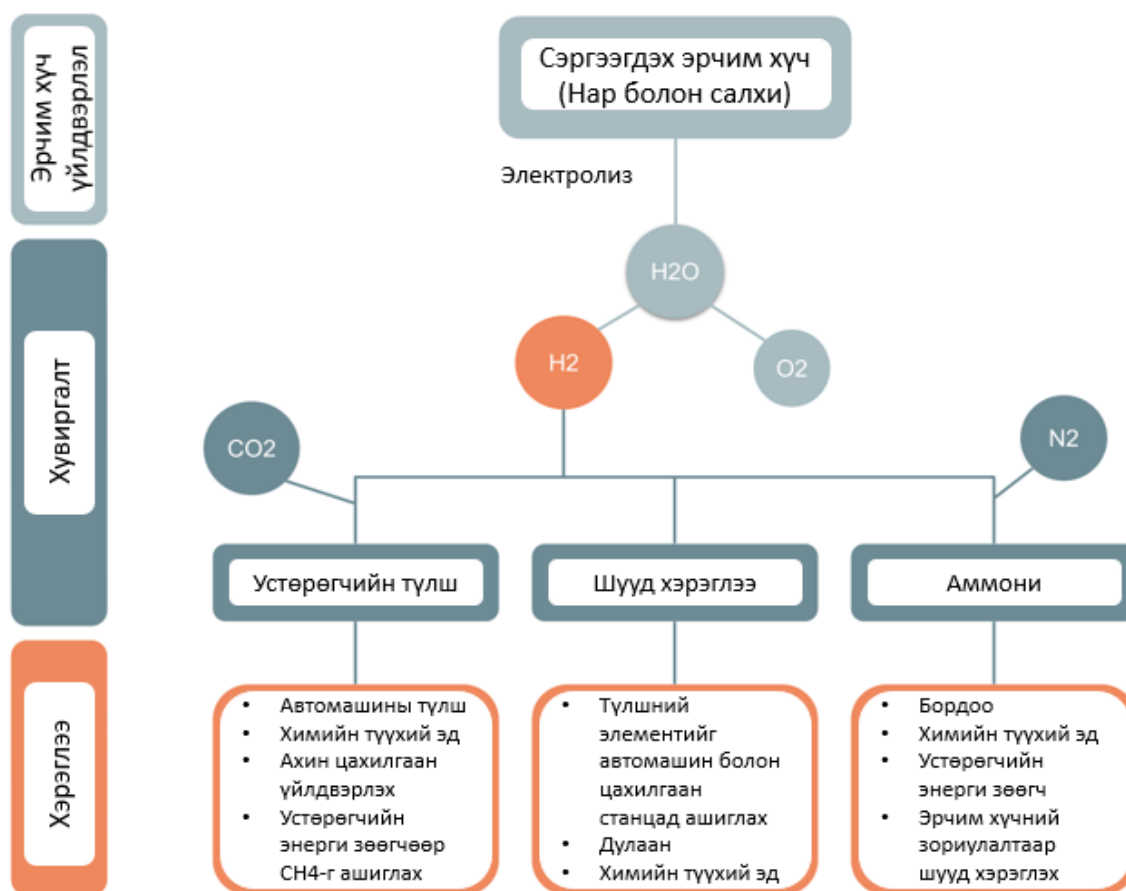
Илэрхийлэл 1

Энэхүү процессыг цахилгаанаар явуулж, электролизатороор эрчимжүүлдэг. Процессын оролтын энергийг цахилгаан үйлдвэрлэх цэвэр технологиор хангах тул хүлэмжийн хий ялгаруулахгүй ба үүнийг ногоон устөрөгч гэнэ. Хэрэглээнээс хамааран устөрөгчийг шууд хэрэглэх эсвэл бусад энергийн хэлбэрт хувиргаж болно (Зураг 1). Шууд хэрэглээ гэдэг нь хэрэгцээ шаардлага үүссэн үед устөрөгчийг түлшний элементэд нийлүүлж цахилгаан үйлдвэрлэхийг хэлнэ. Устөрөгчийг мөн үйлдвэрлэлийн процесст түүхий эд болгон шууд ашигладаг.

Түүнчлэн, бусад өөр төрлийн процессуудын тусламжтайгаар нүүрстөрөгчийг (ихэвчлэн CO₂) оролтод ашиглан, устөрөгчөөр нийлэг (шатах) түлш үйлдвэрлэж, улмаар авто тээврийн салбарт уламжлалт шатах түлшийг орлуулан ашиглаж болно. Энэхүү процессыг цахилгаанаар шингэн түлш үйлдвэрлэх хэмээн томъёолдог. Нийлмэл түлш үйлдвэрлэх процесст ашиглах CO₂-г 3 гол эх үүсвэрээс авдаг ба эдгээр нь шууд агаар мандлаас авах, үйлдвэрлэлийн процессоос ялгарах утааг ашиглах болон биомассыг устөрөгчжүүлэх юм. Эдгээр эх үүсвэр тус бүр нь тогтвортой байдал, технологийн чадамж болон өртөг зардалтай хамаарал бүхий сорилтуудтай тулгардаг. Нийлэг түлшийг шатаахад түүнд агуулагдаж буй нүүрстөрөгч нь агаар мандалд ахин цацагдах тул нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтгүй гэсэн ангилалд хамрагдахын тулд тогтвортой эх үүсвэрүүдээс нүүрстөрөгчийг авах шаардлагатай. Иймд, шатах түлшийг ашигладаг цахилгаан станцын утаанаас гарах буюу эргэх холбоо бүхий нүүрстөрөгчийг нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтгүй гэж авч

үзэхгүй. Мөн, утаат хийг ашиглах нь шатах түлш ашигладаг процессуудаас орлого олох боломжийг нэмэгдүүлэх буюу шатах түлшний хэрэглээг урамшуулах сөрөг үр дүнд хүргэнэ. Үүний оронд, тогтвортой нийлэг түлшинд агаараас шууд авсан эсвэл тогтвортой биомассыг устөрөгчжүүлэн гарган авсан нүүрстөрөгчийг ашиглах хэрэгтэй юм. Энэхүү 2 процесс нь технологи хөгжүүлэлт, өртөг зардал болон биомассын тогтвортой нөөц хангамж зэргээс үүдэх саад бэрхшээлтэй тулгардаг.

Агаар мандлаас шүүн авсан азотыг (N_2) ашиглан, устөрөгчийг аммонид (NH_3) хувиргах боломжтой. Энэхүү процессыг цахилгаанаар аммони гарган авах гэж нэрлэдэг. Аммонийг үйлдвэрлэлийн процесст химийн түүхий эд болон аммонийн нитрат байдлаар бордоо болгон ашигладаг. Устөрөгчийг практикт хол зайд тээвэрлэхэд тохиромжгүй тул устөрөгчийн энерги зөөгч байдлаар аммонийг ашиглаж болно. Үүнийг ахин катализатороор N_2 болон H_2 -д хувиргах мөн эрчим хүчний зориулалтаар хатуу оксидын түлшний элемент, дотоод шаталтат хөдөлгүүр болон хийн турбинд шууд ашиглаж болно (Гиддей нар, 2017).



Зураг 1. Ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэл болон хэрэглээ.

2.2 Ногоон устөрөгчийг өргөн хэрэглээнд нэвтрүүлэхэд тулгарч буй бэрхшээлүүд

Аливаа зүйлд давуу болон сул тал аль аль нь байдаг билээ. Устөрөгчийн хувьд олон боломжит хэрэглээ, хувиргалтын технологийн сонголтууд болон эрчим хүчийг урт хугацаанд хадгалах боломжтой зэрэг нь ногоон устөрөгчийг ашиглахад уян хатан энерги зөөгч гэсэн давуу талыг буй болгодог. Түүнчлэн, түүний энергийн нягт өндөр тул зарим тохиолдолд батарей зэрэг бусад эрчим

хүч хуримтлууртай ашиглахад тохиромжтой болгоно. Гэвч, устөрөгчийн үр ашигтай хэрэглээг бий болгоход хэд хэдэн хүндрэлүүд хязгаарлалт үүсгэдэг (ОУСЭХА, 2020в – IRENA, 2020с). Энэ бүлэгт ногоон устөрөгчийн хэрэглээг нэвтрүүлэхэд тулгарч буй голлох саад бэрхшээлүүдийг тоймлож хүргэнэ.

Эдийн засгийн саад бэрхшээл

Ногоон устөрөгчийг хэрэглээнд өргөн нэвтрүүлэхэд тулгарч буй гол саад нь шатах түлштэй үнийн хувьд өрсөлдөхүйц байх явдал бөгөөд үүнийг үндсэн 4 хүчин зүйл болох: сэргээгдэх эрчим хүчний өртөг, цахилгаан станц ажиллах үеийн бүтээмжийн фактор, электролизатор болон тээвэрлэлтийн зардалтай холбон авч үздэг (Лиэбрейх, 2020). Ногоон устөрөгчийн электролизаторын өртөг зардал чухал боловч сүүлийн үеийн судалгаагаар түүний үнийн өрсөлдөх чадамжид хамгийн их нөлөөлөх хүчин зүйл нь сэргээгдэх эрчим хүч үйлдвэрлэх зардал болохыг харуулж байна (Лиэбрейх, 2020). Түүнчлэн, устөрөгчийн эцсийн үнэ нь цахилгааны зардлаас хамаарах буюу нэгж килограммын үнэ нь цахилгаан станцын бүтээмжийн фактортай шууд хамааралтай.

Бүтээмжийн фактор бага байх нь устөрөгч үйлдвэрлэл бүрэн чадлаар цөөн цаг явагдах, улмаар гаралтыг бууруулна. Энэ нь цөөн тооны устөрөгчийн модульд электролизаторын хөрөнгө оруулалтын зардал ногдоно гэсэн үг. Харин бүтээмжийн фактор өндөр байх нь устөрөгчийн гаралтыг нэмэгдүүлж, электролизаторын хөрөнгө оруулалтын зардлаас устөрөгчийн эцсийн үнэд үзүүлэх нөлөөллийг багасгана. Иймд, бүтээмжийн фактор өндөр байхад цахилгааны зардал нь устөрөгчийн өртөгт өндөр нөлөө үзүүлнэ. Өнөөгийн байдлаар электролизаторын хөрөнгө оруулалтын зардал нь харьцангуй өндөр¹ байгаа тул ногоон устөрөгч нь саарал устөрөгчтэй өрсөлдөхүйц хэмжээнд хүрэхийн тулд цахилгааны зардлыг бага (20 ам. доллар/МВт.ц) байлгах шаардлагатай (ОУСЭХА, 2020а – IRENA, 2020а).

Цахилгаан станцын үйл ажиллагаа явуулах бүтээмжийн фактор нь сэргээгдэх эрчим хүчний чанараас хамаарна. Ийм учраас нар болон салхины арвин нөөцтэй, нэн ялангуяа эдгээр нөөцүүдийг нэгэн зэрэг ашиглах бололцоотой үед ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэл нь өртөг зардлын хувьд хамгийн үр ашигтай байна. Гэвч бүтээмжийн фактор нь электролизаторын төрлөөс мөн хамаардаг. Өдгөө 2 өөр төрлийн буюу шүлтийн болон протон солилцох мембран бүхий электролизаторыг түгээмэл ашиглаж байна. Шүлтийн электролизатор нь илүү өндөр түвшинд хөгжсөн ба үйлдвэрлэлийн зардал бага. Гэвч, түүний үйл ажиллагаа нь харьцангуй тогтмол буюу цахилгаан үйлдвэрлэлийн дээш доош савлалтыг дагахад төвөгтэй. Протон солилцох мембран бүхий технологи нь төдийлөн сайн хөгжөөгүй боловч цахилгаан үйлдвэрлэлийн хэлбэлзлийг дагах чадвартай. Ачааллын фактор болон электролизаторын төрлөөс хамааран системийн нийт ашигт үйлийн коэффициент нь өнөөгийн байдлаар 60-81% байна (ОУСЭХА, 2019– IRENA, 2019). Энэхүү бүлгийн төгсгөлд электролизаторуудын технологийн статус болон онцлог байдлын талаар хэлэлцэнэ.

Сэргээгдэх эрчим хүчний өртөг зардал буурсаар байгаа бөгөөд шатах түлшинд суурилсан эрчим хүч үйлдвэрлэлтэй үнийн хувьд өрсөлдөхүйц болж байна. Гадаад зардлыг тооцохгүйгээр өнөөдөр дэлхийн ихэнх хэсэгт сэргээгдэх эрчим хүчнээс цахилгаан үйлдвэрлэх нь шинэ нүүрсний цахилгаан станцынхаас хямд, мөн олон бүс нутгийн хувьд үйл ажиллагаагаа явуулж буй нүүрсний цахилгаан станцынхаас хямд болжээ (REN21, 2020). Тааламжтай нөхцөл дор, нарны болон салхин цахилгаан станцууд нь ойролцоогоор 15 ам. доллар/МВт.ц зардлаар цахилгаан үйлдвэрлэх бөгөөд цаашдаа буурах хандлагатай байна. Хэдий 20 ам. доллар/МВт.ц байлаа ч

¹ 2020 оны байдлаар шүлтийн электролизаторын хувьд 750-800 ам. доллар/кВт байсан.

нарны болон салхин цахилгаан станцаас үйлдвэрлэх зардал нь бусад үүсгүүрүүдээс гарах зардлын гуравны нэгтэй дүйнэ.

Сүүлийн жилүүдэд нар болон салхин эрчим хүчинд ажиглагдаж буйн адил электролизаторын хүчин чадлыг 2 дахин нэмэгдүүлэхэд зардал 20-иос багахан хувиар буурч байна. Хойд Америк болон Европт шүлтийн электролизаторын үнэ 2014-2019 оны хооронд 40% буурсан. Үүнээс ч илүү өөрчлөлт Хятадад ажиглагдсан нь барууны зах зээлтэй харьцуулахад үнэ өртөг нь 80%-аар бага байна (Блүүмбэрг шинэ эрчим хүчний санхүүжилт, 2020). Ашигт үйлийн коэффициентын сайжруулалт болон системийн оновчлолын тусламжтайгаар ойрын болон дунд хугацаанд үнэ өртөг буурсаар байх төлөвтэй байна. Устөрөгчийн зөвлөлөөс тооцоолсноор их хэмжээний үйлдвэрлэл болон технологийн дэвшлийн тусламжтай 2030 он гэхэд электролизаторын хөрөнгө оруулалтын зардал 60-80% буурах юм. (Устөрөгчийн зөвлөл, 2020 – Hydrogen Council, 2020). Эдгээр сайжруулалтын дагуу устөрөгч үйлдвэрлэлийн өртөг зардал буурсаар байна. Блүүмбэрг шинэ эрчим хүчний санхүүжилтээс гаргасан судалгааны дагуу 2030 он гэхэд дэлхийн олон бүс нутагт нэгж эрчим хүчний хувьд ногоон устөрөгч нь өнөөгийн байгалийн хийн өртөг зардалтай өрсөлдөхүйц сонголт болно гэжээ (Блүүмбэрг шинэ эрчим хүчний санхүүжилт, 2020). Түүнчлэн, олон улсын сэргээгдэх эрчим хүчний агентлагаас гаргасан судалгаанд ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн зардал өнөөгийн байдлаар 2.6-6.7 ам. доллар/кг байгаа бол дунд болон урт хугацаанд 1-3 ам.доллар/кг болох боломжтой талаар дурдсан. Ингэснээр ногоон устөрөгч нь цэнхэр устөрөгчтэй өрсөлдөхүйц болно (ОУСЭХА, 2020в – IRENA, 2020с). Устөрөгчийн зөвлөлөөс гаргасан өөр нэгэн судалгаанд сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн таатай нөхцөл дор өртөг зардал нь 2020-иод оны эхээр 2.5 ам. доллар/кг болж, 2025 он гэхэд 1.9 ам.доллар/кг, 2030 онд 1.2 ам.доллар/кг болох боломжтой гэж дурджээ. (Устөрөгчийн зөвлөл, 2020 – Hydrogen Council, 2020). Өөрөөр хэлбэл, нар салхины тааламжтай нөхцөлд сэргээгдэх эрчим хүчийг түгээн дэлгэрүүлж, мөн устөрөгч үйлдвэрлэх ашигт үйлийн коэффициентийг нэмэгдүүлснээр 2025 он гэхэд ногоон устөрөгч нь цэнхэр устөрөгчтэй үнийн хувьд өрсөлдөхүйц хэмжээнд хүрэх боломжтой.

Гэвч, ногоон устөрөгчийн эцсийн үнэ нь зөвхөн үйлдвэрлэлийн оновчлол төдийгүй бусад шалгууруудтай нүүр тулж буй бөгөөд тухайлбал хадгалалт болон тээврээс мөн хамаарна. Хадгалалт болон тээврээс үүсэх нэмэлт зардал нь эзлэхүүн, туулах зай болон энерги зөөгчийн сонголтоос хамааран хувьсах бөгөөд энэ талаар дараагийн дэд бүлэгт тайлбарлана.

Хадгалалт болон тээвэрлэлт

Устөрөгчийн эцсийн хэрэглээ болон байршлаас хамааран, устөрөгчийг хадгалах болон тээвэрлэх олон арга зам байдаг ба тэдгээрийн зарим нь бусдаасаа илүү үр ашигтай байна. Хэвийн атмосферийн нөхцөлд устөрөгчийг газар доорх зооринд өндөр даралттай танканд хий төлөвт, мөн нам температурт шингэн төлөвт хадгалдаг. Гэвч устөрөгчийн нягт бага тул түүнийг шахахад нэмэлт энерги шаардагддаг бөгөөд улмаар хадгалалт болон тээвэрлэлт нь шатах түлштэй харьцуулахад хүндрэлтэй болдог байна. Устөрөгчийг бусад энерги зөөгч рүү хувиргахгүйгээр, шахаж, тусгай зориулалтын саванд хадгалах ба тэдгээрийг ачааны машинаар зөөдөг. Мөн хий байдлаар хоолойгоор дамжуулах эсвэл аммони зэрэг бусад энерги зөөгч рүү хувирган илүү практик байдлаар тээвэрлэх боломжтой.

Нягт багатай тул шахсан устөрөгчийг хол зайд тээвэрлэх нь оновчгүй болох нь батлагдсан. Эдгээр тохиолдолд устөрөгчийг аммони эсвэл нийлэг түлш зэрэг боломжит энерги зөөгчид хувиргах нь бодит байдалд илүү дөхөм шийдэл юм. Хэдийгээр хувиргалтын алхам бүрд нэмэлт энерги шаардаж, ашигт үйлийн коэффициентын алдагдал үүсэх боловч хол зайд илүү үр дүнтэй тээвэрлэх тул эргээд нөхөгдөх юм.

Устөрөгчийг шингэрүүлэх боломжтой бөгөөд ингэснээр эзлэхүүн багасах боловч эрчим хүчний хэрэглээ нь нэмэгдэнэ. Атмосферийн нөхцөлд устөрөгч нь -253°C -аас нам температурт шингэрдэг. Хөргөлтийн болон шахаж, хийжүүлэхэд тавигдах шаардлага өндөр тул устөрөгчийг шингэрүүлэх нь ихэнх тохиолдолд түүнийг үйлдвэрлэхээс илүү өртөгтэй байдаг (Блүүмбэрг шинэ эрчим хүчний санхүүжилт, 2020).

Устөрөгчийг хол зайд тээвэрлэх хамгийн үр өгөөжтэй хэлбэр нь шугам хоолой ашиглах байж болзошгүй. Шугам хоолойн дэд бүтэц хөгжсөн бүс нутгуудын хувьд энэ нь нэн боломжит сонголт юм. Техникийн хувьд, устөрөгч тээвэрлэхэд одоо байгаа байгалийн хийн дэд бүтцийг ашиглаж болох ч шугам хоолойг засаж сайжруулах хэрэгтэй (ОУСЭХА, 2020в – IRENA, 2020с). Байгалийн хийн дэд бүтэц хөгжөөгүй бүс нутагт энэхүү шийдэл нь эдийн засаг болон цаг хугацааны хувьд хүндрэлтэй тул урт хугацааны зорилт тавих эсвэл устөрөгчийг их хэмжээгээр үйлдвэрлэн, экспортлохоор тэмүүлж буй улс орнуудад тохиромжтой байж болох юм (Устөрөгчийн зөвлөл, 2020 – Hydrogen Council, 2020).

Иймд, түгээлтийн оновчтой хувилбар нь үйлдвэрлэлийн хүчин чадал, эцсийн хэрэглэгч хүртэлх зай зэргээс буюу тухайн нөхцөл байдлаас хамаарна. Ерөнхийдөө, устөрөгчийг хэрэглэгчтэй ойр үйлдвэрлэх нь тээвэрлэлтийг бууруулж, улмаар зардал болон хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх нөлөөллийг хамгийн бага байлгах юм. Өртөг зардлын үүднээс авч үзвэл, Устөрөгчийн зөвлөлөөс гаргасан судалгаанд устөрөгчийг шахаж, хийжүүлэх нь богино зайд хамгийн ашигтай байх бол хол зайд (300-400 км) шингэрүүлэх нь илүү эдийн засгийн ашигтай байхыг тогтоожээ (Устөрөгчийн зөвлөл, 2020 – Hydrogen Council, 2020). Нарийвчлан авч үзвэл, Блүүмбэрг шинэ эрчим хүчний санхүүжилтээс хийсэн судалгаанд зайнаас хамааран шахаж, компресслэсэн устөрөгчийг дотоодод тээвэрлэхэд 0.65-1.73 ам. доллар/кг байхыг тооцоолсон. Шахсан эсвэл шингэрүүлсэн органик устөрөгчийг хот дотор тээвэрлэхэд 0.96-3.87 ам. доллар/кг байх бол шингэрүүлсэн органик устөрөгчийн тив дамнасан тээврийн хувьд 3.87-6.70 ам.доллар/кг байх боломжтой (Блүүмбэрг шинэ эрчим хүчний санхүүжилт, 2020).

Бас нэг өөр шийдэл нь устөрөгчийг тээвэрлэхийн оронд түүнийг үйлдвэрлэхэд шаардагдах цахилгааныг дамжуулах юм. Устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг эцсийн хэрэглэгчтэй ойр байлгаснаар тээвэрлэлтийг бууруулж болох ч цахилгаан дамжуулах болон түгээх зардал нэмэгдэнэ. Мөн сэргээгдэх эрчим хүчний нөөцийн газар зүйн тархалтаас хамаарна.

Технологийн саад бэрхшээлүүд – электролизатор

Өнөөгийн байдлаар технологийн үзүүлэлт болон хөгжлийн түвшнээрээ ялгаатай электролизаторын 4 үндсэн технологи байгаагаас 2-ыг нь буюу шүлтийн болон протон солилцох мембран бүхий электролизаторыг өргөнөөр ашиглаж байна. Харин хатуу оксид түлшний элементийн болон анион солилцох мембран бүхий электролизатор нь төдийлөн сайн хөгжөөгүй буюу цөөн тооны компаниуд тэдгээрийг зах зээлд нэвтрүүлж байна. Гэвч технологи бүрд өөр өөрийн саад бэрхшээл байдаг тул нэг сонголтыг нөгөөгөөс дээгүүр авч үзэхэд тохиромжгүй байна (ОУСЭХА, 2020б – IRENA, 2020b). Электролизаторын хувьд тулгарч буй голлох саад бэрхшээлүүд нь өртөг зардал, хэмжээг нь тохируулах боломж болон системийн ашигт үйлийн коэффициент зэрэг байна. Хүснэгт 1-т эдгээр технологиудын түлхүүр үзүүлэлт болох хөгжлийн түвшин, давуу болон сул тал зэргийг үзүүлэв.

Хүснэгт 1. Зах зээлд бэлэн байгаа электролизаторын технологиудын түлхүүр үзүүлэлтүүд.

Электролизатор	Хөгжлийн түвшин	Давуу тал	Сул тал
Шүлтийн	Худалдаанд гарсан	<ul style="list-style-type: none"> • Үйлдвэрлэхэд харьцангуй хялбар • Урт насжилт 	<ul style="list-style-type: none"> • Цахилгаан үйлдвэрлэлийн хэлбэлзлийг дагахад хүндрэлтэй • Бусад электролизатортой харьцуулахад ашигт үйлийн коэффициент бага
Протон солилцох мембран бүхий	Худалдаанд гарсан	<ul style="list-style-type: none"> • Ашигт үйлийн коэффициент өндөр • Уян хатан – тасалдалттай эрчим хүчний үйлдвэрлэлд хариу үзүүлэх чадвар өндөр • Зарим тохиолдолд хэт ачаалал даахаар зохиомжлогдсон (чадлын 160%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Титан дээр суурилсан материал, үл зэврэх метал катализатор болон хамгаалах бүрхүүл шаардагдах тул үнэтэй технологи • Хэмжээ тохируулах боломж болон насжилтыг бататган, хянан магадлах шаардлагатай
Хатуу оксид түлшний элементийн	Лабораторийн түвшинд	<ul style="list-style-type: none"> • Хямд материалууд болон цахилгаан бага шаардаг • Эрчим хүчний хэрэгцээний зарим хэсгийг хангахад хаягдал дулааныг нөхөн сэргээн ашиглах боломжтой • Түлшний элемент болгон ашиглах боломжтой • Нийлэг түлш үйлдвэрлэхэд тохиромжтой 	<ul style="list-style-type: none"> • Бусад электролизатортой харьцуулахад ашиглалтын хугацаа богино • Технологийн саадуудыг шийдвэрлэх хэрэгтэй
Анион солилцох мембран бүхий	Лабораторийн түвшинд	<ul style="list-style-type: none"> • Шүлтийн болон протон солилцох мембран бүхий электролизаторын давуу талуудыг хамтатган агуулсан • Өндөр ашигт үйлийн коэффициенттой, энгийн загвар • Үл зэврэх материал шаардлагагүй 	<ul style="list-style-type: none"> • Технологийн бэрхшээлүүдтэй тулгарсаар байна

Үнэ өртгийн хувьд, шүлтийн электролизатор нь өдгөө хамгийн үр ашигтай технологи боловч протон солилцох мембран бүхий электролизаторын үнэ өртөг нь сүүлийн жилүүдэд буурч байгаа бөгөөд цаашдаа ч буурах төлөвтэй байна (ОУЭХА, 2019 – IEA, 2019). Протон солилцох мембран

бүхий электролизаторын үнэ өндөр байгаа нь түүнд ашиглагддаг үл зэврэх материалтай холбоотой. Хатуу оксид түлшний элементийн технологи нь керамикийг электролитээр ашигладаг тул материалын зардал нь харьцангуй бага юм (О ОУЭХА, 2019 – IEA, 2019). Гэвч, материалын зардлаас гадна электролизаторын насжилт нь түүний өртөг зардалд нөлөөлдөг. Энэ талаас авч үзвэл, шүлтийн электролизатор нь протон солилцох мембран бүхий электролизатортой харьцуулахад насжилт удаан гэсэн давуу талтай ба энэ нь ирэх арван жилд ч гэсэн үргэлжлэх төлөвтэй байна.

Электролизаторын үнэ өртгийг бууруулж, техникийн саад тотгоруудыг даван гарахын тулд электролизаторын системийн хүчин чадлыг тохируулдаг болох шаардлагатай. 2015 оноос хойш цахилгаан станцуудын чадлын хэмжээ жилд аравтын зэргээр нэмэгдсэн. Өдгөө ердийн цахилгаан станцуудын хүчин чадал 0.1-1 МВт байгаа бол зарим төслүүдэд 10-20 МВт хүрч, 100-200 МВт-ын цар хүрээтэй станцууд хэлцлийн түвшинд явж байна.

Усны чанар ба хүртээмж

Устөрөгчийн үйлдвэрлэлд ус нь амин чухал түүхий эд тул ногоон устөрөгчийн аливаа төсөл болон стратегийн хэрэгжүүлэлтийн хүрээнд, ялангуяа усны хомсдолтой бүс нутгуудад, усны чанар болон хүртээмжийг үнэлэх хэрэгтэй байдаг. Стехиометрийн үндсээр авч үзвэл, 1 кг устөрөгч үйлдвэрлэхэд 9 кг ус шаардагдах (Оэстэрхолт, 2016) ба 8 кг хүчилтөрөгч дагавар бүтээгдэхүүн болж ялгардаг (ОУЭХА, 2019 – IEA, 2019). Гэвч электролизын процесст усыг мөн хөргөгч бодисоор ашигладаг тул нийт усны хэрэглээ нэмэгддэг. Олон улсын эрчим хүчний агентлагийн хийсэн судалгааны дагуу хөргөх болон усыг эрдэсгүйжүүлэх зэрэгт тавигдах нэмэлт шаардлагуудыг авч үзвэл 1 кг устөрөгчид зарцуулагдах нийт усны хэмжээ нь 18-24 кг байна (ОУЭХА, 2020б– IEA, 2020b). Гэвч сүүлийн үеийн судалгаагаар өөр өөр нөхцөл дор усны хэрэгцээ их хэмжээгээр өөрчлөгддөг болохыг тогтоожээ. Жишээлбэл: ногоон устөрөгчийг нарны фото цахилгаан үүсгүүрээс үйлдвэрлэсэн эрчим хүчээр гарган авахад 1 кг-д нь 22-126 литр ус шаардлагатай. Учир нь нарны дэлгэцүүдийг цэвэрлэхэд мөн ус шаардагдана (Шиаб, Лиано болон Ли, 2020).

Усны хэмжээнээс гадна, электролизын процесст оролцох усны хувьд тодорхой шаардлага тавигддаг. Процесст ашиглаж буй усны цэвэр байдлыг хангахын тулд ионоос ангижруулж, ихэвчлэн урьдчилан боловсруулалт хийдэг (Оэстэрхолт, 2016). Электролизаторын төрлөөс хамаарч усны цэвэр байдалд тавигдах шаардлага өөрчлөгддөг хэдий ч бохир ус нь электролизаторын насжилтад үлэмж хэмжээгээр нөлөөлж, улмаар устөрөгчийн үнэд ч нөлөө үзүүлнэ (ОУЭХА, 2020б– IEA, 2020b). Гэсэн ч ус цэвэршүүлэх зардал нь устөрөгчийн үнэд багаар нөлөөлдөг ба ойролцоогоор 1 ам. доллар/м³ буюу нэг кг устөрөгчид 0.01 ам.доллар байдаг (ОУЭХА, 2020б– IEA, 2020b).

Ногоон устөрөгчид тавигдах усны шаардлага нь усны хомсдолтой бүс нутгуудад хязгаарлагч хүчин зүйл болох боловч бүс нутгийн онцлогоос хамааран шийдвэрлэх арга замууд байх магадлалтай. Түлшний элемент, суурин хэрэглээ болон тээврийн зориулалтаар устөрөгчийг ашиглахад дагавар бүтээгдэхүүн болж цэвэр ус гарах бөгөөд түүнийг дахин цуглуулж болно. Далай тэнгистэй ойр бүс нутагт, устөрөгчийн үйлдвэрлэлд давсгүйжүүлсэн усыг ашиглах боломжтой (Дресп нар, 2019). Харин бусад тохиолдолд, шугам хоолойгоор усыг зөөвөрлөж болох ч ногоон устөрөгчийн төслийн хүрээнд усны хүрэлцээний үнэлгээг нарийн хийж, усны тэнцвэртэй байдлыг хангах шаардлагатай.

3 Монгол улсын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад устөрөгчийн үүрэг оролцоо

Энэ бүлэгт устөрөгчийн үйлдвэрлэл болон хэрэглээнээс Монгол улсын эрчим хүчний салбар болон эцсийн хэрэглээнд үүсэх боломж, үүрэг болон нөлөөллийг судална. Эрчим хүчний бүрэлдэхүүн хэсэгт шинэ энерги зөөгчийг нэвтрүүлснээр эрчим хүч хэрхэн хэрэглэгддэг бус мөн хэрхэн үйлдвэрлэгдэж, түгээгддэг талаар буюу нийлүүлэлтийн гинжин хэлхээнд бүтцийн өөрчлөлт үүснэ.

Нийлүүлэлт талаас, устөрөгчийн үйлдвэрлэлээс үүдэн цахилгаан болон дулааны сүлжээнд үзүүлэх шууд нөлөөлөл, эрчим хүчний аюулгүй байдал мөн сэргээгдэх эрчим хүчний болон усны нөөц, тэдгээрийн газар зүйн тархалтад дүн шинжилгээ хийнэ (Бүлэг 3.1).

Эрэлт хэрэгцээ талд, Монгол улс дахь нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад хүндрэлтэй салбарт үзүүлэх нөлөөллийг буюу уул уурхайн салбарын тээвэрлэлт, олон нийтийн тээврийн хэрэгсэл болон барилгын халаалтын салбарыг хамруулан авч үзнэ (Бүлэг 3.2). Ийн дүн шинжилгээ хийж буй нь нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулах үндсэн зорилтын дор ногоон устөрөгчийг дээрх салбаруудад өргөнөөр дэлгэрүүлэх боломжийг судлах зорилготой.

Энэхүү судалгаа нь устөрөгчийн эрэлт болон нийлүүлэлт талд төвлөрөх тул устөрөгчийн хадгалалт болон тээврийн талаар авч үзэхгүй. Монгол улсад хийн шугам хоолойн дэд бүтэц байхгүй бөгөөд түүнийг шинээр үүсгэн хөгжүүлэх нь эдийн засгийн хувьд хэрэгжих боломжтой сонголт биш тул устөрөгчийг газраар тээвэрлэх хэрэгтэй болно.

Монгол улсын нөхцөлд устөрөгчийг ашиглах техник эдийн засгийн нөөц боломжийг тоон утгаар үнэлэхийн тулд Фраунхофер Систем болон Инновацийн судалгааны институтээс гаргасан судалгааг энэхүү тайланд (Пудлик, Сейфанг, Франке) ашигласан. Enertile загварчлалаар (Фраунхофер Систем болон Инновацийн судалгааны институт, 2021 - Fraunhofer ISI, 2021) тухайн бүс нутгийн болон орон нутгийн нөхцөлд сэргээгдэх эрчим хүч болон устөрөгчийг үйлдвэрлэх чадамж болон өртөг зардлыг тооцоолсон. Тухайлбал: усны зардлыг тооцоонд оруулсан. Дараах бүлгүүдэд 3 өөр салбарт хийгдсэн жишээ судалгааны үр дүнг танилцуулна. Зөвхөн ногоон устөрөгчийг авч үзэх тул хамгийн их чадал болон ачааллын горим нь мэдэгдэж байх электролизаторыг жишиг болгон авна. Эдгээр салбарын жишээ судалгаа нь Монгол дахь устөрөгчийн эрэлт хэрэгцээний боломжит ирээдүйн нөхцөл байдлыг тусгахаар хийгдсэн бөгөөд өнөөгийн болон бусад энерги зөөгчийг ашиглах үеийн дүр зураглалтай харьцуулна. Ингэхдээ, тусгайлан заагаагүй тохиолдолд зуучлалын худалдаа болон устөрөгчийг тээвэрлэх дэд бүтцийн хэрэгцээ шаардлага зэргийг тооцохгүй ба эцсийн хэрэглэгчид очих эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн өртөг дээр суурилан харьцуулалт хийнэ.

3.1 Эрчим хүчний үйлдвэрлэл

Монгол улсын хувьд хүлэмжийн хийн ялгаруулалт хамгийн өндөр салбар нь эрчим хүчний салбар бөгөөд 2018 онд улсын хэмжээний 54%-г (газар ашиглалт болон ойн талбайг оруулахгүйгээр) эзэлж байжээ (Ж.Гүтшов, А.Гүнтер, Л.Жеффери, Гиеесеке, 2021). Үндэсний тодорхойлсон хувь нэмрийг шинэчилж өөрчилсний дагуу, сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээг нэмэгдүүлж, дулааны цахилгаан станцын хэрэглээг бууруулснаар 2030 он гэхэд нийт хүлэмжийн хийн ялгарлын бууруулалтын 49%-г эрчим хүчний үйлдвэрлэл талаас бүрдүүлэх зорилготой (Монгол улсын засгийн газар, 2020). Эдгээрээс гадна, Монгол улсын эрчим хүчний системийн нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулахад ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэл болон хэрэглээ нь үүрэг хүлээж,

оролцох боломжтой. Гэвч үндэсний тодорхойлсон хувь нэмэрт ногоон устөрөгчийг боломжит арга шийдэл гэж дурдаагүй юм.

Монгол улсад ногоон устөрөгчийг хөгжүүлэх хүчин чармайлт, түүний өртөг зардал болон үр ашгийн дүн шинжилгээг тусад нь авч үзэх биш харин системийн хүрээнд өргөнөөр авч үзэн бусад нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулах шийдлүүдэд нэмэлт байдлаар тусгах хэрэгтэй. Түүнчлэн, уур амьсгалын өөрчлөлтийн эсрэг авчрах үр өгөөжөөс гадна, ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэл нь эрчим хүчний системд ялгарлын бус бусад ашиг тус авчрах тул тэдгээрийг дүн шинжилгээнд оруулах хэрэгтэй. Системийн өргөн цар хүрээнд устөрөгчийн ач холбогдол болон харилцан үйлчлэлийг авч үзэхгүй байх нь түүнийг хөгжүүлэхэд хязгаарлалт болж, эрчим хүчний систем дэх нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах том стратегид саад учруулж болзошгүй.

Энэхүү бүлэгт ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлээс эрчим хүчний үйлдвэрлэлд үзүүлэх нөлөөлөл болон харилцан үйлчлэлийг 3 өөр өнцгөөс хэлэлцэнэ. Эдгээр нь: цахилгаан ба дулаан хангамж дахь ач холбогдол, сүлжээнд холбогдох загварчлалаас (Ж: сүлжээнд холбогдсон болон бие даасан) хамаарч сүлжээнд үзүүлэх нөлөөлөл болон эрчим хүчний аюулгүй байдалд оролцох оролцоо юм. Энэ бүлэгт мөн усан хангамжийн хамаарлыг судална.

Цахилгаан ба дулаан хангамж

Монгол улс дахь эрчим хүчний гол хэрэглээ нь цахилгаан болон дулаан юм. Монгол улсын цахилгаан болон дулааны салбарт ногоон устөрөгчийг нэвтрүүлснээр үүсэж болох үр нөлөөг тоон болон чанарын үүднээс шинжилсэн. Үр дүнд нь Монгол улс дахь сэргээгдэх эрчим хүчний баялаг нөөцөөс цахилгаан үйлдвэрлэж, ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн электролизаторт ашиглах боломжтой гэж гарсан. Мөн эдгээрийг цахилгаан сүлжээнд холбогдсон хосолмол системийн бүрэлдэхүүн эсвэл сүлжээнд холбогдоогүй алслагдсан бүс нутагт бие даасан хэрэглээ байдлаар зохиомжилж болно. Түүнчлэн, цахилгаан болон дулааныг хамтад нь бус тус тусад нь үйлдвэрлэдэг болоход сэргээгдэх эрчим хүчний чадлыг нэн түрүүнд ихэсгэх хэрэгтэй гэдгийг тогтоосон.

Монгол улсын цахилгаан систем болон дулаан хангамж нь хоорондоо нягт холбоотой байдаг. Нүүрсээр галладаг дулааны цахилгаан станцууд нь цахилгаан үйлдвэрлэлд ноёрхдог. 2019 оны байдлаар, цахилгаан үйлдвэрлэлийн 90.6%-г нүүрсээр галлагаатай дулааны цахилгаан станц хангасан бол үлдсэн 9.4%-г нар, салхи, ус болон дизель үүсгүүрүүдээс хангажээ (Эрчим хүчний зохицуулах хороо, 2020а). Монгол дахь дулааны цахилгаан станцууд нь ерөнхийдөө ажиллагааны хувьд уян хатан биш бөгөөд цахилгаан биш дулааны хэрэгцээг, ялангуяа өвлийн оргил ачааллын үед хангахад чиглэн үйл ажиллагаагаа голчлон явуулдаг. Цахилгаан болон дулааны эрэлт хэрэгцээ нь үргэлж зэрэгцэн оршдоггүй тул энэхүү систем нь төвөгтэй юм. Монгол улсын засгийн газраас гаргасан Үндэсний тодорхойлсон хувь нэмрийн сүүлийн хувилбарт, хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах арга шийдлүүдийн хүрээнд дотоод дахь дулааны цахилгаан станцын хэрэглээг бууруулах талаар онцолсон (Монгол улсын засгийн газар, 2020).

Монгол улсын цахилгаан эрчим хүчний систем нь Баруун, Алтай-Улиастай, Төв, Зүүн болон Өмнөд бүс гэсэн 5 хэсгээс бүрддэг. Хол зай болон дамжуулах шугамын хүчин чадал бага байдлаас үүдэн эдгээр дэд системүүдийн хоорондох холболт нь хязгаарлагдмал бөгөөд улмаар нэгдмэл нэг систем болж ажилладаггүй. Төвийн бүсийн эрчим хүчний системд Монгол улсын нийслэл Улаанбаатар хот харьяалагддаг бөгөөд 7 дулааны цахилгаан станцаар дамжуулан суурь ачааллыг хангадаг. Төвийн, баруун болон зүүн бүсийн эрчим хүчний систем нь Оросын холбооны улсын сүлжээтэй холбогдсон тул эрчим хүч импортлон авах нөхцөлийг бүрдүүлсэн.

Монгол улсын цахилгаан болон дулаан хангамж нь хоорондоо нягт холбоотой байдаг нь аль аль салбар дахь нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад томоохон техникийн хүндрэл үзүүлдэг. Эдгээр салбаруудыг аажмаар нэг нэгнээс нь салгаж тусгаарлах нь тус салбар бүрийн нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулахад чиглэсэн шийдэл болон технологийг нэвтрүүлэхэд дөхөм болно. Жишээлбэл: ногоон устөрөгч хувь нэмэр үзүүлэх боломжтой юм.

Цахилгаан болон дулааныг зэрэг үйлдвэрлэдэг дулааны цахилгаан станцуудаас ялгаатай нь ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэл нь дулааны хэрэглээ болон (сэргээгдэх үүсгүүрүүдээс) цахилгаан үйлдвэрлэлийг салган тусгаарлах нөхцөл бүрдүүлнэ. Устөрөгчийн цахилгаан станцуудыг эрчимтэй суурилуулах нь энэхүү 2 салбарыг алгуураар нэг нэгнээс нь тусгаарлаж, тус салбар бүр дэх нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад чиглэсэн шийдлүүдийг хэрэгжүүлэх боломж бүрдүүлнэ. Мөн, дулаан хангамжийн дэд бүтцийг (үйлдвэрлэл болон дамжуулалтыг хамруулан) сэргээн засварлах нь тус салбарын хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах шийдлүүдийг эрж, хайх боломж үүсгэнэ. Дулаан хангамжийн дэд бүтцийг шинэчлэх шийдлүүд дунд устөрөгчийг ашиглах боломжийг хамруулан, авч үзэх хэрэгтэй.

Монгол улсын төвлөрсөн халаалтын систем нь хотын барилга байгууламжийн дийлэнхийг хамардаг ба найдваргүй, насжилт өндөртэй юм. Зарим дулааны цахилгаан станцуудын хувьд ашиглалтын хугацаанаас хэтэрчихсэн байхад ч үйл ажиллагаа явуулсаар байна (Карлиспе болон Певзнер, 2019). Системийн алдагдал өндөр тул ихэнх дамжуулах шугам сүлжээг яаралтай засварлах шаардлагатай байна. Өнөөгийн нүүрсэнд суурилсан халаалтын систем нь хүлэмжийн хийн ялгаруулалтад өндөр хувь нэмэр оруулдаг ба үр ашиг муутай дамжуулах сүлжээ болон дулаалга муутай барилгууд нь нөхцөл байдлыг улам хүндрүүлдэг.

Дулаан хангамжийн нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад оролцох устөрөгчийн үүрэг нь дулааны эцсийн хэрэглээнээс (Ж: барилга байгууламжийн төвлөрсөн халаалт, төвлөрсөн бус халаалт, үйлдвэрлэлийн дулаан) хамаарч өөрчлөгддөг. Бүлэгт 3.2-д Монгол улсад ногоон устөрөгчийг халаалт болон хоол хийх зориулалтаар ашиглах боломжийг дэлгэрэнгүй тайлбарласан.

Монгол улсын цахилгаан, дулааны систем дэх нүүрстөрөгчийн ялгарлыг багасгахад ногоон устөрөгч нь дэм үзүүлэх боловч түүний хэрэгжүүлэлт нь эрчим хүчний салбарт сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрүүдийг нэгтгэн холбоход хязгаарлалт үүсгэхгүй байх ёстой. Харин, эрчим хүчний системд нэмж оруулахын тулд түүний хөгжүүлэлтийг сайтар төлөвлөх хэрэгтэй.

Ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлтэд сэргээгдэх эрчим хүчний салбарын хөгжил чухал үүрэгтэй байхад нөгөө талаасаа эрчим хүчний системд сэргээгдэх үүсгүүрүүдийн оролцоог нэмэгдүүлэхэд устөрөгчийн аж үйлдвэрийг хөгжүүлэх зайлшгүй шаардлага байхгүй. Ногоон устөрөгчийн хөгжүүлэлт (эсвэл дутагдал) нь тус улс дахь сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэгжүүлэлтийн хурд болон цар хүрээнд саад тотгор учруулахгүй байх ёстой.

Монгол улс нь нар салхины арвин нөөцтэй бөгөөд тэдгээрийг агаарын бохирдол бууруулах, эрчим хүчний аюулгүй байдалд дэмжлэг үзүүлэх болон эрчим хүчний салбарын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад ашиглах боломжтой. Монгол улсын засгийн газраас тавьсан зорилтын дагуу 2023 он гэхэд нийт суурилагдсан чадалд эзлэх сэргээгдэх эрчим хүчний хэмжээг 20%, 2030 он гэхэд 30% болгож өсгөх хэрэгтэй (Ази, номхон далайн бүс нутгийн эдийн засаг, нийгмийн комисс, 2015 - ESCAP, 2015). Сэргээгдэх эрчим хүчний арвин нөөцтэй хэдий ч, 2019 онд нийт үйлдвэрлэлийн ердөө 9%-г сэргээгдэх үүсгүүрүүд хангасан ба үүний хамгийн их буюу 6.5%-г салхи, 1.5%-г ус, 1%-г нар эзэлжээ (Эрчим хүчний зохицуулах хороо, 2020а). Нүүрсээр ажилладаг дулааны цахилгаан станцын техник эдийн засгийн хүндрэлүүдээс үүдэн Монгол улс нь сэргээгдэх эрчим хүчинд хязгаарлалт хийгээд эхэлсэн.

Дулааны цахилгаан станц давамгайлсан эрчим хүчний системийн уян хатан бус байдал нь сэргээгдэх эрчим хүчийг нэлээд хэмжээгээр хязгаарлахад хүргэдэг ба нөөцийг ашиглах боломж болон хөрөнгө оруулагчдыг татах хүчин зүйлийг бууруулдаг (Талбар 1-г харна уу). Сэргээгдэх эрчим хүчний төсөл хэрэгжүүлэгчид тус хязгаарлалтаас үүдэх өртөг зардал болон эрсдэлийг үүрэх ёстой байдаг нь сэргээгдэх эрчим хүч цаашид өсөж дэвжин, Монгол улс дахь бүрэн боломжоо гүйцэлдүүлэхгүй байгаа гол шалтгаануудын нэг болно.

Цахилгааны эрэлт хэрэгцээ нэмэгдэж буй тул Монгол улсын цахилгаан эрчим хүчний систем нь өргөжин тэлэх хандлагатай бөгөөд сүүлийн 5 жилийн хугацаанд жилд ойролцоогоор 5%-н өсөлт ажиглагдсан (Эрчим хүчний зохицуулах хороо, 2020а). Түүнчлэн, насжилтаас үүдэн үйл ажиллагаа явуулж буй цахилгаан станцууд хуучирч, үр ашиггүй болж байна. Өсөн нэмэгдэж буй эрэлт хэрэгцээ болон элэгдэж хуучирсан цахилгаан станцуудын ашиглалтыг зогсооход шинээр үйлдвэрлэлийн хүчин чадал суурилуулах шаардлагатай бөгөөд энэ нь системийн үйл ажиллагаанд мэдэгдэхүйц нөлөө үзүүлэхгүйгээр үнэ өртгийн хувьд өрсөлдөх чадвартай төрөл бүрийн сэргээгдэх эрчим хүчний суурилуулалтыг хурдасгах боломж олгоно.

Талбар 1: Монгол улсын эрчим хүчний системийн горим тохируулгын боломжийн үнэлгээ.

Монгол улсын нөхцөл дэх эрчим хүчний системийн горим тохируулгын нөхцөл байдал ба нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад үзүүлэх түүний ач холбогдол

Монгол улсын эрчим хүчний систем нь хангалттай уян хатан биш байдаг нь сэргээгдэх эрчим хүчний баялаг нөөцтэй хэдий ч сэргээгдэх үүсгүүрүүдийн хөгжил сул байгаагийн гол шалтгаан юм. Уян хатан байдал гэдэг нь эрчим хүчний системийн нар, салхин эрчим хүчнээс үүдэх хувьсамтгай нөхцөл байдалтай зохицон ажиллаж, хэрэглэгчийн эрчим хүчний хэрэглээг найдвартай хангахын сацуу эдгээр үүсгүүрүүдээс үйлдвэрлэх эрчим хүчинд тавигдах хязгаарлалтаас зайлсхийж эсвэл хамгийн бага хэмжээнд байлгах чадамжийг хэлнэ (ОУСЭХА, 2020а – IRENA, 2020а). Дэлхий даяар ихэнх эрчим хүчний систем нь уян хатан байхаар зохиомжлогдсон байдаг ба ингэснээр системийн ажиллагаа болон найдвартай байдалд хамгийн бага нөлөө үзүүлэхүйц байдлаар сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрүүдийг эхний ээлжид нэвтрүүлэх боломж олгодог. Тухайлан дурдвал: уян хатан үйлдвэрлэл, чөлөөт зах зээл эсвэл өөр хооронд нь холбох холболт зэрэг юм (Де Виверо-Серрано, 2019). Ерөнхийдөө, төрөл бүрийн сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн өндөр хувь хэмжээг (Жишээ нь: 20-30%-иас дээш) нэвтрүүлэхэд горим тохируулгын боломжийг нэмэгдүүлэх зорилгоор системд бодитой хөрөнгө оруулах болон бүтцийн өөрчлөлт хийх шаардлагатай.

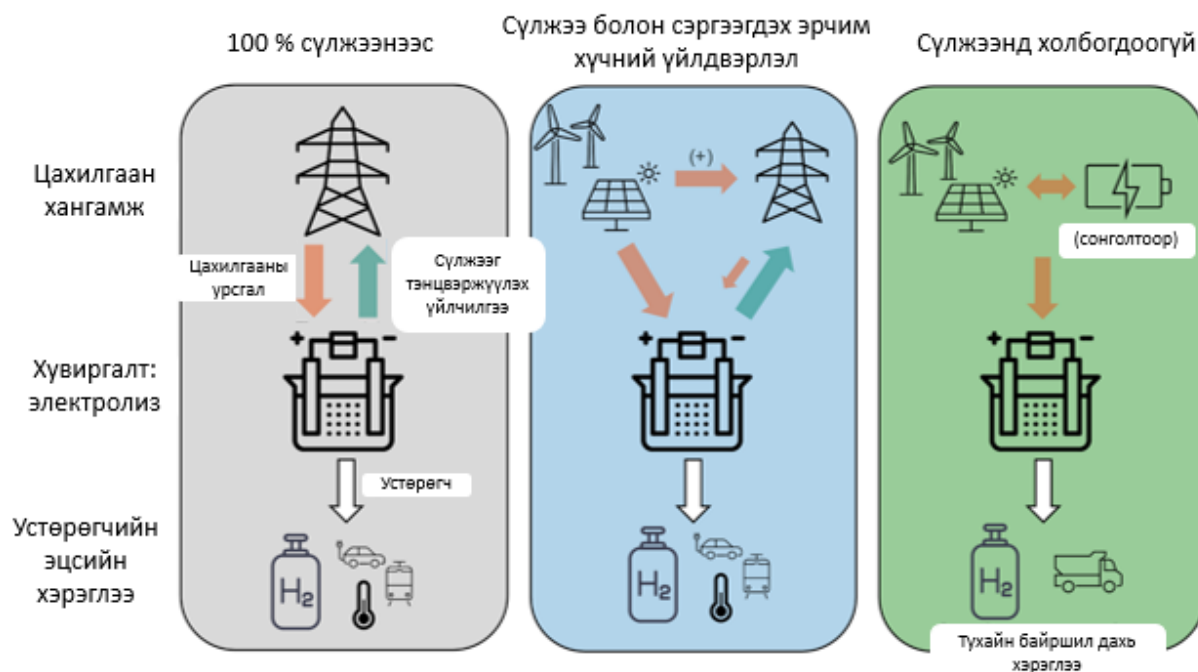
Үүний эсрэгээр, Монгол улс нь горим тохируулгын хязгаарлалттай нүүр тулж буй тул сэргээгдэх эрчим хүчний багахан хувийг системд нэвтрүүлэхэд хүртэл хүндрэл үүсдэг. Монгол улсын эрчим хүчний системийн уян хатан бус байдлыг үүсгэж буй гол шалтгаануудыг хураангуйлбал:

- **Хязгаарлагдмал уялдаа холбоо:** Бүс нутаг хооронд холболт хийх боломж хязгаарлагдмал байдаг нь газар зүйн өргөн уудам нутгийн хувьд ашиглах боломжтой нөөцөд тулгуурлан цахилгааны үйлдвэрлэл болон хэрэглээний савлагааг тэнцвэржүүлэх системийн чадамжийг бууруулдаг.
- **Уян хатан бус үйлдвэрлэл:** Монгол улсын эрчим хүчний системд ихэнхдээ цахилгаан биш дулааны эрэлт хэрэгцээг даган ажиллах дулааны цахилгаан станц давамгайлсан байдаг нь бусад эрчим хүчний үүсгүүрүүдээс (нар, салхи) үүсэх хэлбэлзэл болон цахилгааны эрэлт хэрэгцээний өөрчлөлтөд хариу үзүүлэх цахилгаан станцуудын үйл ажиллагааны уян хатан байдлыг бууруулдаг.
- Тус салбар дахь **санхүүгийн эх үүсвэрийн хязгаарлагдмал байдал** нь цахилгаан эрчим хүчний систем дэх тоноглолуудын үйл ажиллагаа болон засвар үйлчилгээг хангахад асуудал үүсгэдэг. Цахилгаан эрчим хүчний системийн зарим хэсгүүдийн ашигт үйлийн коэффициент буурсан болон хуучирч элэгдсэн байдал нь системийн уян хатан байдлыг мөн бууруулдаг.

Горим тохируулгын хүндрэлтэй систем нь сэргээгдэх эрчим хүчний эзлэх хувь бага байхад ч гэсэн хязгаарлалттай байх өндөр эрсдэлийг үүсгэдэг бөгөөд сэргээгдэх эрчим хүчний төслүүдийн санхүүгийн хувьд тааламжтай байх нөхцөлд нөлөөлж, цахилгаан үйлдвэрлэлийг багасгах, улмаар тус технологиудыг үнэтэй болгох санхүүгийн дарамт бий болгодог.

Монгол улсын системийн уян хатан бус байдал нь эрэлт хэрэгцээ хэт өндөр үед түүнийг хангахын тулд өндөр үнэтэй импортоос хамааралтай байдаг нөхцөлийг улам бүр дордуулдаг. Үүний нэгэн адил, дулааны хэрэгцээг хангахын тулд цахилгаан хэрэглээ бага байхад ч гэсэн дулааны цахилгаан станцууд бүрэн хүчин чадлаараа ажиллах шаардлагатай болдог. Үүнээс үүдэн сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэлийг хязгаарлах эсвэл цахилгааны экспортыг маш хямд бүр эсвэл хоёр тал харилцан тохиролцсон тохиолдолд хасах утгатай байлгах нөхцөл үүсдэг.

Эрчим хүчний салбар дахь устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн ач холбогдол нь электролизаторыг сүлжээтэй хэрхэн холбосноос хамаарч өөр өөр байна. Тухайлбал, төвлөрсөн сүлжээтэй холбогдсон бол тухайн байршил дахь сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэлтэй харилцан үйлчлэх эсвэл бие даасан загварчлал бол устөрөгчийн эцсийн хэрэглээтэй ойр байна (Зураг 2).



Зураг 2. Эрчим хүчний сүлжээнээс хамааруулан устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг загварчлах нь².

Тухайн байршилд ХСЭХ-ний үүсгүүртэй бөгөөд сүлжээнд холбогдсон электролизатор нь Монголын нөхцөлд устөрөгч үйлдвэрлэлээс ялгарах нүүрстөрөгчийн хэмжээг хамгийн бага байлгахын сацуу сүлжээний уян хатан байдлыг нэмэгдүүлэх хамгийн тохиромжтой хувилбар юм.

Энэхүү хувилбар нь томоохон эрэлт хэрэгцээ бүхий төв цэгүүдтэй ойр бөгөөд сэргээгдэх арвин нөөцтэй гэхээс илүүтэйгээр сүлжээнд холболттой байршлуудад илүү үр ашигтай байна (Зураг 2-н голын хэсэг). Тус холболтын бусад давуу талууд нь:

²Тайлбар: Ногоон устөрөгчийн хувьд эрчим хүч нь 100% сэргээгдэх үүсгүүрүүдээс үйлдвэрлэгдсэн байх ёстой. Иймд, Монголын нөхцөлд зүүн талын сонголтыг ногоон устөрөгч гэж авч үзэхгүй.

- Тохируулга хийх боломжгүй дулааны цахилгаан станцаас үүдэн систем үйлдвэрлэлээ багасгах эсвэл бусад салбарууд хэрэглэж чадахгүй үед илүүдэл эрчим хүчийг шингээж авснаар, эрчим хүч үйлдвэрлэлтэд тавигдах хязгаарлалт болон хямд үнэтэй экспортыг хамгийн бага хэмжээнд байлгана.
- Устөрөгчийн систем дэх сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн хэлбэлзлийг дарахад сүлжээг батарей байдлаар ашиглах боломжтой. Энэ нь сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэлтийн илүүдлийг сүлжээнд өгөх ба устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг байж болох хамгийн бага хэмжээнд барихын тулд сүлжээнээс эрчим хүч авна гэсэн үг. Гэвч сүлжээний үйлдвэрлэл илүү байх үетэй давхацсан тохиолдолд сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн илүүдлийг мөн хязгаарлах юм.

Гэвч ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэхийн тулд электролизод хэрэглэгдэх эрчим хүч нь төвлөрсөн сүлжээ бус сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэлээс нийлүүлэгдэнэ. Ийм учир, сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрүүд болон электролизаторын хүчин чадлыг сүлжээний үзүүлэлт бус устөрөгчийн эцсийн хэрэглээтэй уялдуулан загварчлах хэрэгтэй.

Энэхүү дундын загварчлал нь Монгол улсад сүлжээнд холболттой болон бие даасан системд сэргээгдэх эрчим хүчийг хэрэглэхэд дэмжлэг үзүүлэх болон тодорхой нэг салбарын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад чиглэсэн ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлд боломжит шийдэл бий болгоно. Эдгээр шалтгаан болон Монгол улсын эрчим хүчний салбарын өнөөгийн нөхцөл байдлыг авч үзэхэд, Монгол улсад устөрөгчийг ашиглах боломжийн тоон үнэлгээ нь сүлжээнд холболттой боловч ихэнх цахилгаанаа сэргээгдэх үүсгүүрээс хангадаг электролизатор бүхий холболт дээр үндэслэх юм.

Ногоон устөрөгчийн бие даасан үйлдвэрлэл нь алслагдмал бүс нутаг дахь их хэмжээний нүүрстөрөгч ялгаруулж буй хэрэглээнд нүүрстөрөгчийн хэмжээг бууруулах нэгэн шинэ арга зам болно.

Ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх өөр нэгэн шийдэл нь бие даасан цахилгаан хангамжийг ашиглах юм. Тус шийдэл нь ялангуяа цахилгаан эрчим хүчний сүлжээнд холбогдоогүй эсвэл холбогдсон ч хязгаарлалттай байдаг газар нутагт нэн тохиромжтой ба олон талын үр дагавартай. Устөрөгчийг ашиглах нь алслагдмал бүс нутаг дахь их хэмжээний нүүрстөрөгч ялгаруулж буй хэрэглээ (жишээ нь: уул уурхайн салбарын цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ)-г бууруулах цорын ганц арга зам, оновчтой хувилбар болно. Дээрх нөхцөл байдлыг авч үзвэл цахилгаан эрчим хүчний сүлжээ, байгалийн хий дамжуулах хоолойн өргөтгөлийн ажил техник, эдийн засгийн хувьд боломжгүй тул ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг хэрэглэгч байрлаж буй газар дээр явуулах шаардлагатай. Ногоон устөрөгчөөр үйлдвэрлэх цахилгаан эрчим хүчийг сүлжээнд нийлүүлэх ач холбогдлыг алс зайд дамжуулахад үүсэх эрчим хүчний алдагдал, өндөр хөрөнгө оруулалтын зардал зэрэг хүчин зүйлс үгүйсгэхгүй. Нүүрстөрөгчийн ялгаруулалт бага бие даасан эрчим хүчний системүүд нь чухал хэвээр байна.

Бие даасан хувилбарын хамгийн гол давуу тал нь анхнаасаа 100% ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх системийг барьж байгуулснаар энэ нь өнөөгийн цахилгаан эрчим хүчний системийн горим тохируулгын хүндрэлтэй байдалд хязгаарлагдахгүйгээр сэргээгдэх эрчим хүчний оролцоог нэмэгдүүлэх боломжийг бий болгоно. Тиймээс бие даасан цахилгаан хангамжийн хувьд сүлжээнд холбогдсоноос илүүтэйгээр сүлжээн дэх олон төрлийн сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрийн хувь хэмжээг нэмэгдүүлэх боломжтой.

Гэсэн хэдий ч ийм төрлийн системийг үүсгэх талаар шийдвэрлэхээс өмнө анхаарах шаардлагатай хэд хэдэн сөрөг үр дагавартай. Устөрөгчийн системийн зардлын бүтэц, хэмжээ, загварт (жишээ нь: электролизатор ба олон төрлийн сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэл) сэргээгдэх эрчим

хүчний үйлдвэрлэх хэв маягийг тооцож, устөрөгчийн эцсийн хэрэглэгчийн хэрэглээний онцлогийг тохируулах шаардлагатай. Зарим тохиолдолд нөөцийн хэрэглээг оновчлоход батарей шаардагдаж болно. Тиймээс цэвэр устөрөгчийн системийн ашиг тус, зардлыг алслагдмал бүс нутаг дахь бусад нүүрстөрөгч ялгаруулдаггүй шийдлүүдтэй харьцуулах нь зүйтэй.

Эрчим хүчний үйлдвэрлэлд нүүрсний эзлэх хувь хэмжээ өндөртэй учир Монгол улсын хувьд дан ганц цахилгаан эрчим хүчний сүлжээгээр тэжээгддэг ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэл нь оновчтой сонголт болохгүй. Гэсэн хэдий ч сүлжээнд холбогдсон электролизатор нь сүлжээний баланс хийх үйлчилгээг хангах зэргээр системийн уян хатан чанарыг нэмэгдүүлнэ.

Зөвхөн сүлжээнээс цахилгаан эрчим хүч хэрэглэх байдлаар ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх нь (Зураг 2, зүүн талын багана) Монголын хувьд боломжгүй, учир нь сүлжээнд холбогдсон сэргээгдэх эрчим хүчний станцуудыг барьж байгуулах ажлыг шуурхай хийж, тэдгээрийн ирээдүйн оролцоог эрс нэмэгдүүлэх томоохон төлөвлөгөө боловсруулах шаардлагатай.

Эдийн засаг талаас авч үзвэл ХСЭХ-ний үүсгүүрийн технологийн зардал бус, харин сүлжээг бэхжүүлэх, сэргээгдэх эрчим хүчний баялаг нөөц бүхий бүс нутагт хүрч өргөтгөх, одоо ашиглаж буй цахилгаан эрчим хүчний паркийг шинэчлэх эсвэл горим тохируулгад оролцох боломжтой шинэ эх үүсгүүр барьж байгуулах гэх мэт интеграцитай холбогдох зардал нь бодит хүндрэл болоод байна. Цахилгаан эрчим хүчний систем дэх уян хатан бус нөхцөл байдал давамгайлж буй тохиолдолд олон төрлийн сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрээс үйлдвэрлэж буй эрчим хүчийг сүлжээгээр дамжуулан ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлд ашиглах нь техникийн сорилт болох ба өндөр өртөг шаардлагатай тул бодит байдалд нийцэхээргүй хувилбар болно.

Гэсэн хэдий ч сүлжээнээс цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээг ханган ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх нь системд уян хатан чанарыг бий болгоно. Иймд Монгол улсын цахилгаан эрчим хүчний систем дэх устөрөгчийн үнэ цэнэ нь эцсийн хэрэглэгчид бүхий салбаруудын нүүрстөрөгчийн ялгарлын хэмжээг бууруулаад зогсохгүй, олон төрлийн сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрүүдийн интеграци хийх явдлыг хөнгөвчлөх боломжтой юм. ХСЭХ-ний үүсгүүрүүдийн интеграцийг хөнгөвчлөхөд устөрөгчийн гүйцэтгэх үүргийн тухай агуулгыг нийт эрчим хүчний үйлдвэрлэл дэх сэргээгдэх эрчим хүчний эзлэх хувь хэмжээ маш өндөр байх тохиолдолд хэлэлцдэг. Үүний үндсэн шалтгаан нь устөрөгчийн эрчим хүчийг хэрэглээ болон сэргээгдэх эрчим хүчний боломжит нөөцийн хоорондох улирлын зөрүүг нөхөх удаан хугацаанд хадгалах хувийн чадамжтай холбоотой (жишээ нь: зуны улиралд олон төрлийн сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрийн хамт устөрөгч үйлдвэрлэж, хадгалаад өвлийн өндөр хэрэглээтэй үеэр цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх). Энэ нь маш бага чадалтай сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрийг хүртэл интеграц хийхээр хичээж буй Монгол улсын хувьд арай өөр нөхцөл байдалтай байна.

Электролиз ашиглан устөрөгч үйлдвэрлэхэд олон төрлийн сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрүүдээ интеграци хийх, тэдгээрийг хялбар байдлаар нэмэгдүүлэх тал дээр Монгол улсыг дэмжих бусад шинж чанарууд бий. Хязгаарлалтуудыг багасгахаас гадна, электролизатор нь хэрэглэгчдийн идэвхтэй хариу үйлдлээр сүлжээний балансыг барих үйлчилгээгээр хангах боломжтой. Электролизаторыг сэргээгдэх эрчим хүчний тогтворгүй шинж чанарыг дарах зэрэг сүлжээний хэрэгцээ шаардлагад хариу үзүүлж, тохируулах боломжтой ачаалал байдлаар ихэсгэж багасгах боломжтой (Олон улсын сэргээгдэх эрчим хүчний агентлаг, 2019б – IRENA, 2019b). Эрчим хүчний системийн ажиллагаанд үүнийг давтамж тохируулга гэж нэрлэх ба найдвартай системээр хангахад амин чухал сүлжээний үйлчилгээ юм. Монгол улс дахь давтамж тохируулгын дутагдалтай байдал нь систем дэх сэргээгдэх үүсгүүрүүдийн оролцоонд саад үүсгэдэг. Сүлжээнд холболттой электролизатор нь системд уян хатан байдлыг авчирч, сэргээгдэх үүсгүүрүүдийг эхний байдлаар нэвтрүүлэхэд дэмжлэг болж, эрчим хүчний системд устөрөгч болон сэргээгдэх

үүсгүүрүүдийг нэгэн зэрэг хөгжүүлэх санаачилга болно. Хязгаарлалтыг багасгаж, давтамж тохируулгыг сайжруулснаар хувийн хөрөнгө оруулагчдын анхаарлыг сэргээгдэх эрчим хүч рүү татах юм. Түүнчлэн, эрчим хүчний бүтэц дэх сэргээгдэх эрчим хүчний оролцоо нэмэгдсэнээр ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлд ашигтай байна.

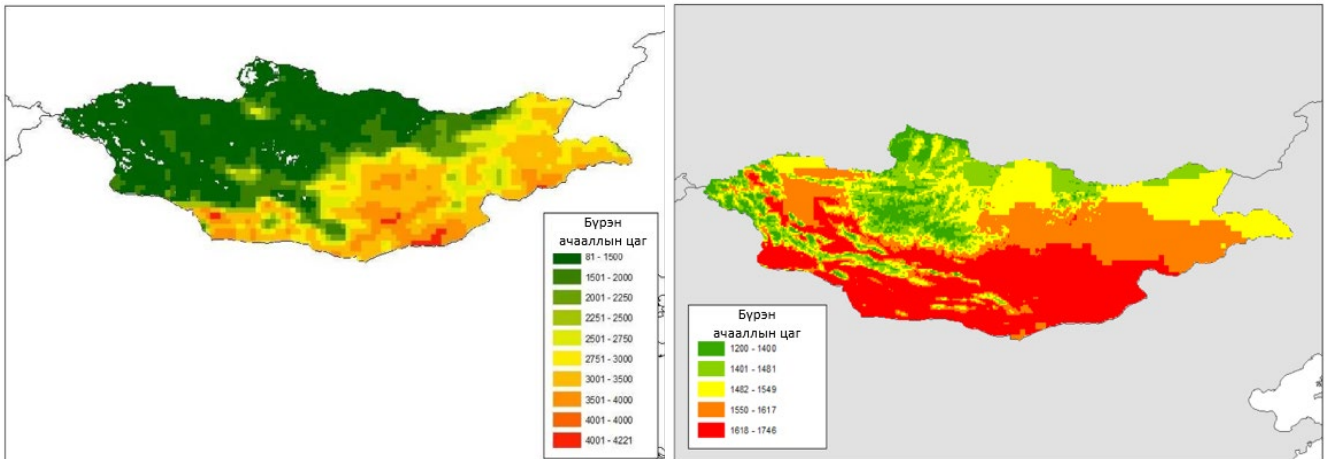
Гэвч ногоон устөрөгч нь Монгол улсад сэргээгдэх эрчим хүчийг нэвтрүүлэхэд дэмжлэг үзүүлэх болон эрчим хүчний системийн уян хатан байдлыг хангах олон шийдлүүдийн ердөө нэг нь л юм. Бусад цэвэр болон уян хатан сонголтуудтай зэрэгцүүлэн түүний үнэлгээг хийх хэрэгтэй. Жишээлбэл: Монгол улсад сүлжээнд ашиглагдах батарей хуримтлуурыг нэвтрүүлэх төлөвлөгөөтэй ба сүлжээнд сэргээгдэх эрчим хүчний чадлыг нэмж нэвтрүүлэхэд давтамж тохируулгыг хангах юм (АХБ, 2020б – ADB, 2020b).

Сэргээгдэх эрчим хүчний загварчлалаас харахад Монгол улс нь электролизаторыг боломжийн үнэтэй эрчим хүчээр хангахуйц байна.

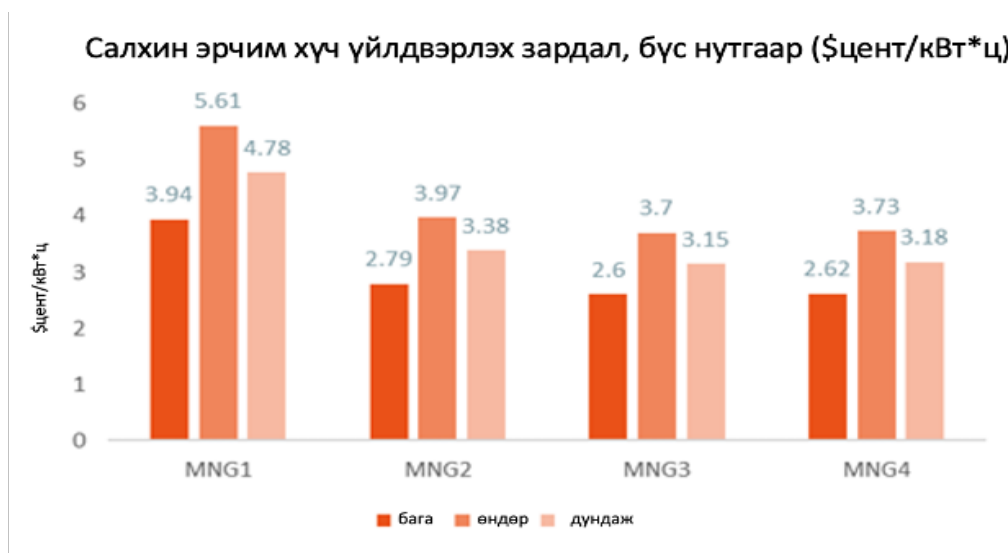
Энэхүү тайлан дахь жишиг судалгаанд Enertile загвар буюу эрчим хүчний систем, тэдгээрт хамаарах үйлчилгээний тооцоолол, дүн шинжилгээг хийхэд ашигладаг программ хангамжийг (Сэнсэфү ба Флагер, 2021) ашигласан. Зураг 3-т харуулсанчлан, Монгол улсыг 42.25 км² талбай бүхий 3700 орчим жижиг хэсгүүдэд хуваан, дараа нь 4 бүсчлэл болгон нэгтгэсэн (Пудлик, Сейфанг болон Франке, 2021). Эдгээр 4 бүсчлэл тус бүрийн хувьд эрчим хүч үйлдвэрлэлийн хэмжээ болон өртөг зардлыг тооцохын тулд нар болон салхин эрчим хүч үйлдвэрлэлийн бүрэн ачааллын хугацааг авч үзсэн. Загварт газар ашиглалтын хүчин зүйлийг хамруулсан ба газрын налуу, хот суурины ойролцоох болон тусгай хамгаалалттай бүс зэргийг оруулж өгсөн.



Зураг 1. Монгол улсын сэргээгдэх эрчим хүчний нөөц бололцоог үнэлэхийн тулд 4 бүсчлэлд хуваасан нь.



Зураг 2. Салхи (зүүн) болон нарны (баруун) цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэлийн бүрэн ачааллын боломжит хугацаа.



Зураг 3. 2020 оны байдлаар Монгол улсад салхин эрчим хүч үйлдвэрлэх өртөг, 4 бүсчлэлээр харуулсан нь.

Энэхүү загварын үр дүнд Монгол улсын салхины нөөц нь өмнөд хэсэгт маш арвин бөгөөд цахилгаан эрчим хүчний гаралт нь 4200 бүрэн ачааллын цаг хүрэхүйц их хэмжээтэй тул өртөг зардал нь Зураг 5-д үзүүлсэнчлэн 3.7 \$цент/кВт*ц орчим бага байхаар байна. Харин нарны цахилгаан үүсгүүрийн хувьд, илүү жигд зураглалтай буюу нутгийн ихэнх хэсэгт нарны эрчим сайн ба нам температураас үүдэн ашигт үйлийн коэффициент өндөр байна. Иймд, үйлдвэрлэлийн өртөг нь 4.9 \$цент/кВт*ц (1150 \$/кВт*ц болон ашиглалтын зардал нь үйлдвэрлэлийн зардлын 1.5% байхаар тооцсон) байна. Эдгээрт эрчим хүчний сүлжээ болон зам тээврийн дэд бүтцийн зардал, мөн операторуудын нэмэгдлийг оруулаагүй болно. Эдгээр загварын үр дүнг дараагийн бүлгүүдэд гарах устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн өртөг болон 3 өөр салбарын жишиг судалгаан дахь хэрэглээг тооцоолоход ашигласан.

Эрчим хүчний аюулгүй байдал

Ногоон устөрөгчийн салбарыг хөгжүүлэх нь Монгол улсын эрчим хүчний аюулгүй байдалд нөлөөлөх магадлалтай. Эдгээр нөлөөллийг чанарын хувьд дүн шинжилгээ хийж үзэхэд ногоон устөрөгчийг цахилгаан эрчим хүчний системтэй холбосноор тус улс дахь системийн уян хатан чанарыг нэмэгдүүлэх замаар эрчим хүчний аюулгүй байдлыг сайжруулах, сэргээгдэх эрчим хүч нийлүүлэх хязгаарлалт ба өндөр зардалтай цахилгаан эрчим хүчний импортоос хамааралтай байдлыг бууруулах боломжтойг илтгэж байна. Цаашлаад, цахилгаан, дулааны одоогийн хангамж, түүний нүүрснээс ихээхэн хамааралтай байгаа нь ойрын болон дунд хугацаанд экспортын зориулалтаар их хэмжээний ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэх явдлыг хязгаарлаж байна.

Монгол улсад ногоон устөрөгчийн салбарыг хөгжүүлэх нь эрчим хүчний үүсгүүрийн төрлийг солонгоруулах, өндөр зардалтай цахилгаан эрчим хүчний импортоос хамааралтай байдлыг бууруулах, оргил ачааллын үеийн найдвартай байдлыг нэмэгдүүлэх замаар дотоодын эрчим хүчний аюулгүй байдлыг сайжруулах боломжтой.

Өнөөгийн Монгол улсын эрчим хүчний хангамж бараг л бүхэлдээ нүүрснээс хамааралтай байна. Шинэ төрлийн эрчим хүчний үүсгүүрийг нэвтрүүлснээр хүрээлэн буй орчин ба эрүүл мэндийн холбогдолтой ашиг тусыг хүртэхийн зэрэгцээ нөөцийг солонгоруулж, нүүрсний хамаарлыг бууруулна.

Ногоон устөрөгч зэрэг шинэ уян хатан чанартай эрчим хүчний технологийг нэвтрүүлэх нь Монголын эрчим хүчний салбарын аюулгүй байдалд ихээхэн ашиг тустай. Өмнөх бүлэгт дурдсанчлан устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг нэвтрүүлснээр ХСЭХ-ний үүсгүүрийг холбох боломжийг нэмэгдүүлж, цахилгаан эрчим хүчний системд интеграцилах ажлыг хөнгөвчилж, эрчим хүчний үүсгүүрийн төрлийг солонгоруулан, нүүрсний хамаарлыг бууруулна.

Сэргээгдэх эрчим хүч ба цахилгаан системийн уян хатан чанарыг нэмэгдүүлэхэд устөрөгчийн оролцоо нь хязгаарлалт болон ОХУ-аас өндөр өртөгтэй импортолж буй цахилгааны хамаарлыг бууруулна. Одоогийн байдлаар баруун, төвийн болон зүүн бүсийн системүүд ОХУ-ын цахилгаан эрчим хүчний сүлжээтэй холбогдсон байна. ОХУ-аас импортолсон цахилгаан эрчим хүчний хэмжээ Монгол улсын 2019 оны нийт цахилгаан хангамжийн 20 хувийг бүрдүүлсэн. (Эрчим Хүчний Зохицуулах Хороо, 2020a – Energy Regulatory Commission of Mongolia, 2020a). Хязгаарлалтыг бууруулах, ОХУ-аас импортолсон цахилгааны өндөр өртөгтэй байдал зэрэг нь Монгол улсын сэргээгдэх эрчим хүчний салбарт оруулах хөрөнгө оруулалтыг илүү сонирхолтой болгож байна. Электролизатор (эсвэл бусад уян хатан чанар бүхий үүсгүүр) ашиглан цахилгаан эрчим хүчний системийн горим тохируулгын боломжийг сайжруулснаар Монгол Улс бүс нутгийн эрчим хүчний системийн интеграцлалаас илүү ашиг хүртэх боломжтой.

Цахилгаан эрчим хүчний систем дэх СЭХ-ний оролцоог нэмэгдүүлэх нь оргил ачааллын цагуудад системийн тохируулгад хүндрэлтэй байдал үүсгэнэ. Өнөөгийн ашиглагдаж буй уян хатан бус системийн хувьд оргил ачааллыг дангаар хангах чадамжгүй ба чадлын дутагдлыг хангахын тулд ОХУ-ын өндөр өртөгтэй импортод найдсан байдалд байна. Энэ нь оргил ачааллаа хангахад хөрш зэргэлдээ орнуудаас хамааралтай байдлыг бий болгож, улс орны эрчим хүчний аюулгүй байдлыг доройтуулж байна. Ирээдүйн хэрэглээний хүлээгдэж буй өсөлт, үр ашиг багатай хуучирсан цахилгаан станцуудыг шинэчлэх шаардлага зэрэг нь дээрх асуудлыг илүү хурцатгаж буй юм. Илүү уян хатан шинж чанар бүхий систем нэвтрүүлэх замаар систем дэх СЭХ-ний оролцоо, чадлыг нэмэгдүүлэх нь эмзэг байдлыг мэдэгдэхүйц хэмжээгээр бууруулна.

Тээвэр, дулаан, уул уурхай зэрэг эцсийн хэрэглэгчид бүхий зарим салбаруудад устөрөгчийг түлшний эх үүсвэр хэлбэрээр орлуулан ашиглах нь зөвхөн нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах ашиг тустайгаар зогсохгүй газрын тосноос гаралтай бүтээгдэхүүний хамааралтай байдлыг мөн бууруулна. Монгол улс газрын тосноос гаралтай бүтээгдэхүүнээ 100% импортоор авдаг ба сүүлийн хорин жилд тус бүтээгдэхүүний хэрэглээ илүү нэмэгдсэн (Олон улсын сэргээгдэх эрчим хүчний агентлаг, 2020a – IEA, 2020a). Дизель түлш зэрэг газрын тосноос гаралтай бүтээгдэхүүнийг

устөрөгчөөр орлуулах нь газрын тосны импортын эдийн засаг болоод эрчим хүчний аюулгүй байдлын хүндрэлийг багасгах юм³.

Монгол улсын эрчим хүчний салбарын өнөөгийн зохион байгуулалт нь ногоон устөрөгчийн ихээхэн хэмжээний үйлдвэрлэлийг богино болон дунд хугацаанд хэрэгжүүлэх боломжгүй байдалд хүргээд байна. Урт хугацаандаа дэлхийн эдийн засгийг нүүрстөрөгчийн ялгаралгүй (net zero) болгоход ногоон устөрөгч голлох үүрэг гүйцэтгэх ба Монгол орны газар зүйн байршил нь дотоодын эдийн засгаа ногоон өнгө аястай болгож, хэрэглээгээ нэмэгдүүлэхийн хамт үйлдвэрлэсэн эрчим хүчээ томоохон эдийн засагтай орнууд руу экспортлох зэрэг давуу талтай болох юм.

Гэсэн хэдий ч Монгол улс бүс нутагтаа ногоон устөрөгчийн экспортлогч орон болоход шаардлагатай цар хүрээ, бэлтгэх хангалт зэрэгт өнөөгийн эрчим хүчний салбар нийцэхгүй байна. Устөрөгчийн эдийн засагт Монгол улсын ирээдүйн гүйцэтгэх үүрэг тодорхойгүй байгаа тул тус тайланд дотоодын устөрөгчийн эдийн засаг, дотоодын боломжит хэрэглээг хөгжүүлэхэд шаардлагатай эхний алхмууд дээр анхаарсан болно.

Устөрөгчийн үйлдвэрлэл ихсэх хэрээр электролизын процессын оролтод шаардагдах усны хэмжээ мөн нэмэгдэхийг анхаарвал зохино. Усны хомсдол аль хэдийн үүсээд буй улсад устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг их хэмжээгээр явуулахад усны нөөц нь хязгаарлагч хүчин зүйл байж болзошгүй тул түүнийг нарийвчлан судлах шаардлагатай.

Усан хангамж

Устөрөгч үйлдвэрлэлийн гол оролт нь цахилгаан болон ус тул усан хангамжид анхаарал хандуулах хэрэгтэй. Монгол улсад ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг явуулахад хангалттай хэмжээний бөгөөд найдвартай усан хангамж бий эсэхийг үнэлэх зорилгоор холбогдох судалгааг гүйцэтгэсэн. Сэргээгдэх эрчим хүчний хамгийн их нөөц боломжтой бүс нутгуудад хомс боловч устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг эхлүүлэхэд хангалттай хэмжээний усан хангамж бий. Устөрөгчийн үйлдвэрлэл ирээдүйд нэмэгдэх магадлалтай тул бусад бүс нутгаас ус зөөвөрлөх шаардлага гарч болзошгүй ба ногоон устөрөгчийн төслийн санаачилга гарсан үед энэхүү дэд бүтцийн өртөг зардлыг нутгийн ард иргэд болон экосистемд үзүүлэх нөлөөллийн хамт сайтар тодорхойлох хэрэгтэй.

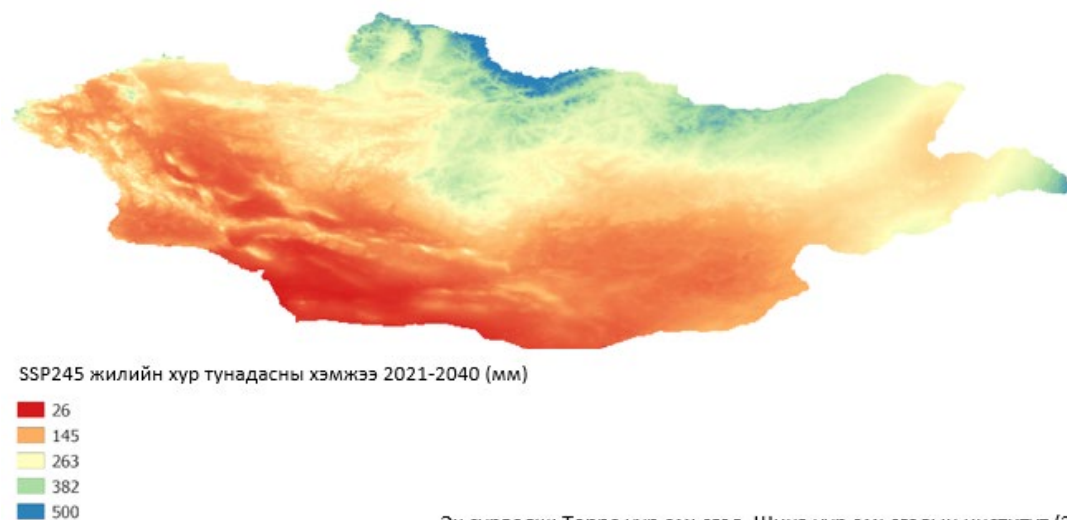
Усан хангамжийн цаг хугацаа ба улирлаас хамаарах тархалт болон эрэлт хэрэгцээний хоорондох нийцгүй байдал нь усны хомсдол үүсгэж, зарим бүс нутагт үнэ өртгийг нэмэгдүүлнэ.

Баруун хойд нутаг дахь мөнх цаст уулсаас эхлүүлэн өмнөд хэсгийн говь хүртэл цаг уурын болон газар зүйн байршлын хувьд өөр байдал нь Монгол улсын усны үзүүлэлтийг өөр өөр болгодог. Гадаргын усны нөөцийн хэмжээ нь бороо хуртай жилд 2,091 сая м³-ээс ган гачигтай хуурай жилд 1,294 сая м³-ийн хооронд байна (Фан, 2020). Гэсэн хэдий ч, Монгол улсын газар нутгийн 70 орчим хувь нь хагас хуурай болон хуурай ангилалд ордог.

Үндэсний хэмжээнд авч үзвэл Монгол улс нь нийт эрэлт хэрэгцээ, ирээдүйн хүн ам болон эдийн засгийн өсөлтийг хангахуйц хэмжээний усны нөөцтэй. Гэвч Монгол улсын усны нөөц нь орон зайн тархалтын хувьд харилцан адилгүй. Нутгийн хойд хэсэг дэх харьцангуй их хэмжээний хур тунадас (жилд ойролцоогоор 350 мм) болон цас хайлах, мөсөн гол зэрэг нь гол мөрнүүдийг тэтгэдэг бол өмнөд хэсэг дэх усны нөөц хомс, хур тунадасны хэмжээ бага (жилд ойролцоогоор 80 мм) болон

³ Монгол улс газрын тос боловсруулах анхны үйлдвэрээ 2022 онд ашиглалтад оруулах төлөвлөгөөтэй барьж байна.

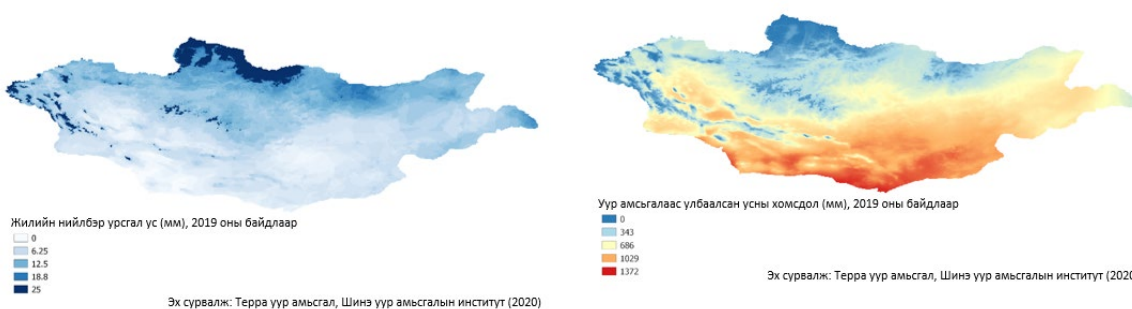
гол мөрөн байхгүй зэргээс үүдэн урсгал усны нөөц хязгаарлагддаг (Зураг 6). Монгол улсын цэнгэг усны нөөцийн 75 орчим хувийг нуурууд бүрдүүлдэг ба түүний 75% нь нутгийн хойд хэсэгт орших Хөвсгөл нуурт хамаарна (Банаржее нар, 2014).



Эх сурвалж: Терра үүр амьсгал, Шинэ үүр амьсгалын институт (2020)

Зураг 4. SSP245 дүр зураглалд тусгагдсан Монгол улсад унах хур тунадасны хэмжээ (мм), жилээр, 2021-2040.

Хур тунадасны хэмжээ бага болон өвлийн улиралд гол мөрөн хөлдөхөөс улбаалан, нутгийн өмнөд хэсэг дэх гадаргын усны нөөц ховорддог. Ийм учир гүний усаар ахуйн болон үйлдвэрлэлийн хэрэглээг голчлон хангадаг. Гэвч өмнийн говийн бүс нутаг дахь гүний усны нөөц нь хур бороо эсвэл гадаргын усаар нөхөн тэжээгддэггүй тул царцанги гэсэн ангилалд ордог (Фан, 2020). Уур амьсгалаас улбаалсан усны хомсдол болон урсгал усны дутмагшил нь тухайн бүс нутгийн хуурай нөхцөл байдлыг улам бүр тодруулдаг (Зураг 7).



Эх сурвалж: Терра үүр амьсгал, Шинэ үүр амьсгалын институт (2020)

Эх сурвалж: Терра үүр амьсгал, Шинэ үүр амьсгалын институт (2020)

Зураг 5. 2019 оны байдлаарх жилийн нийлбэр урсгал ус (мм) (зүүн) ба уур амьсгалаас улбаалсан усны хомсдол (мм) (баруун).

Тоо хэмжээний адил, гүний усны чанар ч гэсэн газар зүйн байршлаас хамаарч өөрчлөгддөг. Монгол улсын бүс нутгийн ойролцоогоор гуравны нэгд нь усыг шүүж цэвэрлэн, ундны усны стандартыг хангадаг (Фан, 2020). Өмнийн говийн бүс дэх гүний ус нь ерөнхийдөө давстай, хужирлаг (Зураг 9) ба зарим хэсэгтээ арсени буюу хүнцлийн өндөр агууламжтай тул усыг тунгаан цэвэршүүлэх шаардлагатай ба энэ нь усны үнэ өртгийг нэмэгдүүлдэг. Түүнчлэн, усыг давсгүйжүүлэхэд 1 м^3 усанд ойролцоогоор 3-4 кВт*ц нэмэлт цахилгаан шаардах ба өртөг зардал

нь 0.7-2.5 ам. доллар байна. Энэ нь 1 кг устөрөгчийн үйлдвэрлэлд 0.01-0.02 ам.доллар зардал нэмнэ (ОУСЭХА, 2019 – IRENA, 2019).



Зураг 6. Давс хужирлаг гүний усны тархалт.

Усан хангамжийн өнөөгийн статусаас гадна, уур амьсгалын өөрчлөлт нь ирээдүйд нөхцөл байдлыг улам дордуулах хүчин зүйл байж болзошгүй (Долгорсүрэн нар, 2013; АХБ, 2020а – ADB, 2020а). Уур амьсгалын өөрчлөлтөд хамгийн эмзэг орнуудын нэг тул Монгол улсад ган болон зудын⁴ тоо нэмэгдэх, дэлхийн дунджаас давсан эрс тэс температур ажиглагдах төлөвтэй байна (Байгаль орчин, аялал жуулчлалын яам, 2018). Ийм учир, усны хомсдол нэмэгдэж, цөлжилт тэлэх дүр зурагтай байна. Батлагдаагүй хэдий ч, температурын өсөлт, ууршилт, улирлаас хамаарах өөрчлөлт зэргээс үүдэж буюу уур амьсгалын өөрчлөлт нь усны нөөцөд сөргөөр нөлөөлөхөөр байна (АХБ, 2014, 2020а – ADB, 2014, 2020а).

Усны хэрэглээ улам бүр нэмэгдсээр байгаа ба үүний үндсэн шалтгаан нь усны нөөц багатай өмнөд бүс дэх уул уурхайн олборлолт нэмэгдсэнтэй холбогдолтой.

Хэрэглээний хувьд одоогийн байдлаар нийт усны хэрэглээнээс хөдөө аж ахуйн салбар 30%, мал аж ахуй 24%, орон сууц 18-22%, уул уурхай 13%-ийг тус тус эзэлж байна. Эдгээрээс нэмэгдэж буй уул уурхайн үйл ажиллагаа ирээдүйн усны хэрэглээнд ихээхэн дарамт учруулахуйц төлөвтэй байна. 2014-2018 оны хооронд улсын хэмжээнд усны хэрэглээг авч үзэхэд 2014 онд 534 сая м³ байсан бол 2018 онд 560 сая м³ болж нэмэгдсэн бөгөөд 2030 он гэхэд 884 сая м³ болж өсөх төлөвтэй байна (АХБ, 2020а – ADB, 2020а). Өмнө дурдсанчлан, нийт боломжит усны хангамж үндэсний хэмжээний хэрэглээний өсөлтийг хангахад хүрэлцээтэй ба жилийн нийт сэргээгдэх усны нөөцийн 2.5% орчмыг шаардана. Гэсэн хэдий ч Өмнөговийн бүс нутаг зэрэг сэргээгдэх усны нөөц бага эсвэл огт нөөцгүй бүс нутагт хийгдэхээр хүлээгдэж буй усны хэрэглээ өндөр үйл ажиллагаанаас үүдэн бүс нутгийн усны хомсдол үүсэх төлөвтэй харагдаж байна (АХБ, 2020а – ADB, 2020а).

Уул уурхайн олборлолт нь үндэсний эдийн засгийг дэмжих үндсэн стратегийн нэг бөгөөд өмнөд бүсэд хурдацтайгаар өсөн нэмэгдэж байна. Уул уурхайн олборлолт нэмэгдсэнээр ойр орчмын бүсэд суурьших хүн амын тоо өсөж, улмаар айл өрхийн усны хэрэглээ нэмэгдэнэ. Усны хомсдол нь бүс нутагт зөрчил үүсгэж, уламжлалт хэв маягаар аж төрж буй малчдыг амьдрал ахуйгаа орхиход хүргэх тул усны хангамжийн хүртээмжгүй байдал нь уул уурхайн салбарын өсөлтийг сааруулах хүчин зүйл болж болно (Халтар, 2020а).

⁴ Зуд гэх цаг агаарын үзэгдэл нь хуурай зуны араас маш хүйтэн бөгөөд салхи ихтэй эрс тэрс өвлийн улирал ирэхийг хэлнэ. Зуд нь малын тэжээлд ихээр нөлөөлж тоо толгойн хорогдолд хүргэдэг (АХБ, 2020а – ADB, 2020а).

2000 оноос өмнө төрийн өмчийн Тавантолгой нүүрсний уурхай Өмнөговь аймгийн ганц уурхай байсан. 2020 он гэхэд тус бүс нутагт арван хоёр томоохон уурхай олборлолт хийж байгаа нь гадаад хөрөнгө оруулалт нэмэгдсэнтэй холбоотой (Халтар, 2020а). Одоогийн байдлаар Өмнөговь аймгийн жилийн нийт усны хэрэглээний 71%-ийг уул уурхай эзэлж байгаа (Халтар, 2020а) ба тооцоогоор 2030 он гэхэд усны хэрэглээ, хангамжийн зөрүү Нялга-Шивээ Овоод 35%, Тавантолгойд 60% тус тус хүрэх тухай дурдсан байна. Эдгээр зөрүүний дийлэнх хэсэг нь цахилгаан станц, нүүрснээс шахмал түлш үйлдвэрлэх, нүүрсний шингэрүүлсэн түлш гаргах үйлдвэр, нүүрс угаах зэрэг уул уурхайн дэд бүтцийн төлөвлөгөөт өргөтгөлтэй холбогдолтой байх магадлалтай (Фан, 2020).

Өмнөд бүс нутгуудад устөрөгч үйлдвэрлэхэд шаардагдах ус дамжуулах боломжтой боловч тэдгээрийн дагалдах үр дагавруудыг тухайн бүс нутагт устөрөгч үйлдвэрлэх шийдлүүдийн техник эдийн засгийн үндэслэлд тусгасан байх хэрэгтэй.

Хэдийгээр эдийн засгийн үйл ажиллагааг өргөтгөх, ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн чадамж зэргийг авч үзэхэд маш тааруу дүр зураг харагдаж байгаа боловч зарим боломжит шийдлүүдийг шууд хэрэгжүүлэхэд бэлэн байх магадлал бий. Өмнөд бүс нутаг дахь усны хангамж хангалтгүй байгаа нь уул уурхайн салбарт ашиглахаар ногоон устөрөгчийг дотооддоо үйлдвэрлэхэд сорилт болоод байна. Гэсэн хэдий ч энэ нь огт боломжгүй гэсэн санааг илтгээгүй болно. Үр дүнтэй арга хэмжээ авах, их хэмжээний ус дамжуулах зэрэг хувилбарууд нь боломжтой шийдэл болох ч нэмэлт зардал шаардлагатай.

Үр ашгийг нэмэгдүүлэх замаар усны хэрэглээг багасгаж болно. Илүү өргөн хүрээгээр харвал, түлшний элемент дэх устөрөгчийн зарцуулалт нь усыг хий/уур хэлбэрээр агаар мандалд буцааж нийлүүлнэ. Техникийн хувьд түлшний элементээс ялгарсан усыг эргүүлэн хурааж устөрөгч үйлдвэрлэх түүхий эд болгож дахин ашиглах боломжтой (Г.Зенсон, Ц. Роззи, 2010; Э. Тибакьюра, 2011). Уг процессын нийлбэр үр ашгаас хамаарч устөрөгчийн үйлдвэрлэлд ашиглах усны дийлэнх хэсгийг сэргээн дахин ашиглах боломжтой. Ингэснээр усны нэмэлт хэрэглээг бууруулна. Мөн түүнчлэн, усыг чанарын өндөр түвшинд сэргээснээр ус цэвэршүүлэх зардлыг бууруулна (Э. Тибакьюра, 2011). Гэсэн хэдий ч энэ техник нь хараахан худалдаанд гараагүй байгаа ба цаашид үргэлжлүүлэн хөгжүүлэх шаардлагатай.

Өөр нэгэн боломжит хувилбар гэвэл их хэмжээний ус дамжуулах хоолой эсвэл түгээх шугам, усны танк бүхий усан санг дурдаж болох юм. Энэ нь Монгол улсын хувьд урт хугацааны шийдэл байж болох ба тус хувилбараар уул уурхайн усны хэрэглээг хангах талаар аль хэдийн хэлэлцэж эхлээд байна. Одоогоор Орхон-Говь болон Хэрлэн-Говь голоос ус дамжуулах хоёр төсөл хяналтын шатанд явж байгаа ба аль алинд нь 550-600 сая орчим ам. долларын өртөг бүхий ойролцоогоор 700 км урттай хоолой шаардлагатай (Халтар, 2020б). Хоолой барих нь өртөг өндөртэй, байгаль орчин, улс төрийн асуудалтай тулгардаг олон бэрхшээлийг дагуулдаг. Урт, хатуу ширүүн өвлийн улиралд хоолойд ус хөлдөхгүйн тулд хоолойг гүнд байрлуулах шаардлагатай. Урт өвлөөс шалтгаалан хоолойг барьж байгуулах ажилд хүндрэл үүсгэдэг. Түүнчлэн, хоолойг Монгол оронд тохиолдох хүчтэй газар хөдлөлтийг тэсвэрлэхүйц байхаар барьж байгуулах шаардлагатай (Пфистер, 2018). Мөн тухайн эх авч буй сав газарт экологийн нөлөөлөл үзүүлэхээс гадна зарим гол мөрөн Орос, Хятад зэрэг хөрш зэргэлдээх улсууд руу цутгаж байгаа тул улс төрийн үр дагаварт хүргэж болзошгүй (АХБ, 2020а – ADB, 2020а) (Халтар, 2020б).

АХБ-ны гүйцэтгэсэн усны эдийн засгийн үнэлгээгээр уул уурхайн салбарт 20-50 сая м³ ус нэмэлтээр нийлүүлэх нөөцийг дотоодын гүний болон гадаргын усаар хангах боломжтой ба гүний усны түвшнээс хамаараад нэг м³ тутамд 0.1-1.2 ам. долларын үнэлгээтэй байна. (Хүснэгт 2) (АХБ, 2020а – ADB, 2020а). 50 сая м³-аас дээш усны нэмэлт хэрэгцээг хангахын тулд бусад бүс нутгаас дамжуулах шаардлагатай ба нэг м³ тутамд 2 ам. долларын үнэлгээтэй байна (АХБ, 2020а – ADB,

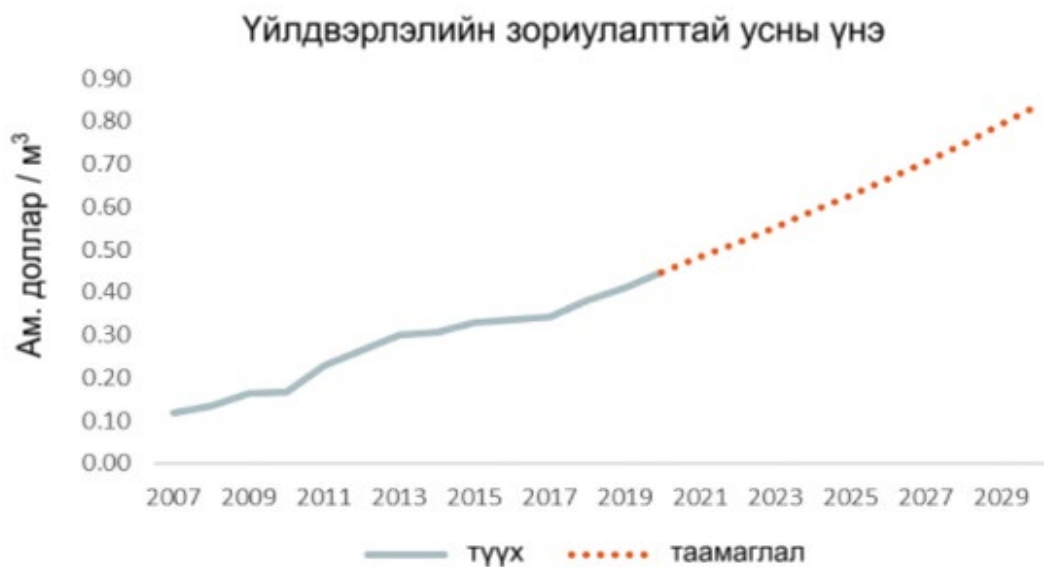
2020а). Цаашилбал, тогтвортой байдлын үүднээс авч үзэхэд устөрөгчийн ашиглалтын хугацаан дахь нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бага байлгахын тулд усыг цаг уурын нөхцөлөөс хамааралгүйгээр дамжуулах шаардлагатай. Тиймээс, гүн давхаргаас ус татах хувилбар үнэ өртгийн хувьд хямд байх боловч байгаль орчны нөлөөлөл, бүс нутгийн гүний усны нөөц шавхагдахад хүргэж болзошгүй.

Хүснэгт 2. Өмнөговийн бүс нутгийн нэмэлт усны тооцоолсон үнэ.

Нэмэлт усны хэрэглээ (сая м ³)	Усны эс үүсвэр	Үнэ (ам. доллар/м ³)
20	Хямд өртөгтэй газар доорх ус эсвэл гадаргын ус	0.1
20 - 30	Дунд зэргийн өртөгтэй газар доорх ус эсвэл гадаргын ус	0.4
30 - 50	Өндөр өртөгтэй газар доорх ус эсвэл гадаргын ус	1.2
50- с дээш	Гүний ус эсвэл бусад бүс нутгаас дамжуулсан ус	2.0

Ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлд зориулж усны эх үүсвэрийг бий болгох боломжуудыг авч үзвэл эдгээрийг хослуулах нь байгаль орчин төдийгүй эдийн засгийн талаасаа хамгийн үр дүнтэй шийдэл юм. Бүс нутгийн усны нийт хүртээмж нь уул уурхайн салбарын хувьсал болон ус шаардлагатай бусад үйл ажиллагаанаас хамаарна. Гэсэн хэдий ч энэ бүлэгт танилцуулсан Монгол улсын усны үнэлгээний өмнөх тайланд багтсан мэдээлэлд үндэслэхэд Өмнөговийн бүс нутагт усны хомсдол үүсэх эрсдэл анхаарал татаж байгаа бөгөөд усны анхны хэрэглээг бууруулахад чиглэсэн үр ашгийг дээшлүүлэх ямар нэг арга хэмжээг нэн тэргүүнд тавих хэрэгтэй. Устөрөгчийн үйлдвэрлэл нь Өмнөговийн бүс нутгийн аж үйлдвэрүүдийн нийтлэг асуудал нь усны хангамж гэдгийг харгалзан үзэж, уул уурхайн салбарыг усаар хангах ус дамжуулах төслөөс устөрөгчийн үйлдвэрлэл үр шим хүртэх боломжтой. Иймд бид томоохон устөрөгчийн төслийг хэрэгжүүлэхийг зөвлөж байгаа ба энэ асуудлыг цаашид судална.

Тус судалгааны агуулгад багтсан устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн тооцоонд усны зардлыг тусгах үүднээс үйлдвэрлэлийн зориулалттай усны үнийг судалгаанд үндэслэн тодорхойлж, тооцоолж (Эмертон, Лүнтэн, Налдансүрэн, 2009; Дэлхийн банк, 2020 – World Bank, 2020) орон нутгийн түншээр баталгаажуулсан. Үүнээс үндэслэн, үнийн өсөлтийг Зураг 9-д харуулсан байдлаар тооцоолсон. Дараагийн бүлгүүдэд үзүүлсэн жишээ судалгаанууд нь 20,000-25,000 м³ усны нэмэлт хэрэгцээг жишээ судалгаа бүр дээр санал болгож байгаа бөгөөд энэ нь 2030 он гэхэд 884 сая м³-д хүрнэ хэмээн тооцоолсон дийлэнх хэсэг нь уул уурхай, аж үйлдвэрийн салбараас бүрдэх усны хэрэгцээний өсөлттэй харьцуулахад төдийлөн ач холбогдолтой бус юм. Гэсэн хэдий ч усны хомсдолтой газруудад багахан ч гэсэн усыг өөр газраас авах, дамжуулах шаардлага бий. Монгол улсын хувьд ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлд зориулсан усны хангамжийг уул уурхайн салбарын усны хангамжийн төсөлд хамруулж болно. Ирээдүйд ногоон устөрөгчийн хэрэглээг эрчимтэй нэмэгдүүлж, үүнийг дагаад усны хэрэгцээ нэмэгдвэл энэ асуудлыг дахин авч үзэх шаардлагатай.



Зураг 7. Үйлдвэрийн зориулалттай усны үнийн тооцоо, таамаглал.

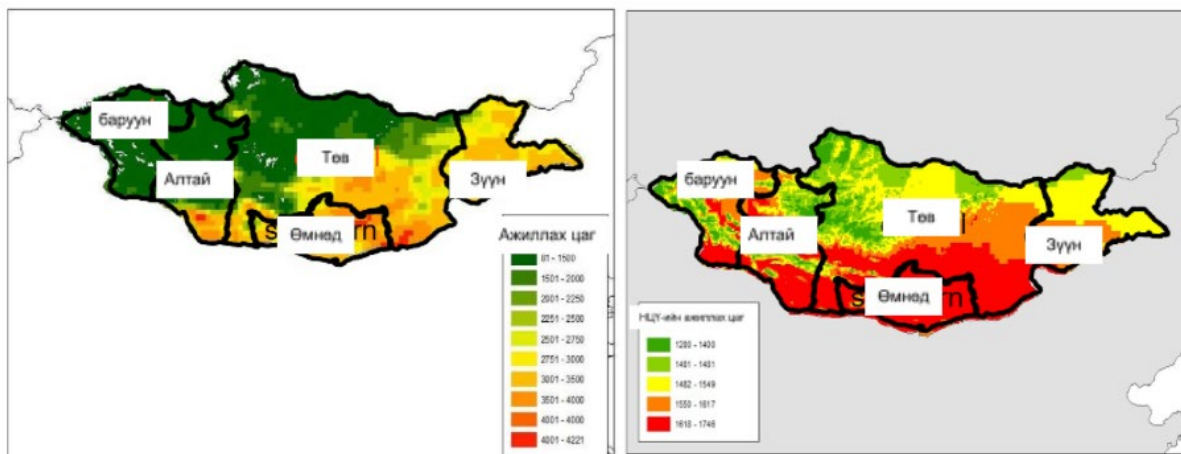
Ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх газарзүйн байршлууд

Ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн хоёр үндсэн орц болох сэргээгдэх эрчим хүч, усны нөөцийн газарзүйн байршлууд нь үйлдвэрлэл явуулахад хамгийн оновчтой байршлыг тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой. Монгол улсын хувьд дээрх нөөцийн аль аль хүртээмжтэй байршлууд хоорондоо нийцэхгүй байна. Устөрөгчийн үйлдвэрлэл явуулах цэгийг хэрэглэгчийн төвтэй ойр байрлуулах нь богино хугацаанд илүү тохиромжтой байдаг бол урт хугацааны хувьд ус, цахилгааныг үйлдвэрлэлийн цэг рүү дамжуулах эсэх шийдвэрийг стратегийн хувьд гаргах хэрэгтэй.

Сэргээгдэх эрчим хүчний нөөц, усны хүртээмжтэй байдал, хэрэглэгчийн төвүүд, одоо ашиглагдаж буй цахилгаан эрчим хүчний системүүдийн газарзүйн давхцал нь ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх байршлуудын боломжтой эсэх хийгээд сонирхол татахуйц байдлыг тодорхойлно.

Сэргээгдэх эрчим хүчний хангамж, усны хүртээмжтэй байдал, устөрөгчийн дамжуулалт, хэрэглээ зэрэг үйлдвэрлэлийг оновчтой болгох байршлыг тодорхойлоход ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн өртгийн сүлжээний бүх үе шатыг харгалзан үзэх шаардлагатай.

Сэргээгдэх эрчим хүчний хангамжийн тухайд, өргөн уудам нутгийг хамарсан сэргээгдэх эрчим хүчний нөөцийн газарзүйн тархалт нь цахилгаан эрчим хүчний хүлээгдэж буй зардлын тооцоо, электролизаторын ашиглалтын факторыг тодорхойлдог тул чухал ач холбогдолтой.



Зураг 8. Салхи (зүүн) ба нарны (баруун) эрчим хүчний нөөц, тэдгээрийн эрчим хүчний нэгдсэн системүүдийн хамрах бүсүүдэд давхцах байрлал.

Усны хүртээмжтэй байдлаас ялгаатай нь салхи, нарны эрчим хүчний хамгийн их нөөц нь тус улсын өмнөд бүс нутагт байдаг (Зураг 10). Гэхдээ ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн цэгийг хаана байрлуулах нь зүйтэй вэ гэдэг нь зөвхөн сэргээгдэх эрчим хүчний өндөр нөөцтэй газруудыг тодорхойлохоор хязгаарлагдахгүй. Цахилгаан эрчим хүчний сүлжээнд нэвтрэх боломжийг үнэлэх нь мөн адил чухал байх юм. Ирээдүйд сэргээгдэх эрчим хүчний суурилуулалтыг одоо ашиглагдаж буй цахилгаан эрчим хүчний сүлжээнд холбох цэгүүд ба сэргээгдэх эрчим хүчний таатай боломж бүхий газруудад төвлөрүүлэх чиг хандлагатай байна. Үнэнийг хэлэхэд Монгол улс өргөн удам газар нутагтай ба тархай байрласан жижиг суурингуудын цахилгаан эрчим хүчний хангамжид зориулсан шугам сүлжээ дэд бүтэц нь СЭХ-ний нөөц ихтэй бүс нутгаас эрчим хүч үйлдвэрлэн, их хэмжээний н өндөр хэрэглээтэй бүс нутгууд руу их хэмжээний эрчим хүчийг дамжуулах боломжгүй нөхцөл үүсгэж байна. Ус төрөгчийн үйлдвэрлэлийн хувьд электролизаторын холбогдсон цахилгаан эрчим хүчний системд холбогдсон сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрээс л ашиг тус хүртэх боломжтой.

Монгол улсын хувьд байгалийн нөөц талаасаа газарзүйн төдийлөн тохиромжтой бус байдал ажиглагдаж байна, учир нь хамгийн арвин их сэргээгдэх эрчим хүчний нөөц аль хэдийн усны нөөцийн асуудалтай тулгараад буй өмнөд бүс нутагт байна.

Энэ бүлэгт гүйцэтгэсэн дүн шинжилгээнээс харахад сэргээгдэх эрчим хүчний арвин нөөцтэй байршил усны хангамжийн нөөцтэй байршлуудтай давхцахгүй байгаа нь харагдаж байна. Тус улсын уул уурхайн дийлэнх олборлолт нар, салхины хамгийн их нөөцтэй Өмнөговийн бүс нутагт төвлөрсөн. Гэсэн хэдий ч уул уурхайн салбарын өнөөгийн чиг хандлага бүхий судалгааны тооцооллоос харахад Өмнөговийн бүс нутаг ойрын ирээдүйд хуурайшилт явагдана. (Халтар, 2020а). Дотоодын усан давхаргын усны хомсдолоос үүдэн өмнөд бүс нутагт ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэхэд хэцүү бөгөөд зардал ихсэхээр байна.

Устөрөгчийн эцсийн хэрэглээнд ойр байдал нь устөрөгчийн тээвэрлэлтийг шаардлагыг бууруулна. Тээвэрлэх шаардлагатай зай болоод горимоос хамааран, тээвэрлэлт нь устөрөгчийн өртөг, тогтвортой байдалд ихээхэн нөлөөтэй. Монгол улсын хэмжээнд устөрөгч дамжуулах хоолой байхгүй байгаа нь устөрөгчийг хол зайд тээвэрлэхэд саад болж, сэргээгдэх эрчим хүчний нөөц ихтэй байршлуудад ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх, түүнийг хэрэглэх гол төвүүд рүү тээвэрлэх боломжийг хязгаарлаж байна.

Монгол дахь устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн боломжит газрууд нь одоо ашиглагдаж буй цахилгаан эрчим хүчний сүлжээнд ойр эсвэл эцсийн хэрэглээтэй ойр байршилд байх шаардлагатай.

Эрчим хүч эсвэл устөрөгч дамжуулах дэд бүтцэд их хэмжээний хөрөнгө оруулалт хийх нь Монгол улсад устөрөгчийн салбарыг хөгжүүлэх боломжийг хаана. Энэ нь сэргээгдэх эрчим хүчний нөөц нь өмнөд бүстэй адил төдийлөн өндөр биш ч усны нөөц, цахилгаан эрчим хүчний сүлжээнд холбогдох боломжоор илүү хойд бүс нутгуудын хувьд авч үзсэн тохиолдол болно. Одоо ашиглагдаж буй цахилгаан эрчим хүчний сүлжээ, шугам хоолойг өргөтгөх хэрэгцээтэй холбогдолтой нөлөөллүүдийг зөвхөн ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх тохиолдолд Монголын нөхцөлд хэрэгжүүлэх боломжгүй гэсэн шалтгаанаар энэхүү судалгааны агуулгад оруулаагүй болно⁵.

Уул уурхайн салбарын хувьд ихэнх томоохон уул уурхайн байршлууд сэргээгдэх эрчим хүчний өндөр нөөцтэй байршлуудтай газарзүйн хувьд давхцаж байна. Эдгээр тохиолдолд ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг усны нөөцөд ойртуулж, цахилгаан эрчим хүч ба ногоон устөрөгчийг дамжуулахаас илүүтэйгээр сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэл ба ус дамжуулах боломж бүхий байршилд цэвэр ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэх нь илүү ашиг тустай байх юм.

Монгол дахь ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн байршлыг тодорхойлохдоо нөөцийн хүртээмжээс гадна устөрөгчийн урт хугацааны стратеги, цаашдын бусад эцсийн хэрэглээний боломжуудыг харгалзан үзэх шаардлагатай.

Устөрөгч үйлдвэрлэх зардал

Загварчлалын судалгаанаас харахад Монгол улс харьцангуй өрсөлдөхүйц зардлаар ялангуяа MNG3 бүс нутагт ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэх боломжтой бөгөөд олон төрлийн сэргээгдэх эрчим хүч үйлдвэрлэх болон электролизаторын технологийн ирээдүйн зардлыг бууруулснаар улам сайжруулах боломж бий. Зардлын тооцоог Бүлэг 3.2 дахь гурван жишээн дээр оруулж туршсан ба шатамхай түлшийг ногоон устөрөгчөөр орлуулах эдийн засгийн үндэслэлийг тооцсон.

СЭХ үйлдвэрлэх тооцоолсон зардал, усны зардлын таамаглал болон электролизаторын зардалд үндэслэсэн загварчлалын үр дүнд ногоон устөрөгчийг нэг кг тутамд 3.30-4.73 ам. долларын өртөгтэй үйлдвэрлэж болохыг харуулж байна (Хүснэгт 3). Нэг кг устөрөгчийн дэлхийн дундаж өртөг болох 4.8 ам. доллартой харьцуулахад Монголд үйлдвэрлэлийн өртөг дэлхийн дунджаас доогуур байх юм (ОУСЭХА, 2020б – IRENA, 2020b).

Загварчлалд зардлын тооцоо болон жишээ бүрд 18 МВт цахилгаан эрчим чадал, 75%-ийн үр ашиг бүхий электролизаторын төхөөрөмжийг эхний байдлаар ашигласан. Ийм төрлийн төхөөрөмжийг хэд хэдэн нийлүүлэгчдээс зах зээлд санал болгож байна.

Монгол улсын өргөн уудам нутаг дэвсгэр, тархаж суурьшсан хүн ам, хүлээгдэж буй эрэлт харьцангуй бага зэргээс шалтгаалан улсын хэмжээний устөрөгчийн сүлжээг бий болгох боломжгүй гэж үзсэн тул боловсруулсан хувилбарууд нь орон нутаг дахь устөрөгчийн үйлдвэрлэл, ашиглалтыг голчлон анхаарсан.

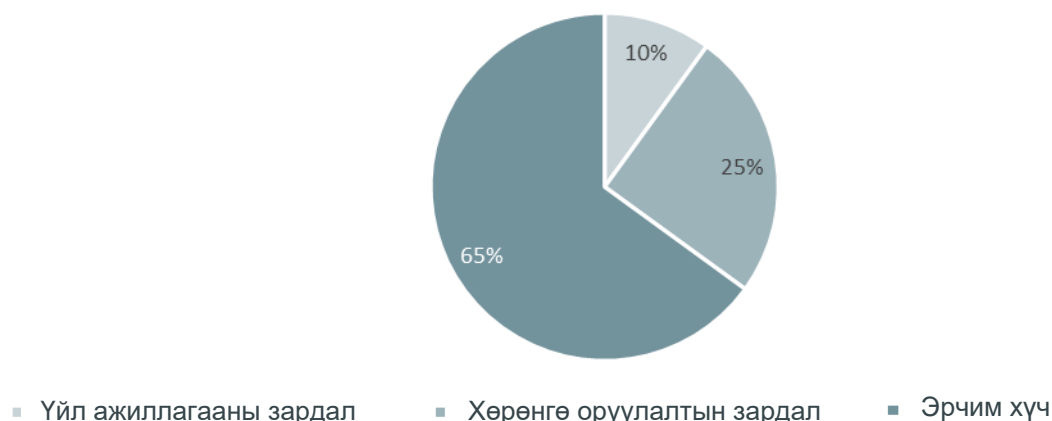
⁵ Устөрөгчийн үйлдвэрлэл нь шийдвэр гаргах үйл явцад нөлөөлөх нэг л хүчин зүйл тул цахилгаан эрчим хүчний сүлжээний өргөтгөлийг илүү өргөн, нэгдсэн байдлаар үнэлэх шаардлагатай. Хэрэв сүлжээнээс цахилгаан эрчим хүч ашиглан устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг хөгжүүлэх нь үндсэн шийдэл бол устөрөгчийн хөгжлийн төлөвлөгөө болон сүлжээг өргөтгөх төлөвлөгөөг нэгтгэж, эрчим хүчний нөөц, усны хүрэлцээ, гол ачааллын төвүүдтэй холбогдох боломжтой эсэхийг авч үзэх хэрэгтэй.

Хүснэгт 3. Цахилгаан эрчим хүч ба устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн загварчлалын үр дүн.

Параметрууд	MNG1	MNG2	MNG3	MNG4
Ажиллах цаг	2,800	3,600	5,000	4,200
Эрчим хүчний үнэ (\$/кВт.ц)	0.058	0.044	0.041	0.043
Эрдэсгүйжүүлсэн усны үнэ 2020 (\$/м ³)	30	40	40	25
Устөрөгчийн хүлээгдэж буй үнэ (\$/кг)	4.73	3.83	3.30	3.40

Өмнө тодорхойлсон цахилгаан эрчим хүч, ус ба технологийн зардлуудын үзүүлэлтийг ашиглан ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх зардлыг Хүснэгт 3-т харуулсанчлан урьдчилан тодорхойлсон бүс бүрээр гаргав. Эдгээр утгуудыг цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх болон электролизаторын одоогийн хөрөнгө оруулалтын зардал болон үйл ажиллагааны зардлыг үндэслэн гаргасан болно. Гарган авах, цэвэршүүлэх, дамжуулах зардлыг багтаасан уламжлалт тооцооллоос шалтгаалан эрдэсгүйжүүлсэн усны зардал Хүснэгт 2-т үзүүлснээс өндөр гарсан. Технологийн хөгжил, үйлдвэрлэх хүчин чадлын нэмэгдэл зэрэг нь электролизаторын өртгийг 2030 он гэхэд 60-80% бууруулна хэмээн таамаглаж байна (Устөрөгчийн зөвлөл, 2020 – Hydrogen Council, 2020). Эдгээр таамаглал дээр үндэслэн Монгол дахь ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн өртөг нэг кг тутамд 0.36-0.5 ам. доллароор буурч, 2.8-2.94 ам.доллар болох боломжтой (MNG3 бүсэд). Гэсэн хэдий ч, эдгээр зардлын тооцоонд зөвхөн электролизаторын өртгийн бууралтыг авч үзсэн бөгөөд цаашдын хямд сэргээгдэх эрчим хүчний хангамжаас олж болох хэмнэлтийг тусгаагүй болно. Зураг 11-д үзүүлсэнчлэн электролизаторын зардал нь устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн зардлын дөнгөж 25 орчим хувийг эзэлдэг бөгөөд цахилгаан эрчим хүч нийт зардалд илүү их хувийг бүрдүүлдэг байна. Тиймээс цаашид цахилгаан эрчим хүчний үнийг бууралт нь Монгол дахь ногоон устөрөгчийн үнийг бууруулахад чухал үүрэг гүйцэтгэнэ.

Устөрөгчийн зардлын задаргаа (%)



Зураг 9. Монголд ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх өртгийн задаргаа.

Устөрөгчийн тусгай дэд бүтцийг хөгжүүлэхэд тулгарч болох саад бэрхшээлийг харгалзан үзэж тус судалгаанд устөрөгчийг бусад шингэн энерги зөөгч, тухайлбал метанол ба олигометилийн эфир болгон хувиргах тухай авч үзсэн болно (Шмитц, 2016).

Нийлэг түлш нь шингэрүүлсэн хийн түлш (метанолын хувьд) болон дизель түлш (био түлш) зэрэг өргөн хэрэглэгддэг шатамхай түлшийг шууд орлох бөгөөд хийн устөрөгчөөс илүү практик урт хугацааны хадгалалт гэх мэт нэмэлт давуу талуудыг санал болгодог.

Нийлэг түлш үйлдвэрлэхэд нүүрстөрөгч шаардлагатай бөгөөд үүнийг цементийн үйлдвэрлэл зэрэг үйлдвэрлэлийн процессоос өндөр концентрацитайгаар гарган авах боломжтой. Гэсэн хэдий ч эдгээр эх үүсвэрүүд нь эдгээр "ногоон" түлшний нүүрстөрөгчийг ялгарлыг бууруулах давуу талыг сулруулах эсвэл бохирдуулагч үйлдвэрүүдэд орлогын шинэ эх үүсвэрийг бий болгож, тэдний цаашдын үйл ажиллагаанд нь түлхэц болж болзошгүй юм. Нүүрстөрөгчийг агаарт шууд гарган авах нь энэ асуудлаас зайлсхийх боломжтой хөгжүүлэлтийн шатанд явж буй технологи болно.

Метанолын үйлдвэрлэл нь хоёр үе шат шаарддаг. Нэгдүгээрт, нүүрстөрөгчийн давхар исэл нь ус хийн шилжилтийн урвалаар нүүрстөрөгчийн дутуу исэлд хувирч, дараа нь классик катализик метанолын синтезээр дамждаг. Эдгээр процессууд нь сайтар батлагдсан бөгөөд үйлдвэрлэлийн өртөг нь кг тутамд 1.192 ам. доллар орчим байна. Метанолыг биомассаас гарган авсан оксиметилен эфир болгон хувиргахын тулд нэмэлт хоёр алхам хийх шаардлагатай. Эдгээр нэмэлт процесс нь үйлдвэрлэлийн зардлыг нэг кг тутамд 1.542 ам. доллар хүртэл нэмэгдүүлнэ.

Эдгээр түлшний үнэ өртгийг эрчим хүчний агуулгаар нь харьцуулах зорилгоор метанолыг халаалтад шингэрүүлсэн хийн түлшнээс гадна өөр нэгэн хувилбар болгох, биомассаас гарган авсан оксиметилен эфирийг автобус, нийтийн тээвэрт дизель түлшийг орлуулах боломжтой зэргээр үзсэн жишээ судалгаанд ашиглалтын онцлогт тохирох үнэлгээг хийсэн ба дараагийн бүлэгт энэ тухай хэлэлцэнэ.

3.2 Эрчим хүчний хэрэглээ

Энэ бүлгээр устөрөгчийн зарим боломжит хэрэглээг судалж, эдгээр эцсийн хэрэглээний загварчлалыг уул уурхай, нийтийн тээвэр, орон сууцны халаалт, хөргөлт зэрэг гурван тохиолдолд гүйцэтгэсэн үр дүнг танилцуулна. Устөрөгч дээр суурилсан технологид шилжих нь уул уурхай, нийтийн тээврийн салбарыг оролцуулан судалсан гурван хэрэглээний хоёрын хувьд эдийн засгийн өрсөлдөх чадвараар ойролцоо байгааг бид тогтоосон. Одоогийн ашиглагдаж буй технологиуд илүү хэмнэлттэй хэвээр байгаа ч ирээдүйд ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэл, технологийн хөгжлөөс үүдэлтэй зардлын бууралт, эсвэл нүүрстөрөгчийн үнэлгээ, татаас гэх мэт бодлогын арга хэмжээ авах замаар ашигтай ажиллах боломжтой харагдаж байна.

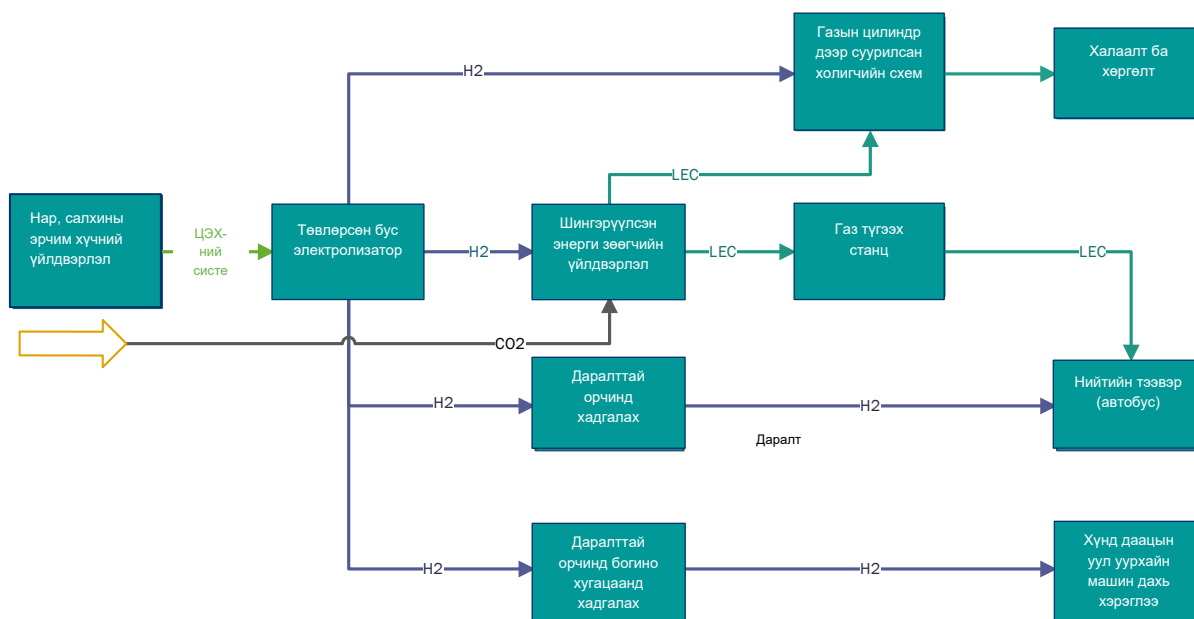
Устөрөгчийг шууд ашигладаг хэд хэдэн эцсийн хэрэглээ байдаг. Үүнд түлшний элементээс цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх, устөрөгчийн бойлер болон үйлдвэрлэлийн процессын түүхий эд болгох зэрэг хэрэглээ багтана. Түлшний элемент ашиглан үйлдвэрлэсэн цахилгаан эрчим хүчийг түлшний элементээр явдаг цахилгаан автомашинд, барилгын цахилгаан, дулааны хангамжид, цахилгаан эрчим хүчний сүлжээний горим тохируулгын хэлбэрээр ашиглах боломжтой. Устөрөгчийн бойлер ашиглан үйлдвэрлэсэн дулааныг орон сууц, худалдаа, үйлдвэрлэлийн салбарын дулаан хангамжид хэрэглэх боломжтой.

Аливаа энерги хувиргах процесстой адил хувиргах алхам бүрд тодорхой хэмжээний энерги алдагддаг. Цахилгааныг устөрөгч болгон хувиргах, мөн устөрөгчийг дулаан, цахилгаан гэх мэт бусад энергийн төрөл рүү хувиргах тохиолдолд мөн адил байдаг. Бүлэг 2.2-д дурдсанчлан, устөрөгчийг хадгалах, тээвэрлэхэд хэд хэдэн сорилт тулгараад байгаа ба нэмэлт энерги шаардлагатай, энэ нь нийт үр ашгийг бууруулж, зардлыг нэмэгдүүлнэ. Хувиргах алхмуудаас зайлсхийж, шууд цахилгаанжуулах нь ихэнх тохиолдолд илүү үр ашигтай байдаг тул термодинамик болон эдийн засаг талаас авч үзвэл тохиромжтой хувилбар болно.

Гэвч техникийн хүндрэлүүдээс шалтгаалж олон тооны эрчим хүчний хэрэглээ өндөртэй салбаруудын хувьд цахилгаанжуулах арга замыг сонгоход төдийлөн тохиромжтой бус байна. Эдгээр салбаруудын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад цэвэр эрчим хүчийг хэрэглээтэй уялдуулан зохицуулах боломжтой байдлаар хадгалах, тээвэрлэх шаардлагатай байгаа ба энэ нь

устөрөгчийг боломжит хувилбар болгож байна. Энэ бүлгээр ногоон устөрөгчийг Монголын нөхцөл байдалд хамааралтай гэж тодорхойлсон эцсийн хэрэглэгчид бүхий зарим салбаруудад эрчим хүч нийлүүлэгч болох боломжийн талаар танилцуулж, хэлэлцэх бөгөөд дараагийн хэсэгт жишээ судалгааны хүрээнд дүн шинжилгээ хийнэ.

Нийлүүлэгч талын дүн шинжилгээний үр дүнг устөрөгчийн өртөг нь тухайн газарзүйн байршлын онцлогтой уялдсан эцсийн хэрэглээ бүхий жишээ судалгаанд өгөгдөл хэлбэрээр ашигласан. Зураг 12-д арга зүй, нийлүүлэлт талын үр дүнг хэрэглэгч талын дүн шинжилгээнд хэрхэн ашигласан талаар ерөнхий тоймыг харуулав.



Зураг 10. Загварчлалын судалгаанд авч үзсэн үе шатуудын арга зүйн схем.

Уул уурхайн хүнд даацын тээвэр

Хүнд даацын ачаа тээвэр бол нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад хүндрэлтэй, шинэлэг шийдлүүд шаардлагатай салбарын нэгэн жишээ юм. Оюу Толгойн зэсийн уурхайн жишээн дээр хийсэн судалгаагаар түлшний элементийн ачааны машин нь одоогийн дизель түлшний технологитой өрсөлдөхүйц өртөгтэй, зарим нэмэлт давуу талуудтай болохыг харуулж байна.

Уул уурхайн үйлдвэрүүд ихэвчлэн алслагдсан бүс нутагт байрладаг бөгөөд үйл ажиллагаандаа хүнд даацын машин, өргөгчийг ашигладаг. Ачааны машинууд нь өндөр үнэтэй, бохирдуулагч дизель түлшнээс хамааралтай. Дизель түлшийг уурхайн байршилд хүргэх шаардлагатай бөгөөд энэ нь логистик төлөвлөлт шаардахаас гадна нэмэлт ялгарал үүсгэдэг. Дизель түлшний хамаарал, зардлыг бууруулах, мөн түүнчлэн хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулахын тулд уул уурхайн салбарт устөрөгчийг ашиглах сонирхол их бий.

Дунд болон хүнд даацын ачааны машинууд ихэвчлэн их хэмжээний ачааг алс зайд тээвэрлэдэг тул илүү хүнд даацын батарейтай цахилгаан машин (БЦМ)-аар нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах технологийг цаашид хөгжүүлэх шаардлагатай ба энэ нь түлшний элементийн цахилгаан машин (ТЭЦМ)-уудыг нэвтрүүлэх цэг болох боломжтой.

Хол зайд, хүнд ачааг тээвэрлэх нь БЦМ-ы хувьд удаан цэнэглэх шаардлагатайн дээр том хүнд, өндөр үнэтэй батарейг шаарддаг (ОУСЭХА, 2020в – IRENA, 2020с). Ийм нөхцөлд ТЭЦМ нь илүү

хөнгөн бөгөөд холын зайд илүү тохиромжтой байдаг тул давуу шинж чанаруудыг харуулдаг. Гэсэн хэдий ч батареины хөгжилд гарч буй сүүлийн үеийн ахиц дэвшлийг харгалзан БЦМ болон ТЭЦМ-ы аль аль нь тасралтгүй сайжирч байгаа тул тодорхой тэргүүлэх технологийг хараахан тодорхойлоогүй байна.

Хэдийгээр түлшний элементийн ачааны машиныг хэрэглээнд өргөнөөр нэвтрүүлж амжаагүй байгаа ч дэлхийн хэмжээнд уул уурхайн салбарт түлшний элементийн автомашиныг таниулах хэд хэдэн төсөл хэрэгжиж байна. Дэлхийн хэмжээний уул уурхайн компани болох Англо Американи пиэлси 2021 онд Өмнөд Африкт 400 гаруй уурхайн ачааны машиныг хангахуйц сэргээгдэх эрчим хүчээр ажилладаг 3.5 МВт хүчин чадалтай электролизаторын үйлдвэр барихаар төлөвлөж байна. Энэхүү төсөл нь 2016 оны түвшинтэй харьцуулахад ойрын арван жилийн хугацаанд нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтыг 30%-иар бууруулах компанийн зорилтын нэг хэсэг бөгөөд 2040 он гэхэд нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтгүй болох урт хугацааны нэгэн зорилт юм (Нжини, 2020). Үүний дараа ашиглалтын зардлыг бууруулах таамаглалын дагуу ачааны машинуудыг бусад Англо Америкийн уурхайн газруудад байрлуулна, (ХАШУАҮСБ, 2020 – CSIRO, 2020). Өртгийн өрсөлдөх чадварын хувьд ТЭЦМ-ууд дунд хугацаанд туршид шатамхай түлшээр ажиллах дотоод шаталтат хөдөлгүүрийг гүйцэж түрүүлэх боломжтой тухай Устөрөгчийн зөвлөл (Hydrogen Council)-ийн гүйцэтгэсэн судалгаагаар харуулсан байна (Устөрөгчийн зөвлөл, 2020 – Hydrogen Council, 2020). ТЭЦМ нь дотоод шаталтат хөдөлгүүртэй харьцуулахад илүү өндөр түлшний хэмнэлттэй байдаг ба бусад эрчим хүч хэмнэх давуу талуудаас гадна тоормослох, уруудах үед үүсэх эрчим хүчийг хуримтлуулах зэрэг давуу талуудыг санал болгодог (Устөрөгчийн зөвлөл, 2020 – Hydrogen Council, 2020). Гэсэн хэдий ч ийм ахиц дэвшил нь дотоод зах зээл дээрх дизель түлшний үнэ, дотоодын устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн зардал зэргээс хамааралтай байна.

Ногоон устөрөгчөөр хүнд даацын тээвэрлэлтээс ялгарах нүүрстөрөгчийг бууруулах өөр нэгэн хувилбар нь устөрөгч ба нүүрстөрөгчийн давхар ислээс гаргаж авсан нийлэг түлшийг ашиглах ба энэ нь одоо хэрэглэгдэж буй тээврийн хэрэгслийн технологи, шатахуун цэнэглэх дэд бүтцийг үргэлжлүүлэн хэрэглэх боломжтой (Шэлл, 2017).

Одоогийн байдлаар өртөг нь харьцангуй өндөр байгаа хэдий ч дэлхийн зах зээл дээрх шатахууны дундаж үнэ болох 0.91 ам. доллар/литр (ОУСЭХА, 2020б – IRENA, 2020b) үнэтэй харьцуулахад дараагийн арван жилд шатахууны үнэтэй дүйцэхүйц буюу 1 ам.доллар/литр хүрэх төлөвтэй байна (ОУСЭХА, 2019а – IRENA, 2019а). Нүүрстөрөгчийн давхар ислэлтэй холбогдолтой үнийн өсөлтийг авч үзвэл нийлэг шатамхай түлшнүүд нь шатахуунтай өрсөлдөхүйц үр дүнд хүрнэ. Өмнө дурдсанчлан нийлэг түлшний нэгэн чухал чанар нь тогтвортой байдал ба энэ нь үнэд нөлөөлж болзошгүй тул нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтгүй түлш үйлдвэрлэхэд шаардагдах агаарыг шууд авах технологи нь бусад сонголттой харьцуулахад илүү үнэтэй байдаг.

Сүүлийн жилүүдэд уул уурхайн салбарын өсөлтийн үр дүнд Монголын эдийн засаг улам бүр үйлдвэрлэл төвтэй болж байна. 2015-2018 оны хооронд нийт аж үйлдвэрийн бүтээгдэхүүний 57% орчим, улсын ДНБ-ий 23% орчмыг уул уурхай бүрдүүлж байсан. Тус улс ашигт малтмалын арвин их нөөцтэй бөгөөд 80 орчим төрлийн ашигт малтмал илрүүлсэн, 6,000 гаруй орд газрууд бий. Олборлож буй үндсэн ашигт малтмалд зэс, алт, нүүрс, уран зэрэг багтана (ОУИТБС, 2020а – EITI, 2020а).

Дийлэнх уул уурхайн талбай Өмнөговийн алслагдсан бүс нутагт төвлөрсөн байна. Уул уурхайн олборлолт нь ашигт малтмал олборлох, тээвэрлэх зориулалт бүхий шатамхай түлшээр ажилладаг хүнд даацын ачааны машинаас бүрэн хамааралтай бөгөөд энэ нь хүлэмжийн хийн ялгаруулалт, газрын тосны импортын хараат байдал, түлшний их хэмжээний (чулуужсан) зардал гаргахад нөлөөлдөг. Устөрөгчөөр ажилладаг түлшний элементийн ачааны машин хэрэглэх нь Монгол улсын уул уурхайн салбарын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах тохиромжтой технологи

байж болно. Цаашилбал, Өмнөговийн бүс нутагт СЭХ үйлдвэрлэх оновчтой нөхцөл нь уул уурхайн талбайн ойролцоо ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх боломжийг бий болгоно. Одоогийн байдлаар жилд 8000 цаг ажилладаг хүнд даацын дизель хөдөлгүүртэй ачааны машин ашиглагддаг бөгөөд зөвхөн үйлчилгээ хийх, түлш цэнэглэх зэргээр тасалддаг.

Эдгээр ачааны машинуудын дизель хөдөлгүүрийг 2020 оны 2-р сард Өмнөд Африк дахь хээрийн судалгааны туршилтад үзүүлсэнтэй адил түлшний элементийн систем болон батарей зэргээс бүрдэх хосолсон хөдөлгүүрээр сольж болно (Жоу, 2020). Энэхүү судалгаанд ашигласан ачааны машиныг дээрх жишээг үндэслэн ашиглана (800 кВт чадал бүхий түлшний элементийн систем болон 1000 кВт.ц багтаамж бүхий батарей).

Тус судалгааны ажлын хүрээнд 18 МВт хамгийн их боломжит чадал бүхий электролизатор төхөөрөмж дээр суурилсан хувилбарыг хөгжүүлсэн бөгөөд үүний дийлэнх хувийг салхи, нарны цахилгаан үүсгүүрээс хангасан. Электролизаторийн ачаалал хэдхэн минутын дотор дасан зохицох боломжтой гэж үзсэн. Ихэнх уул уурхайн олборлолтын талбай зүүн өмнөд бус нутагт байршиж байгаа (Зураг 3-д үзүүлсэн хуваалтын дагуу) ба тус байршилд устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн тооцоолсон зардал нэг кг тутамд 3.3 ам. доллар байна (Хүснэгт 3-т үзүүлэв). Бүх өөрөө буулгагч ачааны машинууд ачих-буулгах циклд багтаж үйлчилгээ, цэнэглэх станцаар тогтмол дамждаг гэж үзэж буй учраас устөрөгч түгээх дэд бүтэц цаашид шаардлагагүй болно. Өөрөө буулгагч ачааны машинтай холбогдолтой чухал ойлголтуудад дараах агуулга хамаарна. Үүнд:

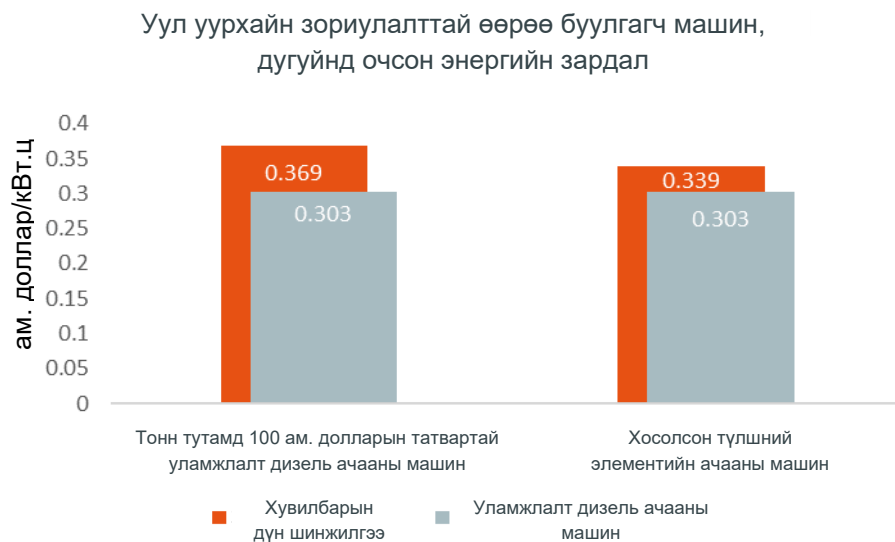
- Түлшний элемент/батарей бүхий зүтгэх механизм, өөрөө буулгагч ачааны машины хөрөнгө оруулалтын зардал нь дизель хөдөлгүүртэй ачааны автомашинтай харьцуулахад 25% илүү байдаг. Хөрөнгө оруулалтын зардлыг 10 жилийн хугацаанд нөхнө.
- Түлшний элементийн чадал (800 кВт) болон батарейн багтаамж (1000 кВт.ц) нь RSA дэх салбарын судалгаанд нийцсэн болно. Мөн эрчим хүчийг сэргээх боломжтой.
- Нэг өөрөө буулгагч ачааны машин 270 тн даацтай байна.
- Өөрөө буулгагч ачааны машин бүр 24/7 хуваариар жилд 8000 цаг ажиллана.
- Зардлын тооцоонд технологийн эрсдэлийг тооцоогүй бөгөөд ажлын зардал, засвар үйлчилгээний жишиг хувилбартай харьцуулах боломжтой гэж үзсэн.

Тус хувилбарыг дизель түлшээр ажилладаг ачааны машиныг үргэлжлүүлэн ашиглаж байгаа ч парк шинэчлэх зорилгоор шинэ ачааны машин худалдан авсан жишиг хувилбартай харьцуулж үзэв. Жишиг хувилбарт ашигласан дизель түлшний үнэ литр тутамд 1.20 ам. доллар байна.

Үр ашгийн зөрүүг зөв нөхөхийн тулд энерги зөөгчийн өртөг болон дугуйн дээр очсон ашигтай энерги дээр үндэслэн харьцуулалт хийдэг. Дизель хөдөлгүүртэй өөрөө буулгагчийн хувьд энэхүү үнэлгээний үр дүнд нэг кВт.ц эрчим хүчний зардал 0.303 ам.доллар байсан бол харин хосолсон ачааны машин (түлшний элемент/батарей) нь нэг кВт.ц тутамд 0.339 ам.долларын өртөгтэй ажиллах боломжтой. Гэсэн хэдий ч дээр дурдсан таамаглал нь уламжлалт шинж чанартай байсан ч алдааны мужийг +/- 25% гэж тооцох шаардлагатай. Нийтдээ электролизаторын систем нь энэ хувилбар дээр 6-аас дээш ачааны машинд хангалттай хэмжээний устөрөгч үйлдвэрлэх юм.

Гэсэн хэдий ч дизель түлшний үнэ харьцангуй өндөр байхын зэрэгцээ түгээх дэд бүтэц шаардахгүй байгаа зэрэг нь устөрөгчийн хувьд илт давуу тал болох тул энэ хувилбарт устөрөгчийг өрсөлдөхүйц энерги зөөгч гэж үзэж болно. Түүнчлэн, газар доорх агааржуулалтын системд шаардагдах зардлыг хасах зэрэг нэмэлт зардлаас ирэх үр ашгийг загварчлах жишээнд авч үзээгүй болно.

Түүнчлэн, нүүрстөрөгчийн ялгарлын үнэлгээ тонн тутамд 100 ам.доллар байх нь дизель ачааны машины ашиглалтын зардлыг Зураг 13-т харуулсанчлан нэг кВт.ц тутамд 0.369 ам.доллар хүртэл өсгөхөд хүргэх тул Монгол Улсад нүүрстөрөгчийн ялгарлыг үнэлэх тохиолдолд устөрөгч нь хамгийн хэмнэлттэй хувилбар болох юм.



Зураг 11. Монголын өмнөд бүс нутаг дахь уул уурхайн машинуудын ашиглалтын зардал.

Нийтийн тээвэр

Хүнд даацын ачааны хувьд түлшний элемент бүхий тээврийн хэрэгсэл нь нийтийн тээврийн үйл ажиллагаанаас ялгарах нүүрстөрөгчийг бууруулах бас нэгэн хувилбар бөгөөд энэ нь голчлон автобусанд хамаарна. Улаанбаатар хотод улсын эзэмшлийн автобусны паркийн жишээн дээр автобусны ашиглалтыг тооцож үзэхэд төдийлөн их биш боловч түлшний элементийн автобус нь одоогийн ашиглагдаж буй технологиос илүү үнэтэй хэвээр байна. Иймд түлшний элементийн автобуснууд нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах сонирхол татахуйц нэгэн хувилбар байж болох юм. Гэхдээ дизель автобусанд биомассаас гарган авсан оксиметилен эфир ашиглах боломжгүй.

Нийтийн тээврийн автобуснууд ихэвчлэн урт хугацаагаар ажилладаг бөгөөд цахилгаан автобусыг цэнэглэхэд тодорхой хугацаа шаардагддаг. Нэмж хэлэхэд, шөнийн цагаар цэнэглэхэд нарны эрчим хүч байхгүй тул цэвэр эрчим хүчний хангамжид хүндрэл учруулж болзошгүй бөгөөд эрчим хүчний хангамжийг салхинаас ихээхэн хамааралтай болгоно. Тиймээс холын зайн тээвэр ба ТЭЦМ-ыг илүү хурдан цэнэглэх зэрэг нь ялангуяа нийтийн тээврийн автобусанд ашигтай байж болох юм. Гэсэн хэдий ч хүнд даацын ачаа тээврийн нэгэн адил тэргүүлэх технологи байхгүй бөгөөд хамгийн ашигтай шийдэл нь тухайн бүс нутгийн онцлогоос хамааран өөр өөр байж болно.

Түлшний элементийн автобусыг дэлхийн олон оронд амжилттай танилцуулсан туршлага бий (Скикер болон Долмэн, 2017; ОУЭХА, 2021 – IEA, 2021). 2016 онд Хятадын Юнфу хотод агаарын бохирдлыг бууруулах гол зорилго бүхий устөрөгчийн түлшний элементийн батарей бүхий автобусыг нэвтрүүлсэн. Батарейтай цахилгаан автобусны нэг цэнэглэлтээр явах зай нь дизель хөдөлгүүртэй автобустай өрсөлдөх боломжгүй тул устөрөгчийн түлшний элементийн батарейтай автобусыг хамгийн сайн хувилбар гэж тодорхойлсон (Лью, Кендалл болон Ян, 2019).

Улаанбаатар хотод Монголын нийт хүн амын 45 орчим хувь нь оршин суудаг бөгөөд хотын хүлэмжийн хийн ялгаралтын 11.7 хувийг тээврийн салбар эзэлж байна (Элдэв-Очир, 2019). Хотын

тээврийн хэрэгцээний 51 орчим хувийг нийтийн тээврээр хангадаг (Элдэв-Очир, 2019) ба энэ одоогийн байдлаар 900 орчим дизель хөдөлгүүртэй автобус бүхий паркаас бүрдэнэ (Пудлик, Сифанг болон Фрэнк, 2021). Одоогийн тээврийн хэрэгслүүд хуучирч шинэчлэх шаардлагатай байгаа тул нүүрстөрөгчийн хий ялгаруулдаггүй автобусыг нэвтрүүлснээр хүлэмжийн хийн ялгарал хийгээд орон нутгийн агаарын бохирдлыг бууруулах боломжтой. Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн парк дахь нийт автобусны тал хувийг түлшний элементийн автобусаар шинэчилж, хүнд даацын тээврийн хэрэгсэлд ашиглаж болохуйц ногоон устөрөгчөөс бүрдэх хийсэн нийлэг түлшээр ажилладаг уламжлалт дотоод шаталтат хөдөлгүүр бүхий автобусыг ашиглах боломжийг судалж байна.

Уул уурхайн хувилбарын нэгэн адил маш цөөн тооны даралтат болон шатахуун түгээх станцыг одоо ашиглагдаж буй автобус баазуудад эсвэл ойролцоо барьж байрлуулах шаардлагатай. Энэ нь улсын хэмжээнд шатахуун түгээх дэд бүтэц шаарддаг ерөнхий ложистикт ашиглагддаг түлшний элементийн ачааны машинтай харьцуулахад мэдэгдэхүйц давуу тал болно.

Эдгээр нь түлшний элементийн цахилгаан автобусыг одоогоор ашиглагдаж буй парк шинэчлэл шаардлагатай дизель технологиос арай үнэтэй ч сонирхол татахуйц сонголт болгох юм. Нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтыг үнэлснээр энэ зөрүүг нөхөхөд тусална. Цаашилбал, агаарын чанарт үзүүлэх үр өгөөж нь бас авч үзэхүйц хэмжээнд байна.

Үүнд хамаарах зардлын тооцоог Улаанбаатар хотод эсвэл ойр байрлалтай автобус баазад ажиллуулах 18 МВт боломжит гаралтын чадалтай электролизатор төхөөрөмж дээр үндэслэсэн болно. Энэ хувилбарт ашигласан жишиг автобусыг Соларис Урбино 12 Гидроген (Соларис, 2020)-д өгөгдсөн өгөгдлийн дагуу тохируулсан. Үзүүлэлт нь:

- 70 кВт-ын полимер электролитийн түлшний элемент
- 100 кВт.ц батарей
- Хурд авахад зориулсан 200 кВт-ын боломжит хамгийн их чадал
- 50 кВт-ын нөхөн сэргээх чадал
- 350 км зам туулах чадвар.

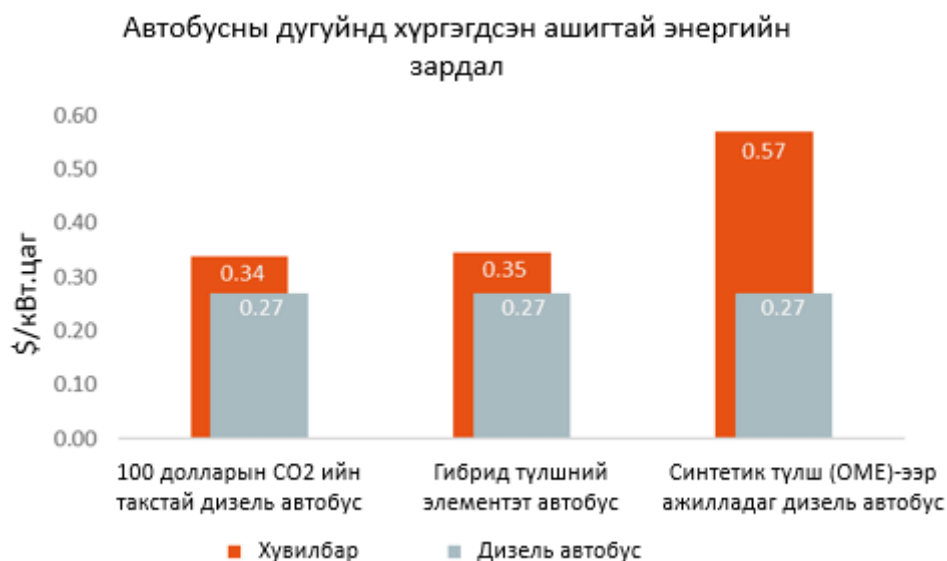
Тус судалгааны хүрээнд судалсан нэг электролизатор системээр 450 орчим автобус ашиглахад хангалттай түлш нийлүүлэх боломжтой бөгөөд энэ нь хотын одоогийн паркийн тал орчим хувийг эзэлж байна. Дизель хөдөлгүүртэй харьцуулахад түлшний элемент хосолсон системд 48,000 ам. долларын нэмэлт хөрөнгө оруулалтын зардал, 10 жилийн элэгдлийн хугацаа, жилд 3,000 ажиллах цаг зэрэг нөхцөлөөр тооцоог гүйцэтгэв.

Энэхүү жишээнд дизель хөдөлгүүрээр ажилладаг (200 кВт) энгийн автобусыг парк шинэчлэлтийн хугацаанд худалдан авах, дээр дурдсантай адил үйл ажиллагаа, элэгдлийн өгөгдлийг жишиг болгон ашигласан болно. Устөрөгчийн хувилбараас гадна дизель хөдөлгүүртэй автобусанд дизель түлшний оронд нийлэг түлш (биомассаас гарган авсан оксиметилен эфир) хэрэглэх хувилбарыг мөн судлаад байна.

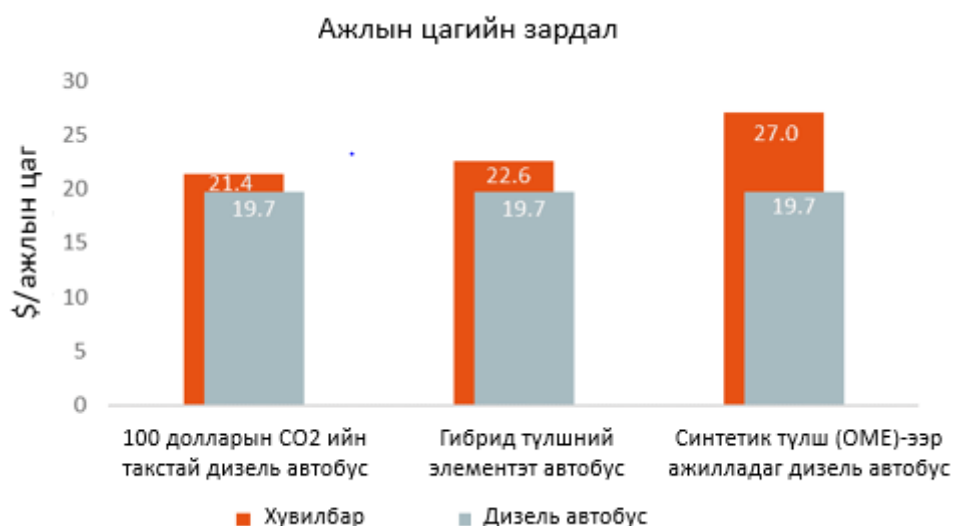
Түлш, шатахуун талаас авч үзвэл автобусны дугуйг эргүүлэхэд зарцуулж байгаа энергийн хэмжээ нь бодит ашигтай энерги юм. Энэ ашигтай энергийн зардал нь бусад бүхий л холбогдолтой ашигт үйлийн итгэлцүүр болон зардлуудын факторуудыг багтаах бөгөөд түлшнүүдийг хооронд нь харьцуулах үндсэн үзүүлэлт юм. Гибрид устөрөгчийн автобусны (түлшний элемент ба батарей хосолсон) нэгж кВт.ц-ийн зардал 0.345 доллар, харин дизель хөдөлгүүртэй автобусны хувьд нэг литр түлшний үнийг 0.9 ам. доллар гэж үзвэл нэгж кВт.ц-ийн зардал нь 0.270 доллар байна. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд нийлэг түлш (ОМЕ)-тэй автобусыг түлшээр цэнэглэх нь ихээхэн зардал шаарддаг бөгөөд үүний үр дүнд 0.570 доллар/кВт.ц -ын зардал гарахаар байна.

Хөрөнгө оруулалтын зардлын хувьд гарах ялгааг харгалзан авч үзэхийн тулд нэгж ажлын цагт гарах зардлаар нь мөн нэмэлт харьцуулалт хийдэг. Энэ шинжилгээний үр дүнд түлшний

элементэд гибрид автобус нь цагт 22.6 долларын өртөгтэй, цагт 19.7 ам. долларын зардлаар ажиллаж байгаа дизель хөдөлгүүртэй автобустай харьцуулахад 14.7% -иар илүү болохыг харуулж байна. Нийлэг түлшээр ажилладаг автобусууд дизель автобустай ойролцоо хөрөнгө оруулалтын зардал (CAPEX)-тай ч ашиглалтын зардал нь 27 ам. доллар/цаг байна. Нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтын зардлыг бодолцож дизель автобусны ашиглалтын зардлыг тооцвол цагт 21.4 ам. доллар хүрч өсөх тул энэ тохиолдолд түлшний элементээр ажилладаг автобус ердөө 5.6%-ийн илүү зардалтай байна (хүлэмжийн хийн ялгаруулалтын зардлыг тонн тутамд 100 ам. доллароор тооцов). Эдгээр харьцуулалтыг Зураг 14, Зураг 15-д үзүүлэв.



Зураг 12. Улаанбаатарт нийтийн тээврийн автобуснуудын дугуйнд очих ашигтай энергийн зардлын харьцуулалт.



Зураг 13. Ажлын цагийн хувьд Улаанбаатар дахь нийтийн тээврийн автобуснуудын зардлын харьцуулалт, хөрөнгө оруулалтын зардлыг оруулсан.

Халаалт ба ахуйн хэрэглээний дулаан

Гэр хороолол дахь төвлөрсөн бус халаалт, хоол бэлтгэлийг одоогоор нүүрсээр ашиглан гүйцэтгэж байгаа бөгөөд энэ нь хүлэмжийн хийн ялгаруулалтыг ихэсгэж, агаарын чанарыг муутгаж байна. Шингэрүүлсэн хийн түлшийг жишиг түлш болгон ашигласнаар халаалтад хэрэглэх ногоон устөрөгч нь хамаагүй өндөр өртөгтэй болох юм. Тиймээс эдийн засгийн талаас үзэхэд ойрын хугацаанд Монголд хэрэглэх боломжтой нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах хувилбарт тохирохгүй болохыг жишээ судалгаа харуулж байна. Өндөр өртөгт нөлөөлж буй гол хүчин зүйл бол устөрөгчийн бага энергийн нягт бөгөөд энэ нь хадгалах, тээвэрлэхэд илүү их зардал шаардана.

Халаалт нь нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад хүндрэл учруулах өөр нэгэн жишээ юм. Одоогийн байдлаар барилгын дулааныг ихэвчлэн шатамхай түлшээр олон арга замаар хангаж байгаа ба үүнд төвлөрсөн халаалтын системээр дамжуулах, эсвэл түлшийг шууд шатаах, дулааны насос зэрэг багтана.

Дэлхий даяар байшингийн халаалтад хамгийн түгээмэл хэрэглэгддэг түлш бол байгалийн хий юм (Устөрөгчийн зөвлөл, 2020 – Hydrogen Council, 2020). Байгальд ээлтэй халаалтын технологиуд дотроос дулааны насос нь улам бүр түгээмэл болж байгаа ба зарим бүс нутагт өргөн хэрэглэгдэж байна. Дулааны насос нь хүрээлэн буй орчноос дулаан гаргаж авахын тулд цахилгаан эрчим хүч зарцуулдаг бөгөөд үйлдвэрлэсэн 3 нэгж дулаан тутамд ойролцоогоор 1 нэгж цахилгаан зарцуулдаг (Гэрхардт, 2020). Өмнө дурдсанчлан, эрчим хүчний хэмнэлт талаас үзэхэд устөрөгчийг цахилгаан эрчим хүчээр хангах боломжгүй нөхцөлд ашиглах нь хамгийн тохиромжтой юм. Өөрөөр хэлбэл, дулааны насос нь техникийн хувьд боломжтой ба ерөнхий тохиолдолд энергийн нэгжид илүү их дулаан үүсгэдэг. Гэсэн хэдий ч хэт хүйтэн уур амьсгалтай эсвэл одоо ашиглагдаж буй хийн дэд бүтэцтэй газар гэх мэт дулааны насос ашиглахад тохиромжгүй тохиолдолд бусад шийдлүүдийг авч үзэх нь зүйтэй. Хог хаягдлаас гарган авсан дулаан, төвлөрсөн халаалтын системээр түгээсэн тогтвортой биомассаас гадна барилгын дулааныг хангахад нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах өөр нэг боломжит арга бол ногоон устөрөгч юм. Устөрөгчийг гарган авах янз бүрийн арга замууд байдаг бөгөөд арга зам бүр өөр өөр сорилтуудтай тулгарна.

Зөв нөхцөлд халаалтын зорилгоор устөрөгчийн бойлер ашиглах нь ирээдүйтэй цэвэр халаалтын шийдэл болно. Бойлерийн хөрөнгө оруулалтын зардал буурахтай холбогдолтой устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн хүлээгдэж буй бууралт нь устөрөгчийн бойлерийг биометан болон дулааны насостой өрсөлдөхүйц болгох юм. Гэсэн хэдий ч устөрөгчийг түгээх асуудал тулгамдсан хэвээр байгаа бөгөөд устөрөгч түгээх сүлжээ болгон хувиргах боломжтой байгалийн хийн дэд бүтэц бүхий бүс нутагт устөрөгчийн бойлерыг хамгийн тохиромжтой байх болно (Устөрөгчийн зөвлөл, 2020 – Hydrogen Council, 2020). Ийм нөхцөлд устөрөгч нь хуучин барилгуудын хувьд дулааны насосоос илүү өрсөлдөхүйц болох магадлалтай, учир нь дулааны насосыг ашиглахын тулд засвар, шинэчлэл шаардлагатай. Устөрөгчийн зөвлөлийн судалгаагаар устөрөгчийн үнэ 5.4 ам.доллар/кг бол устөрөгчийн бойлерыг шинэчлэгдсэн орон сууцны дулааны насостой өрсөлдөхүйц болгох ба биометантай өрсөлдөхүйц үйлдвэрлэлийн үнэ 3 ам.доллар/кг байна (Устөрөгчийн зөвлөл, 2020 – Hydrogen Council, 2020).

Нөгөөтээгүүр, зарим судалгаанд дулааны насос нь ялангуяа эрчим хүчний хэмнэлтийн үүднээс илүү ашигтай шийдлийг санал болгодог тухай авч үздэг байна. Устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн процессын олон төрлийн хувиргах үе шатууд нь эрчим хүчний үр ашгийг ихээхэн бууруулахад хүргэдэг.

Өөр нэгэн хувилбар бол одоогоор ашиглагдаж буй байгалийн хий дамжуулах хоолойд устөрөгчийг холих ба үүнийг дахин сэргээн засварлах шаардлагагүйгээр 20% хүртэл холих байдлаар

гүйцэтгэх боломжтой. Монгол улс байгалийн хийн өргөн тархсан дэд бүтэцгүйгээс гадна энэ хувилбарыг нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах хувилбар гэж үзэж болохгүй. Учир нь энэ нь бага хэмжээгээр хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах арга зам юм (Гэрхардт нар, Устөрөгчийн зөвлөл, 2020 – Hydrogen Council, 2020). Нэмж хэлэхэд устөрөгч холих шийдлийг нэвтрүүлэх нь нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах дэвшилтэт технологид шилжих явцыг удаашруулах эрсдэлтэй.

Устөрөгч ашиглан дулаан үүсгэх барилгын зориулалттай халаалтын системийн хоёр дахь технологи бол түлшний элемент бүхий дулаан цахилгаан хослуулсан үүсгүүр (ТЭ-ДЦҮ) бөгөөд энэхүү технологи нь түлшний элементээс цахилгаан үйлдвэрлэхэд ялгарсан дулааныг барилгын халаалтад ашигладаг. Энэ технологийн илт давуу тал нь өндөр үр ашиг юм. Цахилгаан, дулааны хосолсон горимд систем 95% хүртэлх хувийн үр ашигтай ажиллах боломжтой (Шэлл, 2017). Гэсэн хэдий ч ТЭ-ДЦҮ нь ихэвчлэн харьцангуй бага дулааны гаралттай байдаг тул барилгын дулааны хэрэгцээг хангах боломжгүй тохиолдолд хосолсон систем шаардлагатай. Эдийн засгийн үндэслэлийн хувьд ТЭ-ДЦҮ нь 2030 он гэхэд 1.9 ам. доллар/кг устөрөгчийн үнээр устөрөгчийн бойлер болон дулааны насостой өрсөлдөхүйц болно гэсэн тооцоо гарсан байна (Устөрөгчийн зөвлөл, 2020). Энэ төрлийн технологи худалдаанд нэвтэрсэн байгаа бөгөөд Европ, Япон зэрэг хэд хэдэн улс орон, бүс нутагт жишээ системийг туршсан байна (Шэлл, 2017).

Барилгын халаалтад хамгийн тохиромжтой нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах хувилбарыг тодорхойлох нь орон нутгийн эрчим хүчний хэрэглээний байдал, орон нутгийн барилга байгууламжийн нөхцөл байдал, цаг уурын нөхцөл, устөрөгчийн үйлдвэрлэл ба түгээх зардал, тоног төхөөрөмж зэрэг хэд хэдэн нөхцөл байдлаас шалтгаална. Иймд тухайн улс орон эсвэл бүс нутагт хамгийн тохиромжтой хувилбарыг тодорхойлохын тулд тохиолдол тус бүрээр нь үнэлгээ хийх шаардлагатай.

Монгол улсад одоогоор барилгын халаалтыг төвлөрсөн дулааны станц, бие даасан бойлер эсвэл гэр хороололд түүхий нүүрс шатаах зэргээр хангаж байна (Сэншав, 2020). Улаанбаатар хотын нийт хүн амын 60% орчим нь гэр хороололд амьдардаг ба тэдэнд улсын эзэмшлийн дэд бүтцийг ашиглах боломж хомс байдаг. Тиймээс халаалтыг ихэвчлэн нүүрсний зуух ашиглан шийддэг ба үүний үр дүнд гэр бүлийн орлогын 25-40% орчмыг эзлэх хэмжээний өндөр түлшний зардал гардаг (Карлайл ба Певзнер, 2019).

Үүнээс гадна, одоогийн хэрэглэгдэж буй халаалтын систем нь их хэмжээний агаарын бохирдол үүсгэж байгаа ба улмаар хүн амын эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлж буй агаарын бохирдол гэх аль хэдийн тулгамдсан асуудлын үндэс болж байна. Тухайлбал, Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлын хэмжээ дэлхийн хэмжээнд бүртгэгдсэн хамгийн өндөр төвшний нэг бөгөөд 2018 онд Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллагын аюулгүй гэж үзсэн хэмжээнээс 133 дахин их агаарын бохирдолтойгоор бүртгэгдсэн байна (Рон Куи, Вү, 2019). Түүхий нүүрс, мод түлж халаалтыг шийдэж буй хотын захын дүүргүүдэд агаарын бохирдол бүр ч хурцаар тавигдаж байна.

Халаалтын салбарын жишээ судалгаанд гэр хорооллын төвлөрсөн бус халаалт, хоол бэлтгэх эрчим хүчний хэрэгцээг устөрөгчийн бойлер болон шингэрүүлсэн хийн түлшний технологитой харьцуулан судалсан болно.

Устөрөгчийн түлшээр ажилладаг төвлөрсөн халаалтын шийдэл нь дулааны насос эсвэл цахилгаан дулаан хосолсон станцтай өрсөлдөхүйц бус тул цаашид дүн шинжилгээнд авч үзэхгүй болно (Пудлик, Сифанг and Фрэнк, 2021).

Одоогоор ашиглагдаж буй чанар муу, маш хямд өртөгтэй, бохирдол ихтэй нүүрсний технологиос татгалзах саналтай байгааг авч үзэн, шингэрүүлсэн хийн түлшний цилиндрийг энэхүү судалгааны жишиг болгон ашиглав. Ийм түгээх дэд бүтцийг (жишээлбэл, хийн цилиндрийн дулаан солилцох

систем) шингэрүүлсэн хийн түлш болон устөрөгчийн аль алинд нь тавих шаардлагатай. Гэсэн хэдий ч шингэрүүлсэн хийн түлш нь шатамхай түлшнээс гаралтай тул нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах хувилбар гэж үзэх боломжгүй юм. Мөн шатахууныг Монголд импортлох шаардлагатай.

Иймд устөрөгч нь шаталтын явцад хүлэмжийн хий, хөө тортог болон бусад бохирдуулагч бодис үүсгэдэггүй тул эрчим хүчний аюулгүй байдал, эрүүл мэндийн талаасаа боломжит хувилбар байж болно. Нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах өөр нэгэн хувилбар бол устөрөгч дээр суурилсан метанол ашиглах бөгөөд энэ нь шингэрүүлсэн хийг орлох боломжтой юм.

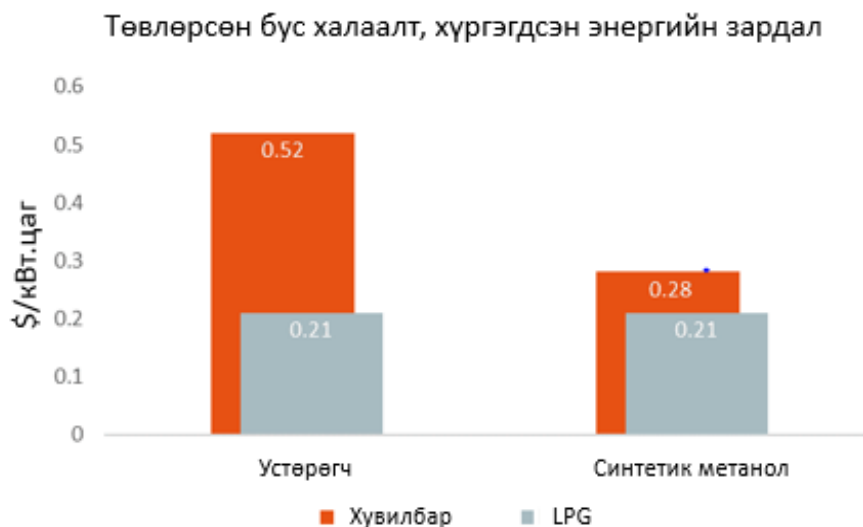
Өмнөх жишээ судалгаануудын нэгэн адил энэ хувилбарт мөн жилд 4000 цагийн турш ажиллах, 1 кг устөрөгч тутамд 3.72 ам долларын үнээр 1,360 тонн устөрөгч үйлдвэрлэдэг 18 МВт-ын хүчин чадалтай электролизаторын төхөөрөмж багтсан болно. Устөрөгчийг 200 бар даралтад байлгах шаардлагатай бөгөөд 50 литр багтаамжтай хийн цилиндрт хэдэн долоо хоног хадгалах боломжтой. Нэг хийн цилиндрт 20 кВт.ц эрчим хүч хуримтлуулж, улмаар дулаан үйлдвэрлэх боломжтой болно.

Шингэрүүлсэн хийн цилиндрийн хэрэглээг авч үзсэн жишиг хувилбар нь кВт.ц тутамд 0.06 ам. долларын үнэтэй импортын шингэрүүлсэн хий дээр суурилсан. 11 кг шингэн хийн түлш агуулсан цилиндрт халаалт, хоол бэлтгэх зориулалтаар ашиглах боломжтой 141 кВт.ц эрчим хүч агуулагддаг.

Энэ жишээн дээрх харьцуулалтад зууханд хүргэсэн ашигтай энергийн хэмжээг кВт.ц-аар илэрхийлж гаргасан болно. Энд эцсийн зардалд хий агуулах савыг цэнэглэх, хадгалах, хүргэх зардлын тооцоонуудыг багтаасан болно. Шингэрүүлсэн хийн түлшний саванд агуулагдах энерги нь устөрөгчийн саванд агуулагдах хэмжээнээс 7 дахин их байдаг. Энэ нь устөрөгчийн томоохон сул тал болдог. Түүнчлэн устөрөгчийг өндөр даралтад хадгалахад шаардлагатай байгаа (200 бар) нь бэрхшээл авчирч байна гэдгийг тэмдэглэх нь зүйтэй.

Зураг 16-д үзүүлсэн үр дүнгээс харахад шингэрүүлсэн хийн түлш кВт.ц тутамд 0.21 ам. доллар байхад устөрөгч кВт.ц тутамд 0.52 ам.доллар байна. Метанолын хувьд кВт.ц нь 0.28 ам. долларын өртөгтэй болохоор байна.

Хэдий даралтаар шахсан ч энергийн нягтрал бага байгаа нь устөрөгчийн боломжийг хязгаарладаг. Энэхүү асуудал болон үйлдвэрлэлийн өндөр зардлын асуудлыг харгалзан үзвэл дулаан хангах зориулалтаар устөрөгчийг шууд шатаах нь үр ашиггүй хэрэглээ гэж үзэж болохоор байна. Нийлэг түлшний хувьд нь шингэрүүлсэн хийн түлшнээс 33%-иар илүү өртөгтэй ч Монголд дотооддоо үйлдвэрлэх боломжтой нь давуу тал болно.



Зураг 14. Гэр хорооллын өрхийн халаалтад болон хоол унд боловсруулахад гарах түлшний зардлын харьцуулалт.

3.3 Технологи хэрэгжүүлэлтийн үр нөлөө

Хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах боломж

Загварын үр дүнгүүдэд үндэслэн энэ хэсэгт хүлэмжийн хийн ялгаралд үзүүлэх нөлөөлөл болон тогтвортой хөгжлийн зорилтуудад дүн шинжилгээ хийсэн эцсийн хэрэглээний салбаруудад ногоон устөрөгч рүү шилжихэд үзүүлэх нөлөөг тооцоолсон. Уул уурхайн салбарыг ногоон устөрөгч рүү шилжүүлэх нь хүлэмжийн хийн ялгаруулалтад хамгийн их нөлөө үзүүлэх боломжтой бөгөөд ногоон устөрөгчийн салбар нь Монгол Улсын Тогтвортой хөгжлийн үзэл баримтлал 2030 -д тусгасан арван зорилтын зургаад нь хүрэхэд хувь нэмэр оруулах боломжтой болохыг үр дүн харуулж байна.

Уул уурхайн хүнд даацын тээврийн хэрэгслүүдийг устөрөгчөөр ажилладаг ачааны машинаар солиход үүсэх боломж, үр нөлөө нь жилд 1.2 Мега тн CO₂ ялгаруулалтыг бууруулах буюу энэ нь улсын хэмжээнд нийт ялгаруулах хэмжээний ойролцоогоор 3.5%-д тэнцэхүйц (LULUCF-аас гадна), мөн хүлэмжийн хийг бууруулах зардал нь ойролцоогоор тонн тутамд 9 ам. доллар байхаар байна.

Зарим хүнд даацын уул уурхайн ачааны машинууд өдөрт 21,000 л дизель түлш хэрэглэнэ. Их хэмжээний хүлэмжийн хий ялгаруулдаг (Мур, 2020). Зургаан ачааны машиныг ногоон устөрөгч рүү шилжүүлэх уул уурхайн кэйс судалгаанаас харвал, жилд 32,000 тонн орчим CO₂-г агаарт ялгаруулахаас зайлсхийх боломжтой (Пудлик, Сейфанг болон Франке, 2021) Зураг-17. Оюутолгойн зэсийн уурхайн 35 самосвалаас бүрдсэн нэг паркийг авч үзээд бүгдийг нь түлшний элементээр ажилладаг болгоход үзүүлэх нөлөөлөл нь хорт утааг жил бүр 160,000 тонн CO₂ ялгаруулах хэмжээгээр бууруулах боломжтой. Нүүрс олборлолтыг эс тооцвол Монголд олборлодог гол ашигт малтмал нь зэс, төмөр юм.

Ашигт малтмалын олборлолтод ноогдох ачааны машины тоо, хэмжээг Оюутолгойнхтой ижил харьцаатай гэж үзээд мөн зэс (Оюутолгой, Эрдэнэт үйлдвэрүүд) болон төмрийн хүдрийн үйлдвэрлэлийн тал хувьд самосвалаар тээвэрлэлт хийх орлуулга хийн тооцвол жилд ойролцоогоор 1.2 сая тонн CO₂-н ялгаруулалтыг бууруулах буюу үндэсний хэмжээнд ялгаруулах

хэмжээг бараг 3.5%-иар бууруулах боломжтой (Эдийн засгийн судалгааны хүрээлэн, 2017; Монгол Улсын Засгийн газар, 2017; ОУИТБС, 2020б). Эндээс харахад уул уурхайн салбарт түлшний элемент бүхий ачааны машин нэвтрүүлэхэд үүсэх нөлөө нь үнэлэхүйц хэмжээний их бөгөөд Үндэсний тодорхойлсон хувь нэмрийн зорилтыг хангахад тодорхой хувь нэмэр оруулна. Энэ нь хүлэмжийн хийн ялгаруулалтын зардлыг ойролцоогоор нэгж тонн хүлэмжийн хий тутамд 10 ам. долларт хүргэх боломжтой.



Зураг 15. Монголын уул уурхай болон нийтийн тээврийн салбаруудад хүлэмжийн хийн ялгаруулалтыг бууруулах боломжийн тооцоолол (килотонн-СО₂/жил)⁶.

Нийтийн тээврийн паркийг устөрөгчийн технологи руу шилжүүлэхэд үүсэх үр нөлөө нь уул уурхайн салбартай харьцуулахад бага. Тухайлбал Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн автобусны паркийг ногоон устөрөгчөөр ажилладаг түлшний элементийн автобусаар сольсноор жилд 39,000 тонн СО₂-н ялгаруулалтыг бууруулах ба хүлэмжийн хийн ялгаруулалтыг бууруулах зардал нь тонн тутамд 100 ам. доллараас дээш байх тооцоо гарч байна. Улаанбаатар хот бол орон нутгийн нийтийн тээврийн паркдаа богино ба дунд хугацаанд өөрчлөлт оруулах шаардлагатай Монголын цорын ганц хот юм. Тиймээс нийтийн тээврийн салбарт тавьсан тусгай бодлого, арга хэмжээнүүд нь энэ хотод үйлчилгээнд байгаа автобуснуудаар хязгаарлагдана. Хэдий сөрөг нөлөөг багасгах боломж, нөөц нь хязгаарлагдмал ч энд гарах өөрчлөлт нь хотын агаарын чанарыг сайжруулах гэх мэт өөр зэрэг нөлөөг авчирч болно. Энэ талаар дараагийн хэсэгт авч үзэх болно.

Тогтвортой хөгжлийн хөтөлбөр

Байгаль орчинд үзүүлэх эерэг нөлөөнөөс гадна энд тодорхойлсон хэрэглээнүүдэд ногоон устөрөгчийг нэвтрүүлэх нь өөр ашиг тусыг авчирч болно. Монгол Улсын эрчим хүчний системд устөрөгчийн оролцоог нэмэгдүүлснээр эрчим хүчний аюулгүй байдал, худалдааны үр ашиг, агаарын чанар, ажлын байр бий болгох гэх мэт эерэг нөлөөллүүд үүсэж болзошгүй юм.

Монгол Улс үндэсний хэмжээний бодлогоо тогтвортой хөгжлийн бодлогууд болох Үндэсний ногоон хөгжлийн бодлого (ҮНХБ), Тогтвортой хөгжлийн үзэл баримтлал 2030 (Алсын хараа 2030), Монгол Улсын Тогтвортой хөгжлийн хэтийн төлөв (МУТХХТ) (ҮТХН-ын түншлэл, 2019) гэх мэт

⁶ Улаанбаатар автобус парк түлшний элементийн тээврийн хэрэгсэлд бүрэн шилжих, уул уурхайн өөрөө буулгагч 6 машин, Оюутолгойн зэсийн уурхайн иж бүрэн парк, үндэсний зэсийн үйлдвэрлэл, төмрийн хүдрийн үйлдвэрлэлийн тал хувийг бүрдүүлж буй зэргийг оролцуулна.

бодлогуудтай уялдуулахад хүчин чармайлт гаргасан. Тогтвортой хөгжлийн зорилтуудыг (ТХЗ) ерөнхийдөө Алсын хараа 2030-д тавьсан шалгуур үзүүлэлтүүдэд нэгтгэсэн бөгөөд тэдгээрийг Хүснэгт 4-т үзүүлэв. Эдгээр үзүүлэлтүүдийг ашиглан устөрөгчийн технологийг нэвтрүүлснээр ямар зорилтуудад хүрч болох вэ? гэдэгт дүн шинжилгээ хийв.

Хүснэгт 4. Монголын тогтвортой хөгжлийн хөтөлбөрт үзүүлэх устөрөгчийн нөлөө ⁷.

	Тогтвортой хөгжлийн үзүүлэлтүүд	Устөрөгчийн нэвтрэлт ба нүүрстөрөгчгүйжүүлэх үр нөлөө
1	Нэг хүнд ногдох ҮНБ-ийг 17500 ам.долларт хүргэж, орлогод түшиглэсэн дунджаас дээш орлоготой орон болно.	 Нэг хүнд ногдох ҮНБ-ийг 17500 ам.долларт хүргэж, орлогод түшиглэсэн дунджаас дээш орлоготой орон болно.
2	2016-2030 онд эдийн засгийн жилийн дундаж өсөлтийг 6.6 хувиас багагүй байлгах	 2016-2030 онд эдийн засгийн жилийн дундаж өсөлтийг 6.6 хувиас багагүй байлгах
3	Ядуурлыг бүх хэлбэрээр нь зогсоох	 Ядуурлыг бүх хэлбэрээр нь зогсоох
4	Орлогын тэгш бус байдлыг бууруулж, хүн амын 80 хувийг дунд ба дундаас дээш орлоготой болгох	 Орлогын тэгш бус байдлыг бууруулж, хүн амын 80 хувийг дунд ба дундаас дээш орлоготой болгох
5	Бага болон мэргэжлийн боловсролын сургалтад хамрагдалтыг 100 хувьд хүргэж, амьдралынхаа турш суралцах боломжтой тогтолцоог бүрдүүлнэ.	 Бага болон мэргэжлийн боловсролын сургалтад хамрагдалтыг 100 хувьд хүргэж, амьдралынхаа турш суралцах боломжтой тогтолцоог бүрдүүлнэ.
6	Монгол хүний амьдрах орчныг сайжруулах, эрүүл, урт удаан наслах боломж руу хөтлөх; дундаж наслалтыг 78 нас хүртэл нэмэгдүүлэх	 Монгол хүний амьдрах орчныг сайжруулах, эрүүл, урт удаан наслах боломж руу хөтлөх; дундаж наслалтыг 78 нас хүртэл нэмэгдүүлэх
7	Хүний хөгжлийн индексээр эхний 70 орны тоонд багтана	 Хүний хөгжлийн индексээр эхний 70 орны тоонд багтана
8	Экологийн тэнцвэрт байдлыг хадгалж, дэлхийн ногоон эдийн засгийн индексэд эхний 30 орны тоонд багтах	 Экологийн тэнцвэрт байдлыг хадгалж, дэлхийн ногоон эдийн засгийн индексэд эхний 30 орны тоонд багтах
9	Бизнес эрхлэлтийн индексэд эхний 40 орны тоонд багтах, дэлхийн өрсөлдөх чадварын индексэд эхний 70 орны тоонд багтана.	 Бизнес эрхлэлтийн индексэд эхний 40 орны тоонд багтах, дэлхийн өрсөлдөх чадварын индексэд эхний 70 орны тоонд багтана.
10	Хөгжлийн бодлогыг бүх түвшинд хэрэгжүүлэх; чадвартай, авлигагүй, мэргэжлийн, тогтвортой, иргэдийн оролцоотой засаглалыг бий болгох	 Хөгжлийн бодлогыг бүх түвшинд хэрэгжүүлэх; чадвартай, авлигагүй, мэргэжлийн, тогтвортой, иргэдийн оролцоотой засаглалыг бий болгох

Нийгмийн эрүүл мэнд талаас авч үзвэл цэвэр түлш рүү шилжих нь тоосонцор үүсэхээс зайлсхийх болон эрүүл мэндэд нөлөөлөх хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах замаар агаарын чанарыг

⁷ Зохиогчдын гүйцэтгэсэн дүн шинжилгээ. Ногоон өнгөөр ногоон устөрөгчийг нэвтрүүлэх нь тогтвортой хөгжлийн үзүүлэлтэд эерэг нөлөөтэйг илэрхийлнэ. Шар өнгөөр шууд холбоос тогтоогоогүйг илэрхийлнэ

сайжруулах боломжтой юм. Монгол улсад, тэр дундаа хот суурин газрын аль хэдийн тулгараад буй агаарын чанарын асуудлыг шатамхай түлшнээс татгалзаж, сэргээгдэх эрчим хүч ашигласан энерги зөөгч рүү шилжих замаар сайжруулах боломжтой юм.

Нүүрстөрөгчийн ялгарал багатай эрчим хүчний системд шилжих нь хэдийгээр ихээхэн хэмжээний хөрөнгө оруулалт шаарддаг ч ажлын байр бий болгоход тустай. Сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэл, устөрөгчийн үйлдвэрлэлд ажиллахаас эхлээд эцсийн хэрэглээний бүх боломжит хэрэглээ хүртэл, илүү төвлөрсөн бус, хөдөлмөр их шаарддаг эдийн засаг нь устөрөгчийг бусад нөөцтэй хослуулан хэрэглэх үед өндөр ур чадвар шаардах ажлын байраар хангах боломжтой (жишээлбэл, устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг бусад нөөцтэй холбох, нэмүү өртөг өндөртэй эдгээр түүхий эдийн худалдааг нэмэгдүүлэх) (ОУСЭХА, 2019а – IRENA, 2019а).

Эдгээр үзүүлэлтээс гадна ногоон устөрөгч рүү шилжих нь нефтийн импортоос бүрэн хамааралтай байдлыг бууруулж, эрчим хүчний аюулгүй байдлыг нэмэгдүүлэх болно. Эдийн засагт эерэг нөлөө үзүүлж болох өөр нэг зүйл бол дэлхийн зах зээлд илүү цэвэр уул уурхайн бүтээгдэхүүн нийлүүлэх явдал юм. Чили, Өмнөд Африк зэрэг уул уурхайн томоохон улсууд хүнд үйлдвэрийн салбартаа устөрөгчид суурилсан технологид шилжиж байгаа тул дэлхийн зах зээлд дагалдах ялгаралт багатай уул уурхайн бүтээгдэхүүний нийлүүлэлт нэмэгдэж байна. Улс орон, бүс нутгууд ирээдүйд импортын бараанд илүү хатуу шаардлага тавихаар нүүрстөрөгчийн хилийн зохицуулалт зэрэг арга хэрэгслийг авч үзэж байгаа энэ үед уул уурхайн салбар илүү цэвэр технологид шилжих нь Монгол улсад эдийн засгийн хувьд ашигтай байх болно.

4 Бодлогын үүрэг ба ач холбогдол

Бүлэг 3-д хийсэн дүн шинжилгээнд үндэслэн цаашдын шийдвэр гаргах болон бодлого боловсруулахад судалгааны үр дүнг хэрхэн ашиглаж болохыг энэ хэсэгт судлах зорилготой. Тухайлбал, устөрөгчийн дэлхийн түвшний судалгаа, шинжилгээг авч үзэн устөрөгчийг нэвтрүүлэх урьдчилсан нөхцөлийг тодорхойлох. Монгол улсын хэтийн төлөвийг харгалзан үзээд, боломжит нэмүү өртөг бий болгоход чиглэсэн салбаруудад ногоон устөрөгч рүү шилжих үйл явцыг хурдасгах орчин нөхцөлийг бүрдүүлэхүйц бодлого, арга хэрэгслийг эрэлхийлэх явдал юм. Энэ хэсгийн гол дүгнэлт нь Монголын устөрөгчийн салбарын төлөв байдлыг харгалзан эхний шатанд судалгаа, хөгжүүлэлт болон туршилтууд явуулахад гол анхаарлаа хандуулах нь эн тэргүүний зорилт байх ёстойг тодотгосон. Өмнөх үр дүнгүүдэд үндэслэн Монголд нийлэг түлш үйлдвэрлэх болон хэмжээг нь нэмэгдүүлэхтэй холбоотой бодлогын талаар нэмэлт дүн шинжилгээ хийхгүй.

Түүхэнд хэрэглээнд шинээр нэвтэрсэн ихэнх эрчим хүчний төрлүүдийн нэгэн адил устөрөгч ч мөн адил зах зээлд орж, хөлөө олох нь бодлого, дэмжлэгээс багагүй хамааралтай. Устөрөгчийг эрчим хүчний салбарт ашиглах нарийн төвөгтэй байдлаас хамаараад бодлого, дэмжлэгийг сайтар боловсруулах, төлөвлөх шаардлагатай.

Устөрөгчийн олон янзын хэрэглээг тодорхой хэмжээнд туршиж, харуулаагүй байдал нь түүнийг бусад нүүрстөрөгчгүйжүүлэх хувилбаруудтай харьцуулахад хэцүү болгодог. Зарим салбаруудын хувьд нүүрстөрөгчгүйжүүлэхэд олон янзын технологийн хувилбаруудыг ашиглаж болох бөгөөд тэдгээр нь хоорондоо зардал болон цаг хугацааны явцад өгөх үр ашгаараа өрсөлдөж байгаа нь засгийн газруудад ирээдүйд хөгжүүлэх технологид чиглэсэн тодорхой шийдвэр гаргахад хүндрэл учруулж байна.

Хүснэгт 5-д дэлхийн хэмжээнд хэрэгжүүлж буй ногоон устөрөгчийг эрчим хүчний системд нэвтрүүлэх бодлогын сонголтуудыг тоймлон харуулсан бөгөөд тэдгээрийн заримыг дараа дараагийн хэсгүүдэд илүү дэлгэрэнгүй тайлбарласан. Өргөтгөсөн бодлогууд нь салбар дамнасан арга хэмжээг зохицуулах бөгөөд энэ нь заримдаа ерөнхий утгаараа нүүрстөрөгч бага ялгаруулдаг технологиудыг дэмжихэд чиглэх, зарим тохиолдолд онцгойлон ногоон устөрөгчийн алсын харааг бий болгоход чиглэдэг. Ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэх, түгээхтэй холбоотой олон төрлийн түлхүүр элементүүд дээр фокуслах нийлүүлэлтийг дэмжих бодлогуудын тоймыг мөн харуулсан. Энэ судалгаанд авч үзсэн салбарууд болох уул уурхайн хүнд ачаа тээвэр, нийтийн тээврийн салбар, мөн халаалт, дулаан хангамжийн салбарууд дээр төвлөрч тэдгээрийн стратеги, санхүү, зах зээл, зохицуулах бодлого талаас нь хэрэглээнүүдэд дүн шинжилгээ хийсэн.

Одоо тэдгээр бодлогуудын зарим нэгийг онцолж бодлогуудын ард байх онолыг тайлбарлах замаар илүү дэлгэрэнгүй хэлэлцэхдээ Монголын хувьд давуу эсвэл дутагдалтай талуудыг авч үзнэ.

Дэлхийн хэмжээнд тодорхойлогдсон жишээнүүдэд дурдсан стратеги, бодлогууд нь хэдий төгс биш ч устөрөгчийн бодлогын талаар дэлхийн жишгийг харуулдаг. Ногоон устөрөгчийн технологиуд ба тэдгээрийн нэвтрүүлэлт нь дэлхий даяар анхан шатандаа байгаа учраас бодитоор хэрэгжээд явж байгаа ихэнх бодлогын үр дагавар, нөлөөг үнэлэхэд хэцүү хэвээр байна.

Хүснэгт 5. Ногоон устөрөгчийг дэмжих бодлогын хувилбаруудын тойм.

Хамрах хүрээ		
Олон талт технологийн бодлого		Устөрөгчийг онцгойлсон бодлого
Бодлого		
Стратегийн	<ul style="list-style-type: none"> Ялгарлыг бууруулах зорилтууд эрчим хүчний нийлүүлэлтэд бага нүүрстөрөгч ялгаруулдаг түлшний зорилтот хувь хэмжээ 	<ul style="list-style-type: none"> Үндэсний стратеги Харилцан ойлголцлын санамж бичиг Электролизаторын хүчин чадлын зорилт
Санхүүгийн	<ul style="list-style-type: none"> Нүүрстөрөгч бага ялгаруулдаг технологиудыг санхүүжүүлэх хөтөлбөрүүд 	<ul style="list-style-type: none"> Судалгаа хөгжүүлэлтийн дэмжлэг Санхүүжилтийн батлан даалт Буцалтгүй мөнгөн тусламж
Зах зээлийн	<ul style="list-style-type: none"> Нүүрстөрөгч ялгаруулсны татвар/нүүрстөрөгчийн зах зээл Цэвэр энергийн сертификат Чулуужсан түлшний татаасыг зогсоох 	
Зохицуулах		<ul style="list-style-type: none"> Зах зээлд эзлэх хамгийн бага хувь хэмжээний шаардлага
Ханган нийлүүлэх бодлогууд		
Ерөнхий	<ul style="list-style-type: none"> Цэвэр энергийн судалгаа хөгжүүлэлтийн дэмжлэг Нүүрстөрөгч ялгаруулалтад үнэ тогтоох/ялгаруулалт худалдаалах схем 	<ul style="list-style-type: none"> Судалгаа хөгжүүлэлтийн дэмжлэг ба туршилтын төслүүд Устөрөгч үйлдвэрлэлийн зорилт эсвэл квот Зөрүүг нөхөх гэрээ Захиргааны журмаар үнэ тогтоох Үнэ тогтоох зорилт Эрчим хүчний аюулгүй байдал талаас устөрөгчийг нэвтрүүлэх Олон улсын хамтын ажиллагааг хөгжүүлэх
Электролизатор	<ul style="list-style-type: none"> Эрчим хүчний зах зээлд томоохон цахилгаан хэрэглэгчдийн оролцоо Эрчим хүчний систем дэх эрэлтийн дохиог дэмжих Зах зээлийн загвар, дагалдах зах зээлд оролцох 	<ul style="list-style-type: none"> Хөрөнгийн татаас ба буцалтгүй тусламж Электролизаторын хүчин чадлыг нэмэгдүүлэх зорилтууд Төр хувийн хэвшлийн түншлэлүүд PPPs Тоног төхөөрөмжийг импортын татвараас чөлөөлөх
Эрчим хүчний хангамж	<ul style="list-style-type: none"> Дулаан ба цахилгаан эрчим хүчийг салгах бодлого СЭХ-г дэмжих механизмууд СЭХ -н хязгаарлалтыг бууруулахад чиглэсэн бодлогууд Системийн уян хатан байдлыг нэмэгдүүлэх ба үнэлэх бодлогууд 	<ul style="list-style-type: none"> H₂-г үйлдвэрлэхэд ашигласан цахилгаан эрчим хүчнийг татвараас чөлөөлөх H₂ үйлдвэрлэхэд ашигласан цахилгаан эрчим хүчний харилцан татаас H₂ үйлдвэрлэлийг сүлжээний тарифаас чөлөөлөх
Дэд бүтэц	<ul style="list-style-type: none"> Гуравдагч үүсгүүр сүлжээнд нэвтрэх 	<ul style="list-style-type: none"> Үндэсний стратеги/хэрэгцээний үнэлгээ Санхүүжүүлэх хөтөлбөрүүд

	<ul style="list-style-type: none"> Сүлжээний төлөвлөлтийн үүрэг, загварчлал Сүлжээг хөгжүүлэх зардлыг хуваарилах 	<ul style="list-style-type: none"> Төр хувийн хэвшлийн түншлэлүүд Шатахуун түгээх станцуудыг байгуулах зорилтууд Холих стандартууд ба квот Үндсэн сүлжээ байгуулсны дараа баримтлах бодлогууд Дэд бүтцийн зориулалтыг өөрчлөх
Усны хангамж	<ul style="list-style-type: none"> Үндэсний стратеги 	<ul style="list-style-type: none"> Олон улсын хамтын ажиллагаа Усны нөөцийн менежмент/ устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг усны хэрэглээний нэг хэсэг болгох
Хэрэглээний бодлогууд		
Тээвэр		
Стратегийн	<ul style="list-style-type: none"> Зах зээлд эзлэх хамгийн бага хувь хэмжээний зорилтууд Утаа ялгаруулахгүй бүсүүд Эрчим хүчний хангамжид нүүрстөрөгч бага ялгаруулдаг түлшний квот 	<ul style="list-style-type: none"> Зах зээлд эзлэх хамгийн бага хувь хэмжээний зорилтууд
Санхүүгийн	<ul style="list-style-type: none"> Худалдан авалтын татаас Татвараас чөлөөлөх 	<ul style="list-style-type: none"> Төр хувийн хэвшлийн түншлэл Судалгаа хөгжүүлэлтийн буцалтгүй тусламж
Зах зээлийн	<ul style="list-style-type: none"> Ялгаруулалтыг худалдаалах схемүүд 	
Зохицуулалт	<ul style="list-style-type: none"> Төрийн худалдан авах ажиллагааны хөтөлбөрүүд Тээврийн хэрэгслийн утааны стандартууд 	<ul style="list-style-type: none"> Төрийн худалдан авах ажиллагааны хөтөлбөрүүд Устөрөгчөөр ажилладаг тээврийн хэрэгслийн стандартууд Холих стандарт ба квот
Халаалт, дулаан хангамж		
Стратегийн	<ul style="list-style-type: none"> Нүүрстөрөгчгүйжүүлэх төлөвлөгөө Сэргээн сайжруулах / шинэчлэх хөтөлбөрүүд 	<ul style="list-style-type: none"> Технологийн хэрэглэх боломжтой байдлын үнэлгээ
Санхүүгийн		<ul style="list-style-type: none"> Худалдан авалтын татаас Судалгаа хөгжүүлэлтийн санхүүжилт
Зах зээлийн		
Зохицуулалт	<ul style="list-style-type: none"> Барилгын кодчилал 	<ul style="list-style-type: none"> Холимог стандартууд ба квот

4.1 Өргөн цар хүрээг хамрах бодлого

Өргөтгөсөн бодлогууд нь онцгойлон ногоон устөрөгчийн нийлүүлэлт эсвэл хэрэглээ талыг онцолдоггүй бөгөөд нүүрстөрөгч ялгаруулдаггүй технологиудын үйлдвэрлэлийг илүү өргөн хүрээнд дэмжих, урамшуулахад чиглэдэг. Эдгээр бодлогуудыг үндэсний бусад салбар хоорондын бодлогууд болон тууштай байдлыг дэмжих зорилгуудтай холбож уях

ёстой. Энэ хэсэгт өргөтгөсөн бодлогуудын үйл ажиллагаа болон холбоотой байдлыг авч үзнэ.

Тусгайлсан эрэлт ба нийлүүлэлт рүү чиглэсэн бодлого хэрэгжүүлэхээс гадна өргөтгөсөн бодлогууд нь ногоон устөрөгчийн салбарын хөгжлийг илүү өргөн хүрээнд дэмжихэд мөн түүний хөгжлийг бусад уур амьсгалын өөрчлөлтийн бодлогууд болон стратегиудтай уях зорилготой юм. Өргөтгөсөн бодлого нь тухайн улс орны нүүрстөрөгчгүйжүүлэх хөтөлбөрт устөрөгчийн гүйцэтгэх үүрэгт зориулсан алсын харааг бий болгоход туслах ёстой. Ийм бодлогоос жишээ дурдвал утааг бууруулах зорилтууд, тодорхой салбаруудад нүүрстөрөгч багатай түлш эсвэл технологиудыг нэвтрүүлэх зорилтот хувь хэмжээ, нүүрстөрөгч ихээр ялгаруулдаг технологиос үе шаттайгаар татгалзах төлөвлөгөө гэх мэт дээрээс доош чиглэсэн шинж чанартай байж болно.

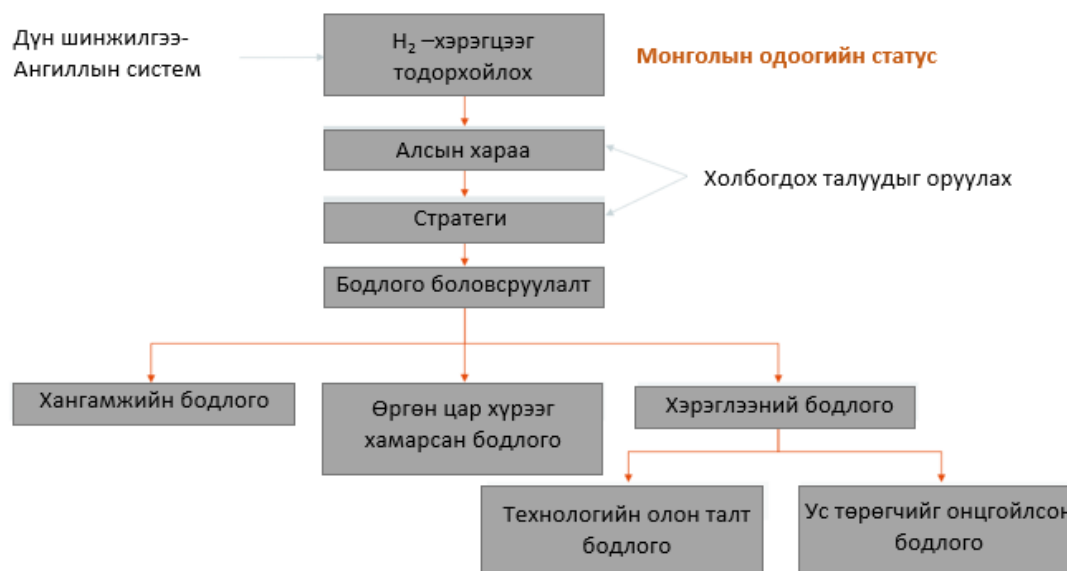
Монгол улс нүүрстөрөгчийн ялгарлыг саармагжуулах боломжит шийдлүүдийг тодорхойлж, хамгийн үр ашигтай бөгөөд хэмнэлттэй хувилбарыг зах зээлд танилцуулахын тулд технологийн олон талт бодлого боловсруулахыг зорьж байна. Ингэснээр хөгжил нь удааширсан эсвэл нүүрстөрөгчөөс ангижрахад үр ашиг багатай технологиудаас зайлсхийх боломжтой. Монгол улс нүүрстөрөгч ихээр ялгаруулдаг технологиудыг ашиглахаас татгалзах бодлого хэрэгжүүлэх ёстой. Тэдгээр технологиудыг үе шаттай зогсоох арга хэмжээ авснаар тэнд үүссэн орон зай нь цэвэр технологиудыг зах зээлд нэвтрүүлэх боломжийг үүсгэх юм. Үүнд үндэслэн Монгол улс өвөрмөц шийдлүүдийг хэрэгжүүлж болох, тэдгээр шийдлүүдийн технологид тусгайлан дэмжлэг өгч, хөгжүүлж болох хэрэглэгчид буюу хэрэглээний салбаруудыг тодорхойлох шаардлагатай.

Тухайлбал Монгол улс ногоон устөрөгчөөр хатуу түлшийг шууд орлуулах бус, харин ногоон устөрөгчийг нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад ашиглаж болох хэд хэдэн боломжит хувилбаруудын нэг гэж үзүүштэй. Иймээс үүнийг эцсийн хэрэглээний салбаруудыг шууд цахилгаанжуулах гэх мэт нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтыг бууруулахад туслах бусад хувилбаруудтай хамтад нь үнэлэх хэрэгтэй. Ногоон устөрөгчийн технологийг нэвтрүүлэх нь эрчим хүчний салбарт сэргээгдэх эрчим хүчний хүчин чадлыг нэмэгдүүлэх болон эцсийн хэрэглээний янз бүрийн тохиолдлуудыг шууд цахилгаанжуулах үйл явцад саад болохгүй байх ёстой. Эцэст нь устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг дэмжих бодлого төлөвлөгөө нь электролизатор ашиглахад шаардагдах эрчим хүчний нэмэлт хэрэгцээг хангахын тулд хатуу түлшээр ажилладаг эрчим хүчний станцуудын хүчин чадлыг нэмэгдүүлэхээс зайлсхийх нь нэн чухал юм.

Үүнд үндэслэвэл устөрөгчийн бодлого төлөвлөлтийн эхний алхам нь ангиллын системийг хөгжүүлэх явдал юм. Энэ нь ногоон устөрөгчийг тодорхой салбаруудад улс эсвэл бүс нутгийн онцлогийг харгалзан нэвтрүүлэхэд нэмүү өртөг шингээх боломж талаас нь мөн хүлээгдэж буй үр нөлөө талаас авч үзээд ангилал үүсгэдэг. Энэхүү судалгаагаар Монголын нөхцөлд дээр дурдсан ангилал, дүн шинжилгээ хийх анхны оролдлогыг хийсэн. Тус дүн шинжилгээ нь гурван хэрэглээний салбарт ногоон устөрөгчийн технологийг нэвтрүүлэхэд эдийн засгийн тохиромжтой байдлыг тодорхойлохын тулд хангамж болон хэрэгцээ талаас урган гарах саад бэрхшээлүүдийн талаар авч үзсэн. Гэвч тухайн салбар бүрд нүүрстөрөгчөөс ангижрах хамгийн тохиромжтой хувилбарыг тодорхойлохын тулд бусад технологиудтай харьцуулан нэмэлт судалгаа, загварчлал хийхийг санал болгож байна. Загварчлалын гол зорилго нь эцсийн хэрэглээний тодорхой салбаруудад ногоон устөрөгчийг нэвтрүүлэхтэй холбоотой эдийн засгийн үр ашгийг тооцоолоход чиглэсэн учраас дараагийн оновчтой алхам нь нүүрстөрөгчөөс ангижруулах бусад хувилбаруудтай харьцуулсан дүн шинжилгээ хийх явдал юм.

Монгол улс ногоон устөрөгчийг нүүрстөрөгчөөс ангижрах нэг хувилбар болгон авч үзэх тал дээр эхний шатандаа яваа бөгөөд цаашид хөгжүүлэх, дэмжихтэй холбоотой бодлого хараахан байхгүй байгаа учраас шинжилгээний үр дүнд үндэслэн ангиллын системийг зохиож болох юм. Энэхүү судалгааны үр дүнгээс үзэхэд ногоон устөрөгч нь дүн шинжилгээ хийгдсэн аль ч салбарт өрсөлдөх

чадваргүй байгаа ч ойрын болон дунд хугацаанд зарим эцсийн хэрэглээнд өрсөлдөх чадвартай болохыг харуулж байна. Эндээс үзвэл устөрөгчийн технологийг ирээдүйд нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтаас ангижрах стратегийн зорилтуудад багтаах нь зүйтэй. Эдгээр үр дүнгүүдэд үндэслэн хамгийн үр дүнтэй бодлого боловсруулах талаас нь харж цаашдын шийдвэрүүдийг гаргаж болно.



Зураг 16. Ногоон устөрөгчийн салбарыг таниулах болон хөгжүүлэх үе шатны зураглал.

Устөрөгчийн эцсийн хэрэглээг ангилах явцад хэд хэдэн хүчин зүйлийг харгалзан үзэх шаардлагатай. Эхлээд, бусад нүүрстөрөгчөөс ангижрах хувилбаруудтай харьцангуй устөрөгчийн давуу болон сул талуудыг тодорхойлох хэрэгтэй. Олон үе шаттай хувиргах процесс ба үүнээс үүдсэн энергийн алдагдал болон АҮК-ийн бууралтыг харгалзан шууд цахилгаанжуулалтыг илүүд үзэх. Ерөнхий зарчмын хувьд **боломжтой газар нь сэргээгдэх эрчим хүчээр үйлдвэрлэгдсэн цахилгааныг шууд цахилгаанжуулалтад ашиглах**. Гэвч Монголд шууд цахилгаанжуулалт хийх нь өөр олон төвөгтэй байдлыг дагуулдаг. Жишээлбэл: эрчим хүчний системд сэргээгдэх эрчим хүчний оролцоог хязгаарлах мөн эрчим хүчний сүлжээний уян хатан байдалд нөлөөлөх. Иймээс цахилгаан эрчим хүч ба дулааны салбарыг хослуулах нь томоохон асуудал юм. Түүнчлэн төхөөрөмжүүдийг боловсронгуй болгох, дэд бүтцийг хөгжүүлэх хэрэгцээ шаардлага гэх мэт технологиос гадуурх асуудлыг авч үзэх хэрэгтэй.

Тиймээс ангиллын систем нь системийн болон технологийн өөрчлөлтөд динамикаар хариу үйлдэл үзүүлэх чадвартай амьд баримт бичиг байх ёстой. Улмаар энэ нь устөрөгчийн салбарыг цаашид хөгжүүлэх үндэс суурь болж, эцэст нь үндэсний устөрөгчийн стратеги болон хувирч чадна (Олон улсын сэргээгдэх эрчим хүчний агентлаг, 2020a - IRENA, 2020a). Энэ үйл явцыг зурагт 18-д үзүүлэв. Устөрөгчийн үндэсний стратеги нь устөрөгчийн эдийн засгийг хөгжүүлэх зорилтууд болон Монгол улс эдгээр зорилтуудыг хэрхэн хэрэгжүүлэх талаар тодорхой тусгасан баримт бичиг болох ёстой. Ялгаралтыг бууруулах болон устөрөгчийн үйлдвэрлэхэд чиглэсэн зорилтоороо дамжуулан (цаашид 4.2-т авч үзнэ) стратеги нь хувийн хэвшилд тодорхой дохио өгч чадна. Мөн үндэсний стратеги нь шилжилтийг дэмжихэд шаардлагатай бодлого боловсруулах онцгой талбаруудыг тодорхойлж болно.

Хэд хэдэн улс орнууд устөрөгчийн төвүүдийг нээх замаар эрчим хүчний системийн тулгын чулуу болгон устөрөгчийг "туршиж" байна. Ийм төвүүд нь устөрөгчийн хэрэглээ ихтэй, ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх таатай нөхцөл бүрдсэн хот, муж эсвэл боомтууд байж болно. Ийм арга

замаар устөрөгчийн өртгийн гинжин хэлхээг бага хэмжээгээр туршиж, илүү өргөн хүрээнд ашиглахын тулд саад бэрхшээл, харилцан тохиролцоо, хамтын ажиллагааг тодорхойлох боломжтой. Үүний нэг жишээ бол 2020 онд үйлдвэрлэл, тоног төхөөрөмж үйлдвэрлэх, шатахуун түгээх станц, түлшний элемент зэрэг чиглэлээр устөрөгчтэй холбоотой нийт 43 төслийг баталсан Хятадын аж үйлдвэрийн төв Хэбэй юм (Фьюл Сэлл Воркс, 2020). Уур амьсгалын асуудлаас гадна устөрөгч рүү шилжих нь эдийн засаг, ажил эрхлэлт, эрүүл мэндийн ашиг тус зэрэг нэмэлт үнэ цэнийг хэрхэн авчрах талаар үнэлгээг гүйцэтгэх боломжтой.

Монголын нөхцөлд устөрөгчийг эцсийн хэрэглээнд туршиж үзэх боломжтой уул уурхайн бүсүүдтэй холбогдсон боломжийн хэмжээтэй, нийтийн тээврийн системтэй цөөн тооны хот байдаг. Иймд Монгол дахь зангилаа арга нь ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэл, ачааны машинд газар дээр нь ашиглах, түүнчлэн холын зайд ачаа тээвэрлэх зэргээс үр шим хүртэх боломжтой уул уурхай, аж үйлдвэрийн газруудын кластерийг илүү бодитойгоор агуулах болно. Ийм арга замыг ашигласнаар үйлдвэрүүдийн хаягдал усыг дахин ашиглах зэрэг бусад хамтын ажиллагааг нээж илрүүлэх боломжтой.

4.2 Хангамж талын бодлого

Ханган нийлүүлэлтийн бодлого нь эрсдэлийг удирдах, судалгаа, хөгжүүлэлт болон туршилтыг дэмжих замаар ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг дэмжих зорилготой. Энд гол анхаарах зүйл бол зардлыг бууруулах, ногоон устөрөгчийг одоогийн түлшний зардлын тэнцэлд хүргэхэд дэмжлэг үзүүлэх явдал юм. Энэ бүлэгт бид ханган нийлүүлэлтийн тодорхой хэсэг дэх бодлогын төрөл бүрийн жишээнүүд, тэдгээрийн Монголын нөхцөлд хамаарах хамаарлыг авч үзэх болно.

Хангамж талын ерөнхий бодлого

Ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг дэмжих бодлогыг сонгоход шаардлагатай технологиуд (жишээлбэл, электролизатор, сэргээгдэх эрчим хүч, дэд бүтэц) болон тэдгээрийн хөгжлийн төлөв байдалд тулгуурласан байх шаардлагатай. Устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг дэмжих аливаа бодлого хэрэглээ талын зах зээлийг хөгжүүлэх бодлогыг тусгаагүй бол бүрэн бус болно.

Ногоон устөрөгчийн хөгжилд сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэлээр тогтвортой хангах шаардлагатай бөгөөд энэ чиглэлд, ханган нийлүүлэлтийн бодлогыг боловсруулж, хэрэгжүүлэхэд сүүлийн хэдэн арван жилд сэргээгдэх эрчим хүчийг нэмэгдүүлсэн дэлхийн туршлагаас суралцах боломжтой юм. Технологийн хөгжлийг дангаараа амжилттай удирддаг бодлого гэж нэг ч байхгүй. Технологийн хөгжлийн түвшин, эрсдэлийн бууруулалт, санхүүгийн хүртээмж гэх мэт хөгжлийн өөр өөр элементүүдэд чиглэсэн бодлогыг хослуулснаар зөв арга зам гарч ирдэг.

Ханган нийлүүлэлтийн талд технологийг түлхэх, зах зээлийг татах гэсэн хоёр төрлийн бодлого байдаг. Техникийн сайжруулалт, зардлыг бууруулах томоохон боломжууд байдаг хөгжлийн эхний үе шатанд хамгийн сайн сонголтууд бол **судалгаа, хөгжүүлэлтийг дэмжих** эсвэл **суурилуулалтын чадалд чиглэх** гэх мэт технологийг түлхэх бодлого болно. Түүнчлэн, **устөрөгчийн үйлдвэрлэл эсвэл электролизаторын чадлын зорилтот түвшнийг тохируулах** зэрэг тоо, хэмжээнд суурилсан механизм нь үйлдвэрлэх устөрөгчийн хэмжээг мэдэх давуу талыг авчирдаг бөгөөд энэ нь эрчим хүчний системийн менежментэд эергээр нөлөөлнө. Цаашилбал, технологи хөгжихийн хэрээр гагцхүү устөрөгчийн зах зээл мэдэгдэхүйц нэмэгдэж, эдийн засаг тэлэх боломжоор хангах үед л сайжруулалт хийж болно. Үүнд **устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн зөвшөөрөгдөх тоо хэмжээ, захиргааны журмаар тогтоосон ногоон устөрөгчийн үнэ тогтоох**

аргачлал (жишээ нь, нийлүүлэлтийн урамшуулал) эсвэл **зөрүүг нөхөх гэрээ байгуулах** гэх мэт татаас бүхий зах зээлийн бодлогыг хэрэгжүүлж болно.

Монгол улсад ногоон устөрөгчийн томоохон хэрэглээ байхгүй байгаа нь одоогийн байдлаар устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн зөвшөөрөгдөх хэмжээ зэрэг тоонд суурилсан бодлогыг хэрэгжүүлэх боломжгүй байна. Гэсэн хэдий ч устөрөгчийн судалгаа, хөгжүүлэлтийн үе шатыг даван гарснаар эдгээр механизмууд хангалттай түвшинд хүрч болно. Тиймээс, эдгээр бодлогын арга хэрэгслийг устөрөгчийн дунд болон урт хугацааны стратегид багтааж болно.

Захиргааны журмаар үнэ тогтоох аргачлал, зөрүүг нөхөх гэрээ зэрэг арга хэмжээ нь устөрөгчид тогтмол үнэ тогтоох байдлаар явагддаг ба энэ нь эрсдэлийг бууруулж, технологийг цаашид хөгжүүлэх эдийн засгийн хөшүүрэг болдог. Гэвч эрсдэлийг бууруулахын тулд үйлдвэрлэгч өнөөгийн нөхцөлд ногоон устөрөгчийн эрэлт хэрэгцээ байгаа эсэхийг нягтлахыг шаарддаг. Үүнийг гүйцэтгэх олон төрлийн арга зам бий. Тухайлбал, устөрөгчийг тогтсон үнээр худалдаалах гэрээг засгийн газартай байгуулж болно. Ингэснээр устөрөгчийг цаашид түгээх нь засгийн газрын үүрэг болох юм. Энэ нь төвлөрсөн халаалтын систем зэрэг дэд бүтцийн сүлжээний томоохон хэсэг нь төрийн эзэмшилд байж, төрийн оролцоотой үйл ажиллагаа явуулдаг тохиолдолд боломжтой. Мөн бүс нутгийн захиргааны зүгээс устөрөгчийг хувийн хэвшилд зарж болно. Иймд, хэрэглээ, ханган нийлүүлэлтийн өсөлтийг ижил хурдаар хангах зорилго дор нийлүүлэлтийн эдгээр бодлогыг хэрэглээний бодлоготой зөв уялдуулах шаардлагатай.

Одоогийн байдлаар устөрөгчийн хувьд захиргааны журмаар тогтоосон үнийн хөшүүрэг бүхий дэмжлэг практикт хэрэгжээгүй байгаа бөгөөд тэдгээрийн нөлөөллийн талаарх бодит туршлага хомс байна. Гэхдээ тэдгээрийг нэвтрүүлэхээр төлөвлөж буй улс орнууд бий. Португал улс устөрөгчийн талаар баримтлах үндэсний стратегидаа 2020-2030 оны хооронд ногоон устөрөгч болон байгалийн хий хоорондын зардлын зөрүүг нөхөх “дэмжих механизм”-ыг дэвшүүлсэн бөгөөд энэ нь ногоон устөрөгч үйлдвэрлэгчдийн хөрөнгө оруулалтын эрсдэлийг бууруулах юм (Португалийн засгийн газар, 2020).

Нөгөө талаас, энэ төрлийн бодлогын хэрэгсэл нь аль хэдийн хөгжиж буй болон баталгаатай өсөх төлөвтэй хэрэглээ бүхий бүс нутагт илүү тохиромжтой байж болно. Гэсэн хэдий ч энэ нь хэрэглэгч талыг өдөөхөд мөн шаардагдаж болно. Иймд устөрөгчийн хэрэгцээ, шаардлага байгаа нь тодорхой болсон тохиолдолд захиргааны журмаар тогтоосон үнийн хэрэгсэл нь сайн арга хэмжээ байх боломжтой. Жишээлбэл, засгийн газрын зүгээс ногоон устөрөгч нь хүнд даацын тээврийн салбараас ялгарах нүүрстөрөгчийг бууруулах хамгийн тааламжит хувилбар гэдэгт бат итгэлтэй байгаа бол үнийн арга хэрэгсэл нь хөрөнгө оруулалтыг татах, нийлүүлэлтийг эхлүүлэх боломжийн арга байж болно.

Монголын нөхцөлд өнөөгийн байдлаар зүтгүүрт хүрэх буюу эцсийн шатны энергийн хувьд дизель болон ногоон устөрөгчийн зардлын зөрүү нь уул уурхайн салбарт (ачааны машин) 12% орчим, нийтийн тээврийн салбарт (автобус) 30% орчим байгааг энэхүү судалгаа харуулж байна. Үр ашгийн нэмэгдэл, технологийн дэвшлийн үр дүнд ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн үнэ буурах төлөвтэй байгаа тул Монголын засгийн газраас шаардагдах үнийн зөрүүг нөхөхөд зориулсан дэмжлэг цаг хугацааны явцад аажмаар буурах болно. Үүн дээр үндэслэн, технологи нь батлагдаж, туршилтын эхний шатанд орсны дараагаар зөрүүг дэмжих гэрээ зэрэг захиргааны журмаар тогтоосон үнийн аргачлал нь Монголын засгийн газрын хувьд авч үзэх тохиромжит хувилбар байж болох юм. Үнэ болон гэрээний хэлцлийг хувийн хэвшлийн тодорхой оролцогчидтой тохиролцож/хэлэлцэж болно. Мөн түүнчлэн, тухайлбал, уул уурхайн салбарт хэрэгжиж буй туршилтын төсөлтэй хамтран уг бодлогыг хамрах хүрээ багатайгаар туршиж үзэх нь нэгэн боломжит үр ашигтай арга зам байж болно. Жишээ нь, нүүрстөрөгчийн ялгарал багатай технологи болон бодлогыг турших аргууд Хятад амжилттай баталгаажуулсан.

Зорилтот үнийг тогтоох нь ялангуяа устөрөгчийн экспортлогч болохоор зорьж буй улс орнуудын хувьд нэмэлт бодлого байж болно. Зорилтот үнэ нь тухайн жилд ногоон устөрөгчийг ямар үнээр үйлдвэрлэхийг тодорхойлно. Тухайлбал, Япон улсын устөрөгчийн талаар баримтлах үндэсний стратегидаа тусгасан 2030 он гэхэд 3 ам. доллар/кг, 2050 он гэхэд 2 ам. доллар/кг үнээр устөрөгч үйлдвэрлэх зорилттой (Япон улсын Эдийн засаг, Худалдаа, Аж үйлдвэрийн Яам, 2017) харьцуулахад Чили улс 2030 он гэхэд 1.5 ам. доллар/кг үнээр устөрөгч үйлдвэрлэхээр зорьж байна (Чили улсын засгийн газар, 2020). Бүлэг 3.1-д дурдсанчлан, Монгол дахь устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг өргөн хүрээний хэрэглэгчдийг хангах эсвэл экспортлох зорилгоор төвлөрсөн хэлбэрээр явуулахаас илүүтэйгээр тодорхой хэрэглээнд чиглэсэн байдлаар явуулах нь оновчтой болно. Устөрөгчийн стратегид ирээдүйд устөрөгчийн экспортлогч болох зорилт тавиагүй тохиолдолд зорилтот үнэ тогтоох нь одоогийн байдлаар Монголын нөхцөлд хамааралгүй юм. Гэсэн хэдий ч энэ нь ирээдүйд өөрчлөгдөх магадлалтай. Сэргээгдэх эрчим хүчний нөөцөөс хамааран Монгол улсад ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх таатай нөхцөл бүрдээд буйг авч үзвэл ирээдүйд ногоон устөрөгч экспортлох зорилт тавьж болно. Үүнээс гадна Япон, Солонгос зэрэг бүс нутаг дахь хэд хэдэн улс орон устөрөгч импортлогч орон болох төлөвлөгөөтэй байгаагаас харахад устөрөгч экспортлох нь Монгол Улсад бизнесийн гарц байж болзошгүй юм. Гэхдээ энэхүү боломжийг бүрэн гүйцэд судлахын тулд усан хангамжийн үнэлгээг сайтар хийх шаардлагатай.

Сэргээгдэх эрчим хүчийг хөгжүүлэхтэй нэгэн адилаар олон талт хамтын ажиллагаа, хүчин чадлын илүүдэл, стандартчилал зэрэг нь устөрөгчид шилжихэд мөн адил чухал асуудал бөгөөд ялангуяа устөрөгчийн тогтвортой байдлыг хангахын тулд түүний ашиглалтын хугацаан дахь ялгаруулалтыг харгалзан ерөнхий стандартыг боловсруулах нь ач холбогдолтой юм (Австрали улсын засгийн газрын Эрчим хүчний зөвлөл, 2019; Чили улсын засгийн газар, 2020; Норвегийн газрын тос, эрчим хүчний яам, Норвегийн уур амьсгал, байгаль орчны яам, 2020; ХБНГУ-ын засгийн газар, 2020). Ногоон устөрөгчийн молекулууд нь саарал устөрөгчийн молекулуудтай ижил. Ийм учраас устөрөгчийг үйлдвэрлэсний дараагаар эцсийн хэрэглэгчид болон засгийн газарт устөрөгчийн гарал үүсэл, чанарыг мэдээлэх зорилго бүхий баталгаажуулах систем хэрэг болно. Гарал үүслийг ихэвчлэн “**гарал үүслийн баталгаа**”-аар хянадаг (ОУСЭХА, 2020а – IRENA, 2020а). Устөрөгчийн хангамжийн салбарын хувьд ямартай ч дотоодын төдийгүй олон улсын зах зээл рүү чиглэж Монгол улсад үйлдвэрлэсэн устөрөгчийн тогтвортой байдлын түвшнийг хангахын тулд баталгаажуулах схемийг боловсруулах ажлыг эхлүүлэх шаардлагатай. Олон улсын баталгаажуулах ерөнхий системд нийцсэн стандартуудыг боловсруулахын тулд олон улсын нийгэмлэгтэй хамтран ажиллах нь тустай. Дэлхийн улс орнуудад устөрөгчийн системийг нэвтрүүлэх гол зорилго нь нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах зорилтоо биелүүлэх, бэхжүүлэх гэдгийг авч үзвэл олон улсад саарал устөрөгчийн орон зай, зах зээл маш бага гэдгийг онцлох хэрэгтэй.

Устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг дэмжих бусад шууд бус бодлогуудад нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтад татвар тогтоох эсвэл ялгарлын худалдааны схем гэх мэт бохирдол ялгаруулалттай холбоотой сөрөг нөлөөллийн зардлыг тусгасан бодлогууд багтана. Тухайлбал, ХБНГУ ногоон устөрөгчийн бизнесийн нөхцөлийг сайжруулах нэг хэрэгсэл болгож устөрөгчийн үндэсний стратегидаа тээвэр болон халаалтын салбарт нүүрстөрөгчийн үнэ тогтоох талаар онцолсон байдаг (ХБНГУ-ын засгийн газар, 2020). Гэвч дан ганц нүүрстөрөгчид үнэ тогтоосноор тавьсан зорилтдоо хүрэхгүй гэж үзэж байгаа тул устөрөгчийг үйлдвэрлэхэд зарцуулсан цахилгаан эрчим хүчийг татвараас чөлөөлөх, нэмэлт хөнгөлөлт урамшуулал өгөх зэрэг бодлогыг нэвтрүүлэх боломжтой..

Нүүрстөрөгчийн ялгаралд үнэ тогтоох нь ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг хөгжүүлэх, өрсөлдөх чадварыг нэмэгдүүлэх урьдач нөхцөл юм. Бодлого боловсруулагчид нүүрсхүчлийн хийн татвар эсвэл ялгаруулалтын худалдааны схем (ЯХС) хэлбэрээр гадаад хүчин зүйлсийг дотооддоо

оруулснаар ялгарлыг бууруулж, чулуужсан түлшнээс ангижрах эдийн засгийн боломжийн нөхцөл байдлыг үнэлж чадна. Гэсэн хэдий ч нүүрстөрөгчийн үнийг тогтоох механизмын зохистой загвар нь эдийн засгийн гажуудал үүсгэж болзошгүйг ойлгож, энэ нь эрчим хүчний хэрэглэгчдэд өөрчлөлт оруулах, эсвэл нэмэлт дарамт үүсгэж байгаа эсэхийг үнэлэх ёстой. Жишээ нь, хэрэв сайн загварчлаагүй тохиолдолд хүлэмжийн хийн үнэ буурах, эсвэл зардлыг эцсийн хэрэглэгчдээс гарган авах тохиолдолд цахилгааны үнийг огцом өсгөх талтай.

Монголын нөхцөлд тохируулан нүүрстөрөгчид үнэ тогтоох, ялгаруулалтын худалдааны схем (ЯХС)-ийн тухай өнөөг хүртэл хэлэлцээгүй байна. Монголын цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээний ихэнх хэсгийг шатамхай түлшнээс хангаж, үүнийг өөр өрсөлдөхүйц үнэтэй цэвэр эрчим хүчээр орлуулахад тун хүндрэлтэй байгаа нь үнэд тулгуурласан бодлого ашиглахыг зөвлөхгүй байх шалтгаан болж байна. Бараг бүхэлдээ нүүрсний ДЦС-аас хамааралтай нөхцөлд нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтад үнэ тогтоосноор цахилгаан болон дулааны үнийг мэдэгдэхүйц хэмжээгээр нэмэгдүүлж, улмаар хэрэглэгчдэд дарамт үзүүлэх ба хэрэглэгч гэдэгт цахилгаан эрчим хүчний сүлжээнд холбогдсон электролизаторуудыг мөн хамааруулна. Гэхдээ ЯХС-тэй бусад улс орон эсвэл бүс нутгуудын ялгарлын үнэлгээний системээс жишээ явж, мөн тэдэнтэй холбоотой зарим талаар төсөөтэй үйл ажиллагаа явуулах нь Монгол улсад тодорхой үр дагавар авчирч болно (жишээ нь: БНХАУ-ын ЯХС болон Японы хамтарсан зээлийн механизм -ХЗМ (JCM)).

Ямар ч технологийн хувьд дэмжлэгийн механизмын хангалттай бөгөөд хүрэлцээтэй байдал нь тухайн технологийн хөгжлийн түвшин болон эрчим хүчний хангамжид үзүүлэх нөлөө, ач холбогдлыг ойлгохоос хамааралтай байдаг. Монгол дахь ногоон устөрөгчийн хөгжил эхэн үедээ байгаа учир бодлогын хүчин чармайлтууд нь судалгаа, хөгжүүлэлтүүдийг дэмжих мөн туршилтын төслүүдийг хэрэгжүүлэх дээр төвлөрөх шаардлагатай. Судалгаа, хөгжүүлэлт ба туршилтын төслүүдийг дэмжих зэрэг хөгжлийн эхэн үе шатны технологийг дэмжих бодлого нь устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн бодит боломж, түүний хязгаарлалт, эрчим хүчний хангамжид гүйцэтгэх үүргийг илүү сайн ойлгох боломжийг олгоно. Эдгээр арга хэмжээнүүд нь эрсдэлийг удирдах, урамшууллын тогтолцоог бий болгох, үл мэдэгдэх хувьсагчдыг илрүүлэх зэрэг олон талын боломжийг өгдөг. Дээрх арга хэмжээнүүдийг авч, зорилгодоо хүрсэн тохиолдолд дараагаар нь технологийн хөгжлийн түвшин болон зах зээлд өрсөлдөх чадвар хоёрын хооронд үүссэн завсрыг арилгахад зориулж аажим аажмаар зах зээлд суурилсан механизм руу (жишээ нь, захиргааны журмаар тогтоосон үнэ, нүүрстөрөгчид үнэ тогтоох) шилжинэ. Тиймээс Монгол улсын бодлогын шийдэл нь эхлээд технологи болон бодлогуудыг турших боломж олгож, туршилтын төслүүдийг хэрэгжүүлэх замаар бага хэмжээнд ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг дэмжсэн байх хэрэгтэй. Хэрэв амжилттай болбол бодлогын дэмжлэгийг ногоон устөрөгчийн хангамжид хамаарах бүх бүрэлдэхүүн хэсгүүд болох электролизатор, эрчим хүч, дэд бүтэц, ус зэрэгт чиглэсэн нэмэлт бодлогуудтай хавсруулах боломжтой. Эдгээр бодлогуудыг доор тус тусад нь авч үзэв.

Электролизатор

Электролизаторын хөгжүүлэлтийн эхэн үе шатанд хөрөнгө оруулалтын зардал өндөр гарахтай холбоотой үүсэх хүндрэл, бэрхшээлийг бодлогоор дэмжиж, зохицуулах шаардлагатай. Хоёрдугаар түвшинд электролизаторыг зах зээлд оролцож, бүрэн хүчин чадлаараа ажиллах боломжийг олгохын тулд эрчим хүчний зах зээл дээрх хүндрэлүүдийг арилгах дэмжлэг шаардлагатай. Устөрөгчийн хэрэглээний зардал нь гол хүндрэл болж байгаа тул нийлүүлэлтийн бодлого нь устөрөгч болон одоо ашиглагдаж буй түлшний хооронд гарах зардлын зөрүүг нөхөхөд чиглэх хэрэгтэй. Энэхүү судалгаанаас харахад Монгол улс сэргээгдэх эрчим хүчний арвин их нөөцтэй, мөн харьцангуй бага зардлаар (МВт.ц тутамд дунджаар 40-50 ам. долларын өртөгтэй) сэргээгдэх эрчим хүч үйлдвэрлэх боломжтой зэрэг давуу талтай. Гэсэн

хэдий ч электролизаторын хөрөнгө оруулалт, үйлдвэрлэх хүчин чадлыг нэмэгдүүлэхэд шаардагдах бусад зардлыг төрийн санхүүгийн бодлогын дэмжлэгтэйгээр бууруулах боломжтой. Ийм дэмжлэгийг туршилтын программ, хөрөнгө оруулалтын буцалтгүй тусламж болон тэтгэмж хэлбэрээр олгож болно.

Туршилтын төслүүд ба санхүүгийн дэмжлэг үзүүлэх хөтөлбөрүүд нь хамрах хүрээ, салбарын хувьд ялгаатай боловч өнөөг хүртэлх ихэнх үндэсний хэмжээний устөрөгчийн стратегийн бүрдэл хэсэг юм. Туршилтын төслүүд болон судалгаа, хөгжүүлэлтийг дэмжсэнээр электролизаторын үр ашгийг нэмэгдүүлэх, ноу-хау бий болгох, хөрөнгө оруулалтын зардлыг бууруулахад тустай. Буцалтгүй тусламж, засгийн газрын зээл, тэтгэмж зэрэг санхүүгийн дэмжлэг нь электролизаторыг суурилуулах бизнесийн нөхцөл байдлыг сайжруулна. Санхүүгийн хүртээмжтэй байдал болоод татварын хөнгөлөлт зэрэг төсвийн урамшуулал нь электролизаторыг илүү сонирхол татахуйц болгоход нэмэртэй. Австралийн сэргээгдэх эрчим хүчний агентлаг (АСЭХА – ARENA) сэргээгдэх устөрөгчийг нэвтрүүлэх санхүүжилтийн хүрээнд сэргээгдэх эрчим хүчээр ажиллах томоохон электролизаторыг танилцуулах, устөрөгчийн хоёр төслийг сонгоод байна. Төслийн шалгаруулалтанд оролцогчдод тавигдсан шалгууруудын нэг нь 5 МВт-аас багагүй чадалтай байх ба сэргээгдэх эрчим хүчээр хангагдах эсвэл батлагдсан гэрчилгээтэй байх юм (Эрчим хүч болон ялгарлыг бууруулах яамны сайд, 2020). Англи улс электролизаторын хэмжээг 100 МВт хүртэл нэмэгдүүлэх техник, эдийн засгийн үндэслэл боловсруулахад зориулж 9.8 сая ам.доллар олгосон бөгөөд 2030 он гэхэд 5 ГВт чадал бүхий ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх нөөц бололцоотой болохыг зорьж байна (Элемент Энержи, 2020; Англи улсын засгийн газар, 2020). ХБНГУ-ын устөрөгчийн стратеги нь илүү нарийн салбарт чиглэсэн арга хэмжээ буюу электролизаторт шууд санхүүгийн дэмжлэг үзүүлэх арга замыг авч байна. Жишээлбэл: Германы төмөрлөгийн болон химийн үйлдвэрт ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх зориулалтаар электролизаторийн хөрөнгө оруулалтад санхүүжилт хийхийг нэн тэргүүнд тавьж байна (ХБНГУ-ын засгийн газар, 2020).

Туршлага хуримтлуулах, үйлдвэрлэлийн хүчин чадлыг нэмэгдүүлэх байдлаар тодорхой хэмжээний нөөц бололцоог төр, хувийн хэвшлийн түншлэлээр зардал хуваалцах хуваалцах, санхүүгийн дэмжлэг үзүүлэх замаар туршилтын төслүүдийг хэрэгжүүлнэ. Олон улс оронд төр, хувийн хэвшлийн түншлэл нь хөрөнгө оруулалтын өндөр зардлыг бууруулах чухал хэрэгсэл гэж тодорхойлсон байдаг. Швед дэх ногоон устөрөгчийн, төмөрлөгийн үйлдвэр болох HYBRIT туршилтын төсөл нь төр, хувийн хэвшлийн түншлэлийн үр дүн юм (SSAB, 2021).

Монголд төрөл бүрийн холболт, бүтэцтэй (жишээ нь, сүлжээнд холбогдсон, бие даасан) электролизаторуудын туршилтын төслүүдийг хэрэгжүүлэх нь устөрөгчийн үйлдвэрлэлээр эрчим хүчний системийн горим тохируулгыг сайжруулахаас гадна тус технологийн нөөц бололцоог ойлгоход туслах бөгөөд дулаан болон цахилгаан эрчим хүчний үйлдвэрлэлийг аажимдаа салгахад тусалж чадна. Монгол дахь электролизаторын туршилтын төслүүд нь системийн уян хатан байдлын ач холбогдол, дулаан болон цахилгаан эрчим хүчний үйлдвэрлэлийг салгах шилжилтэд устөрөгч ямар үр нөлөө үзүүлэхийг ойлгоход тусална.

Электролизаторын туршилтын төслүүд нь тэдгээрийн үр ашгийг дээшлүүлж, хөрөнгө оруулалтын зардлыг бууруулахад дэмжлэг үзүүлэхээс гадна тэдгээрийн гүйцэтгэл, хязгаарлалт, Монгол улсын эрчим хүчний системд үзүүлэх нөлөөллийн талаар дэлгэрэнгүй мэдээллээр хангах бөгөөд үүнийг ирээдүйн зах зээлд илүү үр дүнтэй бодлого, зохицуулалт гаргахад ашиглаж болно. Хөгжлийн эхэн үе шатанд туршилтын төслүүдийг дэмжих буюу хөрөнгө оруулалтын өндөр зардлыг бууруулахад төр, хувийн хэвшлийн түншлэл хэлбэрээр үйл ажиллагааны олон чиглэлт банк эсвэл хувиараа хөрөнгө оруулагчид гэх мэт олон улсын санхүүгийн дэмжлэгийг авах хэрэгтэй.

Төр, хувийн хэвшлийн түншлэлийн сонирхол татахуйц байдалд анхаарал хандуулж, хувь тоглогч нарыг оролцуулахын тулд маш тодорхой дохио өгөхүйц зорилт тавьснаар түлхэц өгөх боломжтой. Бидэнд байгаа мэдээлэлд үндэслэвэл хүнд даацын тээвэр бүхий уул уурхайн салбарт нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад цөөхөн хэдэн арга шийдэл ашиглаж болохоор байгаа бол нийтийн тээвэр, автобус болон байшин, барилгын халаалтад арай олон хувилбар дэвшүүлж болохоор байна. Ийм мэдээлэл нь **электролизаторын хүчин чадал эсвэл устөрөгч үйлдвэрлэх зорилтот хэмжээ** зэрэг бодлого боловсруулахад шаардлагатай өгөгдлүүдийг үүсгэх үндэс болно. Гэхдээ устөрөгчийн зорилтыг нарийн тодорхойлоход нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах бусад технологиудтай өрсөлдөх эрсдэлтэйг бодолцон устөрөгчийн салбарт зориулсан илүү баттай дүр зураглал үндэслэсэн байвал зүгээр. Жишээ нь, уурхайн олборлолт явуулахад хүнд даацын тээврээс ялгарах нүүрстөрөгчийг бууруулахад хамгийн тохиромжтой хувилбар нь түлшний элементийн тээврийн хэрэгсэл мөн эсэхийг эхлээд тодорхойлж, баталгаажуулан, дараагаар нь хөгжүүлж болох ногоон устөрөгчийн хэрэгцээг тооцож, эцэст нь бодлого боловсруулахад үндэслэл болгон ашиглаж болно. Монгол улсад нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах стратегид одоогоор тодорхой давуу тал бүхий давамгайлах технологи байхгүй, мөн ногоон устөрөгч чухал үүрэг гүйцэтгэх эсэх нь тодорхойгүй гэсэн дүгнэлт гарвал, олон талт технологийн бодлогыг зах зээлд технологи нэвтрүүлэхэд ашиглаж болно.

Олон орон нүүрстөрөгчийг бууруулах өөрсдийн стратегидаа устөрөгчтэй хамааралтай зорилт тавьж, өөрийн орны хувьд устөрөгчийн гүйцэтгэх үүргийг тодорхойлсон. Жишээ нь, Европын холбоо электролизаторын хүчин чадлыг 2024 он гэхэд 6 ГВт, 2030 он гэхэд 40 ГВт хүртэл нэмэгдүүлэхээр зорьж байна (Европын комисс, 2020). Чили улс сэргээгдэх эрчим хүчний арвин их нөөцөө дэлхийн хэмжээний ногоон устөрөгч нийлүүлэгчдийн нэг болох зорилгодоо ашиглахаар төлөвлөж байгаа бөгөөд 2025 он гэхэд 5 ГВт, 2030 он гэхэд 25 ГВт хүчин чадалтай болохоор зорьж байна (Чили улсын засгийн газар, 2020). Португал улс уур амьсгалын өөрчлөлтийн эсрэг үндэсний санаачилгын хүрээнд, технологийн шийдлийн хүртээмжтэй байдал, одоогийн болон ирээдүйн хөрөнгө оруулалтын чадавхад нийцүүлэн, салбарын онцлогт тохирсон устөрөгчийн зорилтуудыг дэвшүүлэх арга замыг сонгож байна (Португал улсын засгийн газар, 2020). Ийм хүчин чадлыг нэмэгдүүлэх зорилтуудыг хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах зорилт эсвэл эрчим хүчний хангамж дахь цэвэр түлшний хувь хэмжээг нэмэгдүүлэх зэрэг үндэсний уур амьсгалын өөрчлөлтийн эсрэг бодлоготой уялдуулан боловсруулах хэрэгтэй. Ингэснээр, үндэсний уур амьсгалын өөрчлөлтийн эсрэг стратеги дахь устөрөгчийн үүргийг тодорхойлж, нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад хувь нэмэр оруулж чадна.

Монголын өнөөгийн эрчим хүчний зах зээл нь илүү уян хатан систем рүү шилжихийн тулд зах зээлд чиглэсэн илүү нарийвчилсан загваруудыг аажмаар нэвтрүүлэх шаардлагатай. (Монгол улсын эрчим хүчний зохицуулах хороо, 2020б). Гэвч Монголын зах зээл дэх томоохон цахилгаан хэрэглэгчдийн идэвхтэй оролцоо сул бөгөөд зах зээлд зохицуулалт хийх болон туслах үйлчилгээ дутмаг байна. Энэ нь тус улсад устөрөгчийг хөгжүүлэхтэй хамааралгүйгээр аль хэдийн үүсээд буй бэрхшээл юм. Системийн үйл ажиллагааг сайжруулахын тулд эрчим хүчний зах зээлд хэрэглэгчдийн оролцоог нэмэгдүүлэх, зах зээлийн загварт шилжсэнээр систем дэх уян хатан байдлын сонголтуудыг ашиглаж, электролизатор эсвэл батарей зэрэг бусад технологийг системд нэвтрүүлэх боломжтой.

Бүлэг 3.1-д дурдсанчлан электролизатор нь эрчим хүчний системийн уян хатан байдлыг хангаж чадна. Үр ашигтай бодлогууд, зах зээлийн загварууд нь системийн горим тохируулга, уян хатан байдалд хэрхэн нөлөөлж буйг үнэлэх, үүгээр оролцогч талууд ашиг олох боломжийг олгох хэрэгтэй. Жишээлбэл, томоохон хэрэглэгчид болон электролизаторуудыг **эрчим хүчний зах зээлд оролцох** боломжоор хангах, **хэрэглэгч талаас санаачилгатай зохицуулалтыг дэмжих**

(жишээ нь цагийн тариф) эсвэл **туслах үйлчилгээний зах зээлийг** бий болгох (нөөцийн зохицуулалт, өсөлт гэх мэт).

Томоохон хэрэглэгчдийн оролцоог бий болгохуйц эрчим хүчний системийн зохицуулалтад хийх өөрчлөлт нь нэлээд хүндрэлүүдтэй тулгарна. Нэгэнт тогтсон эрчим хүчний тогтолцооны зохицуулалт болон институтийн инерц нь системийн болон зах зээлийн бүтцийг өөрчлөх бодлогуудыг хэрэгжүүлэхэд ихээхэн саад болдог. Эдгээр тулгарч буй асуудлуудын хүндрэл нь эрчим хүчний зах зээлийн зохион байгуулалт, тэдгээрийн нарийн төвөгтэй байдал мөн түүнчлэн эрчим хүчний системийн институтийн тогтолцоо зэргээс ихээхэн хамаардаг. Дэлхийн хэмжээнд эрчим хүчний олон зах зээлд томоохон хэрэглэгчдийн оролцоог хангах, мөн нэмэлт үйлчилгээг дэмжих тал дээр сүүлийн хэдэн арван жилд хөгжүүлэлт хийгдсэн. Эдгээр өөрчлөлтүүд нь устөрөгчөөс хамааралгүй хийгдсэн бөгөөд сэргээгдэх эрчим хүчний оролцоог нэмэгдүүлэх, тархмал эрчим хүчний эх үүсвэрийг хөгжүүлэхтэй илүү холбоотой. Жишээлбэл, 2019 оны Европын цэвэр эрчим хүчний багц хууль нь хатуу түлшнээс татгалзаж, цэвэр эрчим хүч рүү шилжих шилжилтийг хурдасгах, хөнгөвчлөх зорилгоор эрчим хүчний бодлогын хамрах хүрээг тогтоосон ба эрчим хүчний шилжилтийн гол төвд хэрэглэгчдийг тавьсан (Европын Комисс, 2019). Иймэрхүү зах зээлийн загвар өөрчлөгдөж, уян хатан байдлын шаардлага нэмэгдэхийн хэрээр улам боловсронгуй болж байна.

Эрчим хүчний хангамж

Эрчим хүчний хангамж талаас авч үзвэл, шууд болон шууд бус аргаар эрчим хүчний системд сэргээгдэх эх үүсвэрийн үүрэг оролцоог нэмэгдүүлэх замаар цахилгаан эрчим хүчний үнэ, тарифыг бууруулахад чиглэсэн ямар ч бодлого, шийдвэр, зах зээлийн загварууд нь ногоон эрчим хүчний хөгжилд болон түүний өрсөлдөх чадварт эерэг нөлөө үзүүлнэ.

Устөрөгчийг үйлдвэрлэх зардлын дийлэнх хэсгийг цахилгааны зардал эзэлдэг. Сэргээгдэх эрчим хүчний шат шатны технологиуд дахь үнийн бууралт болон их хэмжээний суурилуулалт нь цаашдаа устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн үнэ буурах үндэс, суурь болох бөгөөд шатамхай түлш ашигладаг эх үүсвэрээс устөрөгч үйлдвэрлэхтэй үнийн хувьд өрсөлдөх боломжтой болно. Түүнчлэн зөв бодлого шийдвэрүүд нь энэ технологийг улам сайжруулах бөгөөд бүтээгдэхүүний үнийг улам бууруулах чухал арга хэрэгсэл юм. (ОУСЭХА, 2020б - IRENA, 2020b).

Ялангуяа ногоон устөрөгчийн бүтээгдэхүүнээс гарах цахилгааны зардлыг зарим нэг бодлого, шийдвэрүүдийн тусламжтай бууруулж чадна. Жишээлбэл, устөрөгчийн технологийн хувьд устөрөгчийг үйлдвэрлэхэд зарцуулсан цахилгааны зардлыг татвар болон цахилгаан дамжуулах сүлжээний хураамж, торгууль зэргээс чөлөөлснөөр нэгж эрчим хүч үйлдвэрлэх зардлыг бууруулж, хөрөнгө оруулагч, хэрэглэгч болон оролцогч талуудын сонирхлыг илүү татахуйц болгож болно. Үүнтэй ижил замаар зарим хэрэглэгчдийн цахилгааны тарифыг нэмэгдүүлэх байдлаар устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг ч мөн дэмжиж болох юм.

Сэргээгдэх эрчим хүчний үүсвэрүүд суурилагдсаны дараа тэг эсвэл тэгтэй ойролцоо нэмүү өртгөөр цахилгаан үйлдвэрлэх боломжтой. Өрсөлдөөнт зах зээлтэй газруудад эрчим хүчний холимог системд сэргээгдэх эх үүсвэрүүдийг өргөн далайцтай оролцох боломжоор хангаснаар цахилгааны үнийг илүү хямдаар санал болгож байна. Мөн түүнчлэн холимог эрчим хүчний системд сэргээгдэх эх үүсвэрүүдийн оролцоог илүү нэмэгдүүлснээр ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэхэд хоёр эерэг нөлөөг үзүүлж байна. Нэгдүгээрт эрчим хүчний хангамж буюу системээс ялгарч байгаа нүүрстөрөгчийн давхар ислийг бууруулах, хоёрдугаарт цахилгааныг илүү бага үнээр санал болгож, уг цахилгаан хангамжийн системийн өрсөлдөх чадварыг сайжруулах. Энэ хүрээнд нэмж хэлэхэд эрчим хүчний чөлөөт зах зээл рүү шилжих боломжийг хязгаарласан хориг

заалтуудыг устгах болон сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрүүдийн тоог нэмэгдүүлсэн ямар ч бодлого, шийдвэрүүд нь ногоон устөрөгчийн хөгжүүлэлтэд эерэг нөлөө үзүүлнэ. Энд өртөг дэмжих тариф, дуудлага худалдаа гэх мэт сэргээгдэх эх үүсвэрүүдийг дэмжсэн олон янзын механизмуудыг ч мөн хамруулна.

Сэргээгдэх эрчим хүчний хөрөнгө оруулалтын зардал жилээс жилд буурч байгаа, цаашлаад ойрын ирээдүйд ч үргэлжлэн буурах төлөвтэй байна. Сэргээгдэх эрчим хүчний технологиуд бойжихын зэрэгцээ эрчим хүчний системд үр ашигтайгаар илүү их сэргээгдэх эрчим хүчний системүүд болон чадлыг нийлүүлэх, эрчим хүчний системийн уян хатан байдлыг сайжруулах, цаашлаад нөхөн төлбөр олгох, нөөцлөх гэх мэт төрөл бүрийн бодлого шийдвэрүүд дагаад хөгжинө. Эдгээр бодлого, шийдвэрүүд нь ногоон устөрөгчийг шууд бусаар дэмжинэ.

Сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрүүдийг түгээн дэлгэрүүлэх, нэвтрүүлэхийг дэмжсэн мөн эрчим хүчний системд нэгтгэх ажилд туслах, дэм үзүүлэх олон янзын бодлого, шийдвэр, загваруудаас гадна зах зээлийн арвин туршлага байна (ОУСЭХА – IRENA; ОУЭХА, IEA; REN21- 2018; ОУСЭХА, 2019b - IRENA, 2019b; ОУЭХА, 2020d - IEA, 2020d; REN21 - 2020, мөн REN21 - 2018).

Эрчим хүчний систем болоод эдийн засагт нөлөө үзүүлж, зах зээлийг гажуудуулах үндсэн шалтгаан байж болохуйц том асуудлын талаар авч үзэж байгаа тул бодлогууд болон зах зээлийн загваруудыг маш анхааралтай үнэлэх хэрэгтэй.

Ногоон устөрөгчийн бүтээгдэхүүнийг хөгжүүлэхэд чиглэсэн бодлого, дэмжлэгүүд нь маш нарийн судалгаа, үнэлгээ болон тухайн улс дахь чухал цахилгаан хэрэглэгчдийг нэн түрүүнд авч үзсэний үндсэнд боловсруулагдах шаардлагатай. Эдийн засгийг ногооруулах хүчин чармайлтын хувьд хамгийн түрүүнд яривал зохистой зүйл нь цахилгаан хангамжийг сайжруулах, цахилгаан эрчим хүчний системийн хамрах хүрээг нэмэгдүүлэх, үүнтэй уялдан цахилгаан түгээлтийн үр ашгийг сайжруулах зэрэг болно. Энэ эрэмбэ дарааллыг буруу тогтоох нь цахилгаан эрчим хүчний хангамжийг нэмэгдүүлэх ирээдүйн зөв чиг хандлагыг удаашруулах бөгөөд эсрэгээрээ шатамхай түлштэй хосолсон устөрөгчийн системийг хөхүүлэн дэмжих үйл явц болон хувирч болзошгүй.

Ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэхэд ашиглаж байгаа эрчим хүчний үнээс татвар, торгуулийг хасах талаар эсвэл устөрөгчийг дэмжихийн тулд цахилгааны үнэд нэмэлт төлбөр тавих талаар хөдөлшгүй үндэслэлүүд гардаг. Гэвч, хэдий устөрөгчийг дэмжих зорилго агуулсан байлаа ч цахилгааны үнийг зохиомлоор өөрчилсөн ямар нэг бодлого шийдвэр нь эмзэг бүлгийнхэн болон зарим салбарт хүндээр тусч, өрсөлдөх чадварыг бууруулж болно.

Шатамхай түлшнээс эрчим хүч үйлдвэрлэж байгаа аргуудтай харьцуулах байдлаар татвар болон зарим бүлгийн хэрэглэгчдэд өндөр үнэ санал болгох аргыг ашиглах нь ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлд өрсөлдөөний давуу талыг олгох хэдий ч эдийн засагт сөрөг нөлөө үзүүлэх аюултай. Тиймээс цахилгааны үнэд нөлөөлөх бодлого шийдвэрүүд нь цахилгааны үнэ болон эдийн засаг хоёрын нарийн холбоо уялдааг сайтар судалж, тунгаасан байх шаардлагатай.

Монгол орны нөхцөлд дулааны болон цахилгаан эрчим хүчний хосолсон системийг салгах болон сэргээгдэх эрчим хүчний оролцоог нэмэгдүүлэх, дэлгэрүүлэх бодлого шийдвэрүүд нь ногоон устөрөгчийн хувьд илүү үр өгөөжтэй байх болно. Цахилгааны үнийг зохиомлоор өсгөх бодлого нь Монголд устөрөгчийг хөгжүүлэхэд ахиц дэвшил өгөхөөс илүүтэйгээр эдийн засагт дарамт үзүүлж болзошгүй. Дэлхийн олон оронд шатамхай ашигт малтмалыг орлож чадах хямд бөгөөд шинэ эх үүсвэрт эрчим хүчний үйлдвэрлэл нь олон янзын сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрүүд болоод байна. Монгол улс бол сэргээгдэх эрчим хүчний арвин нөөцтэй, бага зардлаар эрчим хүч үйлдвэрлэх боломжтой орны тоонд тооцогддог. Гэвч одоогоор Монголын эрчим хүчний систем нь сэргээгдэх эрчим хүчний технологийн ашиг тусыг хүртэх, түүнийг хямд эх үүсгүүрийн хувиар систем дэх оролцоог нэмэгдүүлэх ийм бололцоо бүрдээгүй байна.

Ногоон устөрөгчийг эцсийн хэрэглээний салбарт нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад зах зээлийн өрсөлдөхүйц нөхцөлийг бүрдүүлэхийн тулд Монгол улс сэргээгдэх эрчим хүчний арвин нөөцөө ашиглах болон цахилгааныг бага үнээр үйлдвэрлэх боломжуудыг олгосон зохицуулалтын арга хэрэгсэл эсвэл үйл ажиллагааны механизмуудыг нэвтрүүлэх ёстой. Системийн горим тохируулгыг сайжруулах, эсвэл хязгаарлалтад орох байдлыг бууруулах гэх мэт зарим өөрчлөлтүүдийг хийх нь илүү хялбар байж болох юм. Өөр илүү нарийн бүтэцтэй өөрчлөлтүүд нь нэмэлт орлогын эх үүсвэрийг бүтээх явдал байж болно (жишээлбэл, зохицуулалтын нөөцийг бүрдүүлэх, төлбөржүүлэх). Эсвэл дулаан болон цахилгаан хангамжийг салгах бодлогыг хэрэгжүүлэх. Жишээлбэл, цахилгаан эрчим хүчний сөрөг тариф нь дулааны хэрэгцээг хангахын тулд ДЦС-уудад эдийн засгийн дохио өгөх боловч үр ашиггүй үйлдвэрлэлээс салгах болно. Энэ нь мөн сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэлийг хязгаарлахаас сэргийлнэ (Агора Энерживендэ, 2014).

Түүнчлэн, эрчим хүчний зах зээлд үр ашигтай туслах үйлчилгээ нэвтрүүлэх эсвэл зөв зохицуулалтын арга хэмжээнүүдийг авах нь системийн уян хатан байдлыг нэмэгдүүлж, сэргээгдэх эрчим хүчийг хязгаарлах дарамтыг бууруулна. Улмаар энэ нь сэргээгдэх эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн өртөг, зардлыг хэмнэх боломжийг бий болгох юм.

Дэд бүтэц

Устөрөгчийг бодит хэрэглээнд нэвтрүүлэх цогц арга хэмжээний чухал хэсэг нь электролиз явуулах эрчим хүчээр хангах, устөрөгчийг эцсийн хэрэглэгчдэд хүргэхтэй холбоотой дэд бүтцийг үүсгэх юм.

Дэлхийн хэмжээнд авч үзвэл ихэнх санал, санаачилгууд нь хараахан бүрэн гүйцэд биежээгүй буюу туршилтын шатандаа яваа, эсвэл үзүүлэн хэлбэрт байгаа тул одоо ашиглагдаж буй устөрөгчийн дэд бүтэц нь үндсэндээ бага чадлын системээр хязгаарлагдаж байна. Их хэмжээний устөрөгчийг түгээх сүлжээний хэрэгцээ нь яг одоо ашиглагдаж буй дэд бүтэц ямаршуу байгаа мөн энэ дэд бүтцээр хангагдах шаардлагатай эцсийн хэрэглэгчдийн тоо, төрөл зэргээс хамаарна. Цаашилбал, одоо байгаа дэд бүтцийн дутагдалтай тал болон цоорхойг нөхөх хангалттай нөөцүүдийг бий болгох хуваарилалтуудыг хийх шаардлага байна. Жишээлбэл, эрчим хүчний сүлжээг өргөтгөхөд чиглэсэн хөрөнгө оруулалт нь эрчим хүчний салбарт сэргээгдэх эрчим хүчийг илүү өргөн хүрээнд нэвтрүүлэх ажлыг хөнгөвчлөх гэх мэт өргөн хүрээний зорилтот ажлуудыг хэрэгжүүлэх нь ач холбогдолтой.

Тус бүлгийн эхлэл хэсэгт дурдсанчлан Монголд ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх нь сэргээгдэх эрчим хүчний чадавхыг хэр нэмэгдүүлсэнтэй хамааралтай ба бодлого, төлөвлөлтүүд нь эрчим хүчний системд сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрүүдийг нэвтрүүлэхийг дэмжсэн байх шаардлагатай. Эрчим хүчний системд гуравдагч тоглогч нэвтрэх боломжийг бүрдүүлж эрчим хүчний салбарыг чөлөөлөх нь чөлөөт өрсөлдөөнийг дэмжих ба цаашлаад зах зээлд жижиг тоглогч орж ирэхийг нөхцөлийг бүрдүүлэн сэргээгдэх эрчим хүчний тоглогчдод илүү боломж үүснэ. Хөдөө орон нутагт сэргээгдэх эрчим хүчний илүү их нөөцтэй ч эрчим хүчний сүлжээнд холбогдох, ашиглах боломж нь бага байдаг учраас тэнд эрчим хүчний системийг төлөвлөх болон сүлжээг өргөтгөх бодлогыг дэмжих хэрэгтэй. Гэвч Монголд сүлжээг өргөтгөж дэд бүтцийг хөгжүүлэх нөхцөл нэлээд хүнд байна. Учир нь урт хугацаанд үргэлжлэх өвлийн хатуу ширүүн уур амьсгал, хөдөө орон нутгийн суурьшлын бүсүүдийн алслагдмал байдал зэрэг нь хүндрэл үүсгэх ба өртөг зардлыг нэмэгдүүлдэг. Тиймээс устөрөгчийн төслүүд нь эхэндээ бараг л дэд бүтцийн өргөтгөл шаардахгүй (эрчим хүчний сүлжээндээ ойрхон электролизаторыг суурилуулах боломжтой газар эсвэл эцсийн хэрэглэгчтэйгээ ойр устөрөгчийг үйлдвэрлэх боломжтой гэх мэт) байршлыг сонгох нь зүйтэй. Яг энэ санаанаас дүгнэвэл, уул уурхайн салбар илүү тохиромжтой байж болох юм.

Устөрөгч түгээх сүлжээг дэмжих бодлого нь яг тухайн нөхцөл байдал болон устөрөгчийг хэн хэрэглэх, ямар хэрэглээтэй байх зэргээс хамаарч харилцан адилгүй байж болно. Олон улсын туршлагаас харвал, улс орнууд одоогийн дэд бүтэц болон ирээдүйн устөрөгчийн үйлдвэрлэл, хэрэглээний алсын хараанд үндэслэн янз бүрийн бодлогыг хэрэгжүүлдэг. Ерөнхийдөө дэд бүтцийн ямар хэрэгцээ, шаардлага байгаа талаарх ойлголтыг олж авах эхний чухал алхам бол дэд бүтцийн хэрэгцээ, боломжит байдалд үнэлгээ хийх явдал юм. ХБНГУ-д оролцогч талуудтай хамтран урт хугацааны хэрэгцээг үнэлсэн тайлан боловсруулсан. Энэ нь устөрөгчийн түгээх сүлжээг хөгжүүлэхтэй холбоотой тодорхой зөвлөмж өгөх зорилготой байсан. Үнэлгээнд одоо ашиглагдаж буй хий дамжуулах хоолой болон төмөр зам гэх мэт дэд бүтцийг ашиглах боломж, устөрөгчийн ирээдүйн эрэлт хэрэгцээ гэх мэт гарч болох асуудлуудыг харгалзан авч үзэх шаардлагатай (ХБНГУ-ын засгийн газар, 2020). Аль болох түргэн хугацаанд оролцогч талуудыг хамруулснаар илүү өргөн хүрээнд зорилтот бүлгийн санал, бэрхшээл, нэн тэргүүнд хийх шаардлагатай ажлуудыг тодорхойлж, хэлэлцэх боломж бий болно. Тухайлбал Австрали улсын засгийн газар 2022 оны эцэс гэхэд үндэсний хэмжээнд устөрөгчийн дэд бүтцийн системдээ үнэлгээ хийхээр төлөвлөөд байна. Үүнд цахилгаан дамжуулах сүлжээ, хийн сүлжээ, ус дамжуулах, түгээх сүлжээ мөн түлш цэнэглэх станц зэрэг зайлшгүй шаардлагатай дэд бүтцийн хэрэгцээгээ тусган тухайн орон нутгийн иргэдийн санал, бусад асуудлуудыг харгалзан үзэх байдлаар үнэлгээг хийх юм. Үнэлгээг таван жил тутамд хянаж, шинэчлэх байдлаар устөрөгчийн дэд бүтцийг цаашид хэрхэн дэмжих, хөгжүүлэхтэй холбоотой засгийн газрын холбогдох шийдвэрүүдийг мэдээллэж байх хэрэгтэй (ХАШУАҮСБ, 2019 - CSIRO, 2019). Учир нь хэрэглээ нэмэгдэх хэрээр устөрөгчийг дамжуулах, түгээх дэд бүтцийг өөрчлөх, өргөтгөх боломжтой юм.

Монгол улсад одоогоор устөрөгчийг түгээх, дамжуулах дэд бүтцийн хэрэгцээ тун хязгаарлагдмал байгаа ба устөрөгчийн хангамжийн салбарыг хөгжүүлэхэд нэн тэргүүний асуудал биш юм. Гэвч туршилт, судалгааны нэгдүгээр үе шат дуусаж, үр дүнгээс Монгол улсад устөрөгч ямар хэмжээний үүрэг гүйцэтгэж болохыг илүү сайн ойлгох боломжтой. Үүний дараа түгээх дэд бүтцийн хөгжлийг дэмжих цаашдын бодлогыг боловсруулахад зөвлөмж хүргүүлэх зорилгоор дэд бүтцийн хэрэгцээнд үнэлгээ хийх шаардлагатай болно.

Бүлэг 2.2-т дурдсанчлан устөрөгчийг тээвэрлэх хамгийн үр дүнтэй арга бол дамжуулах хоолой барьж байгуулах юм. Хийн дэд бүтэц аль хэдийн хөгжсөн улс орон, бүс нутагт нэмэлт квот тогтоох нь устөрөгчийг системд нэвтрүүлэх ажлыг илүү дөхөм болгох боломжтой бөгөөд энэ нь тодорхой хэмжээнд ялгарлыг бууруулж болно. Жишээлбэл, Чили одоо байгаа хий дамжуулах хоолойноо устөрөгчийн квот тогтоохоор төлөвлөж байна (Нидерландын аж үйлдвэрийн агентлаг, 2019a - Netherlands Enterprise Agency, 2019a; Чилийн засгийн газар, 2020 - Government of Chile, 2020; Нидерландын засгийн газар, 2020 - Government of the Netherlands, 2020). Гэхдээ нүүрстөрөгчийн давхар ислээс бүрэн ангижрах, устөрөгчийг бүрэн гүйцэд интеграцилах зорилгоор дамжуулах хоолойг дахин дахин төлөвлөх шаардлагатай. Устөрөгч нь ногоон эдийн засгийг цогцлоход голлох үүрэг гүйцэтгэхгүй тохиолдолд Монголд өргөтгөх эсвэл хөгжүүлж болохуйц хийн дамжуулах хоолой байхгүй тул шинээр буй болгох нь хэтэрхий үнэтэй тусна. Тиймээс эхний үе шатанд хэрэглээ бий болж, хөгжихийн хэрээр түүнд тохирсон дэд бүтцийг уялдуулан хөгжүүлэх нь илүү ашигтай байж болох юм.

Тодорхой салбарт устөрөгчийг нэвтрүүлэх эхний үе шатанд төсөл амжилттай хэрэгжих эсэх, төсөл үнэхээр хэрэгцээтэй эсэхтэй холбогдолтой тодорхой бус байдлууд өндөр хэвээр байна. Эхний үе шатанд түгээх системийн төслийн хувьд хамгийн үр ашигтайгаар түгээх дэд бүтцийг бий болгох талаар илүү сайн ойлголт, туршлага олж авах зорилготой туршилтын болон үзүүлэх төслүүд байж болно. Энэхүү олж авсан туршлагыг дараагаар нь илүү том хэмжээний, өргөн хүрээний дэд бүтцийг хөгжүүлэхэд ашиглаж болно. Төр, хувийн хэвшлийн түншлэлээр энэ мэт туршилтуудыг хамтран гүйцэтгэх нь эрсдэлийг хуваалцах, чадавхыг

бэхжүүлэх, мэдлэг олж авах гээд өндөр ач холбогдолтой байдаг. Жишээлбэл, Улаанбаатар хотын хувьд түлшний элементээр ажилладаг нийтийн тээврийн автобусны тохиолдлыг авч үзэхэд, хэрэгтэй газарт нь устөрөгчийг өндөр даралт тэсвэрлэх саванд хийж, машин тээврээр түгээж болох юм. Эхлээд хувийн хэвшлийн түншлэлээр дамжуулан энэ туршилтыг бага хэмжээнд хийж болно. Өөр нэг жишээ бол уул уурхайн салбар нь сэргээгдэх эрчим хүчний арвин нөөцтэй бүсэд байрладаг давуу талтай тул энд түгээлтийн дэд бүтцийг хөгжүүлэх шаардлага эрс багасна.

Шатахуун түгээх станцуудыг жишээ болгон авч үзвэл, Норвеги улсын устөрөгчийн стратегид онцолсноор бол эхний шатанд шатахуун түгээх станцын хэрэгцээ нэлээд бага байж болзошгүй, дараагаар нь зах зээлийн хөгжилтэй уялдуулан хэрэгцээг нэмэгдүүлэх хэрэгтэй гэсэн байдаг. Ямар технологи амжилттай хэрэгжиж болохоос хамааруулж устөрөгчийн түгээх, хүргэх аргыг тухайн устөрөгчийн төслийн хувьд дэд хэсэг болгон авч хэрэгжүүлэх нь зүйтэй. Өргөн цар хүрээтэй, том хэмжээний, олон нийтэд хүртээмжтэй дэд бүтцийг хөгжүүлэхээс илүү иймэрхүү ухаалаг алхмуудыг хийх хэрэгтэй. Гэхдээ төсөл хэрэгжүүлж буй компаниуд төслүүд цаашид дэд бүтцийн хувьд хоорондоо хэрхэн холбогдох, цаашид хэрэгжих төслүүдтэй яаж уялдах гэх мэт зүйлсийг бодолцох нь ложистикын үр ашгийг нэмэгдүүлж, зардлыг бууруулна. (Норвеги улсын нефть, эрчим хүчний яам, Норвеги улсын уур амьсгал, байгаль орчны яам, 2020).

Ижил төстэй арга, шийдлүүдийг авч хэрэгжүүлэх нь Монголд ашигтай. Туршилт, судалгааны жижиг төслүүдийг хэрэгжүүлэх замаар туршлага хуримтлуулах, харилцан уялдаа холбоог тодорхойлох нь зүйтэй. Жишээлбэл, говийн бүсэд устөрөгчийн зангилаа цэгийг үүсгэх нь жижиг хэмжээнд түгээх сүлжээг бий болгохтой холбоотой үнэтэй туршлага авахад дэм хүргэж чадна. Цаг хугацаа өнгөрөх тусам Монгол Улс устөрөгчийн салбарыг том хэмжээнд хөгжүүлж чадах юм байна гэсэн илүү их итгэл төрөх тэр үед дэд бүтцийн хэрэгцээ, шаардлагад үнэлгээ хийж болох юм. Энэ нь цаашдаа шаардлагатай дэд бүтцийг хөгжүүлэхэд дэмжлэг үзүүлэх бодлогын баримт бичгийн үндэс суурь болно. Иймэрхүү үнэлгээг хийхдээ мэдлэг солилцох, тэргүүлэх чиглэлийг тогтоох зорилгоор хувийн хэвшил болон холбогдох талуудыг оролцуулах нь зүйтэй.

Тооцоолж байснаас илүү их эрэлт үүссэн газар бүх нийтээр ашиглах боломжтой устөрөгчийн дэд бүтцийг улсын хөрөнгө оруулалтаар хөгжүүлж болно. Хөрөнгө оруулалтын төлөвлөгөөнүүд нь түгээх станцуудыг үе шаттай нээх зорилтууд зэрэг бусад зайлшгүй шаардлагатай арга хэмжээнүүдтэй хосолдог, тэдэнтэй холбогддог байх хэрэгтэй.

Солонгос, Нидерланд зэрэг хэд хэдэн улс түгээх станцыг үе шаттай нээх зорилт тавьсан бол Хятадад түлшний элементээр ажилладаг автомашиныг хөгжүүлэхэд гол тулгарч буй хүндрэлүүдийн нэг бол устөрөгчийг түгээх станцуудын дэд бүтцийг хөгжүүлэх тухай тодорхойлсон байна. Ийм шалтгааны улмаас батарейтай цахилгаан тээврийн хэрэгслийн татааснаас хэмнэсэн зардлаар энэ салбарт хөрөнгө оруулалт хийх шаардлагатай (Брасингтон, 2019).

Япон улс ирээдүйн устөрөгчийн хэрэгцээнийхээ нэлээд хэсгийг импортлохоор төлөвлөж байгаа бөгөөд устөрөгчийг шингэрүүлсэн болон өндөр даралтад оруулсан хий гэх мэт төрөл бүрийн хэлбэрээр нүүрстөрөгч ялгаруулахгүйгээр хувиргаж, тээвэрлэх арга замуудыг хөгжүүлэхийн тулд олон улсын засгийн газрууд болон үйлдвэрлэгч талуудтай хамтран ажиллаж байна (Нагашима, 2018 - Nagashima, 2018).

Ус хангамж

Ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлд ашиглагдах усны шаардлага, түүний үндэсний болон бүс нутгийн усны хүртээмжтэй байдалд үзүүлэх нөлөөлөл нь устөрөгч үйлдвэрлэх нийт хэмжээ болон боломжит ус хангамжаас хамаарна. Их хэмжээний устөрөгч үйлдвэрлэх нь бусад үйлдвэрлэлийн хэрэглээтэй харьцуулахуйц усны хэрэгцээг бий болгоно. Тиймээс

устөрөгчийн стратегийн нэгэн чухал хэсэг болгож авч үзэх, ялангуяа усны хомсдолтой бүс нутгуудын хувьд онцгойлон анхаарч авч үзэх шаардлагатай. Мөн түүнчлэн устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг төлөвлөхдөө усны хүртээмжтэй байдал болон дэд бүтцийг авч үзэхээс гадна орон нутгийн иргэдийн харилцаанд болон үйл ажиллагаанд үзүүлэх нөлөөг харгалзан авч үзэх хэрэгтэй. Усны хүртээмжийн хангалтгүй байдлаас үүдэн үүсэж болзошгүй бэрхшээлүүд нь усны нөөц, усны нөөц их ашигладаг үйл ажиллагаанууд, орон нутгийн иргэд, уур амьсгалын өөрчлөлтөд эмзэг өртөмтгий байдал гэх мэт тухайн нөхцөл байдлаас хамааран нэлээд ялгаатай байх болно.

Тулгарч болзошгүй хүндрэлүүдийн талаар тодорхой дүр зургийг олж авахын тулд эхлээд эдгээр асуудлуудыг авч үзсэн усны үнэлгээ хийх нь цаашид гаргах шийдвэр болон боломжит шийдлүүдийг тодорхойлоход тустай. Жишээ нь, устөрөгчийн төлөвлөгөөт төслүүд нь сэргээгдэх эрчим хүчний нөөц, цахилгаан эрчим хүчний шугам сүлжээнд холбогдох боломж, усны хүртээмжтэй байдал, устөрөгчийн хэрэглэгчтэй ойр байдал зэрэг олон шалгууруудыг авч үзэх газарзүйн тохиромжтой байдлын шинжилгээг хийж болно. Шалгуур үзүүлэлтүүдэд нийцэхгүй байгаа зарим газруудад бусад шийдлүүдийг судалж, турших боломжтой. Ийм шийдэлд далайн усыг давсгүй болгох (орон нутгийн нөхцөлд ашиглах боломжгүй), бохир усыг дахин ашиглах, өөр бүс нутгаас усыг хямд зардлаар зөөвөрлөхийн тулд ус дамжуулах дэд бүтцийг хөгжүүлэх зэрэг асуудлуудыг багтааж болно. Эхлээд усыг цэнгэгжүүлэх эсвэл бохир усыг дахин ашиглах талаар туршилт, судалгаа явуулах нь илүү ач холбогдолтой алхам байж болно. Учир нь ус дамжуулах дэд бүтцийг хөгжүүлэх нь урт хугацааны хөрөнгө оруулалт болоод ногоон устөрөгчийг хөгжүүлэх, үйлдвэрлэх, хэрэглэх маш их итгэл, үнэмшлийг шаардана.

Эрчим хүч болон аж үйлдвэрийн салбараас гарсан бохир усыг дахин ашиглах нь ашиглагдахгүй байгаа нөөцөөс эдийн засгийн үнэ цэнийг бий болгох боломжийг олгодог. Сул тал нь шатамхай түлшинд суурилсан үйл ажиллагаанаас гаралтай дайвар бүтээгдэхүүнийг ашиглах, энэ нь түүний эдийн засгийг дэмжиж, үйл ажиллагааг үргэлжлүүлэхэд тустай байх магадлалтай. Гэсэн хэдий ч шатамхай түлшинд суурилсан үйл ажиллагааг цаашид бууруулах нь зүйтэй. Ингэснээр усны нийт хэрэглээний дарамтыг бууруулж, улмаар ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг явуулах орон зай бий болох юм.

Энэ судалгаанд харуулсанчлан орон нутгийн усны хүртээмжтэй байдал нь Монголын нөхцөлд санаа зовоосон асуудал байж болзошгүй. Улсын хэмжээнд ус хангамж харьцангуй сайн боловч газарзүйн хувьд сэргээгдэх эрчим хүчээр баялаг бүс нутгийн усны хүртээмж хязгаарлагдмал байгаа нь ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх боломжийг бууруулж байна. Тэдгээр бүс нутаг дахь аж үйлдвэр, эрчим хүчний салбарын томоохон үйл ажиллагааг харгалзан үзвэл бохир усыг дахин ашиглах боломж нь илүү сонирхол татахуйц арга, зам байх боломжтой. Бага хэмжээний устөрөгч үйлдвэрлэх төслүүдтэй холбогдуулан туршлага хуримтлуулах зорилгоор бохир усны дахин ашиглалтыг туршиж болно. Португали улс устөрөгч үйлдвэрлэх зорилгоор хаягдал усыг дахин ашиглах төслийг эхлүүлж байгаа бөгөөд энэ нь эрчим хүч болон бохир усны салбар хоорондын уялдаа холбоог нэмэгдүүлэх, ашиглагдаагүй нөөцөөс эдийн засгийн үнэ цэнийг бүтээх боломж хэмээн үзэж байна (Португали улсын засгийн газар, 2020).

Ус хангамжийн дэд бүтцийг хөгжүүлэх нь нэлээд хөрөнгө шаардсан ажил бөгөөд санхүүгийн нөөцийг зөв хуваарилах, биологийн төрөл зүйлүүд, хүрээлэн буй орчин болон орон нутгийн иргэдийн аюулгүй байдлыг хангахтай холбоотой хүндрэлүүдтэй тулгардаг. Гэсэн хэдий ч ус хангамжийн дэд бүтэц нь ирээдүйд усны хомсдолд өртөж болзошгүй эсвэл одоо өртчихсөн янз бүрийн бүлгүүдэд ашиг тустай байж болно. Монгол орны газар нутгийн хойд хэсгээс урд хэсэг рүү ус дамжуулах хоолой татах төсөлд дээрх асуудлуудыг авч үзэх хэрэгтэй. Өмнөговийн бүс нутаг усны хомсдолд ороод байгаа. Тиймээс хойд бүсээс ус дамжуулах дэд бүтцийг хөгжүүлэх нь хамгийн тохиромжтой хувилбар байж болно. Ийм төрлийн хөрөнгө оруулалт

нь устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн хөгжлөөс хамаарахгүйгээр хэрэгжиж, орон нутгийн иргэд, хөдөө аж ахуйн салбар, уул уурхайн салбар зэрэгт шууд үйлчилж болно.

Анхаарах шаардлагатай бас нэг чухал зүйл бол ирээдүйд усны хэрэглээ нэмэгдсэнээс үүдэлтэй бүс нутгийн асуудал юм. Усны урсгалууд нь улсын хил давж урсдаг байж болох бөгөөд усны хэрэглээ нэмэгдэхийн хирээр хил залгаа орнууд руу урсах усны урсгалд нөлөөлж болзошгүй. Ийм тохиолдолд хөрш, зэргэлдээ орнуудтай ус ашиглалтын гэрээ байгуулахаар яриа, хэлцэл эхлүүлэх шаардлага гарна. Зарим голууд хөрш, зэргэлдээ орнууд болох Орос, Хятад руу урсдаг учраас Монгол улс дотооддоо ус дамжуулах нь улс төрийн сөрөг үр дагаварт хүргэж болзошгүй. Тиймээс хил дамнасан усны урсгалд нөлөөлөх нь хөрш зэргэлдээ улс, орнуудын хооронд асуудал үүсгэж болзошгүй тул анхан шатны үнэлгээнд тус хүчин зүйлийг зайлшгүй авч үзэх шаардлагатай.

Олон улсын туршлагаас харвал, одоогийн баримталж буй устөрөгчийн стратегиудад усны хүртээмжтэй байдлыг төдийлөн анхаараагүй боловч үүнийг бас тэр чиг нь орхиогүй байна. Австрали улсын устөрөгчийн стратегид усны хүртээмжтэй байдалтай холбоотой боломжит хүндрэлүүдийг хүлээн зөвшөөрч, шинэ ажлын байруудыг тодорхойлж, цэвэр устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн өсөлт нь усны хүртээмжтэй байдлыг алдагдуулж болохгүй хэмээн заасан байдаг. Үндэсний хэмжээнд устөрөгчийн дэд бүтцийг үнэлэх ажлын хүрээнд, ус хангамжийн сүлжээг багтаасан устөрөгч хангамжийн цогц системийн хэрэгцээг 2022 оны эцэс гэхэд үнэлсэн байна. Энэ үнэлгээнд устөрөгчийн үйлдвэрлэлд ашиглагдах усны хэрэглээг хөдөө аж ахуй, үйлдвэрлэл, уул уурхай, айл өрхүүд гэх мэт амин чухал усны хэрэгцээтэй газруудыг бодолцож хэрхэн тэнцвэржүүлэх талаар тусгасан байна. Стратеги нь ус ашиглах боломжтой байдал, боомт, дамжуулах хоолой, цахилгаан эрчим хүчний дэд бүтэц зэрэг устөрөгч үйлдвэрлэхэд чухал шаардлагатай урьдчилсан нөхцөлүүд дээр үндэслэсэн газарзүй, орон зайн зохистой байдлын үнэлгээг авч үздэг. Цаашилбал, устөрөгчийг үйлдвэрлэх хамгийн тохиромжтой байршил нь сэргээгдэх эрчим хүч болон цэвэршүүлсэн далайн ус эсвэл хаягдал усыг ашиглах боломжтой байвал хамгийн боломжийн сонголт болно хэмээн дүгнэсэн байна. Цэвэршүүлсэн далайн ус болон бохир усыг хэрэглэх боломжтой эсэхийг судалгаа, туршилтаар шалгах шаардлагатай (ХАШУАҮСБ, 2019 - CSIRO, 2019). Монголын хувьд далайн усыг ашиглах хувилбар хамаарахгүй.

Чили улсын устөрөгчийн стратеги нь усны нөөцийг хэмнэлттэй ашигладаг, амьжиргааны түвшнийг дээшлүүлэхэд тодорхой хувь нэмэр оруулдаг үйлдвэрлэлүүдийг өсгөх зорилготой. Зарим бүс нутагт үүсч болох асуудлууд болон боломжит шийдэл, уялдаа холбоог тусгаж ногоон устөрөгч үйлдвэрлэлийн боломжийг авч үзэхийн тулд газар ашиглалттай холбоотой одоо хэрэгжиж байгаа бодлогууддаа дахин үнэлгээ хийж байна (Чили улсын засгийн газар, 2020).

Иймээс Монгол улс усны хүртээмжтэй байдлыг ногоон устөрөгчийн салбарын төлөвлөлтийн нэг хэсэг болгон авч үзэх шаардлагатай. Сэргээгдэх эрчим хүчний нөөц, усны нөөц гэх мэт үзүүлэлтүүдийг багтаасан газарзүй, орон зайн шинжилгээ нь ногоон устөрөгч үйлдвэрлэхэд зохистой газрыг сонгох эсвэл ус хангамжийн дэд бүтцийг зөв төлөвлөхтэй холбоотой шийдвэр гаргахад ашиг тустай байж болно.

4.3 Хэрэглээ талын бодлого

Хэрэглээ талын бодлого нь тодорхой салбаруудад технологийн шилжилтийг хурдасгах, олон нийтийн үзэл бодлыг өөрчлөх, идэвхжүүлэхийн тулд устөрөгчийн технологийн хэрэглээ, нэвтрүүлэлтэд дэмжлэг үзүүлэхэд чиглэнэ. Түүнчлэн хэрэглээ талын бодлого нь технологийн хөгжлийн төлөвөөс шалтгаалан судалгаа, хөгжүүлэлтэд, мөн үүнээс илүүтэйгээр зах зээлд чиглэсэн байж болно. Мөн салбар, салбараас хамааран бодлого

боловсруулагчид төвийг сахисан эсвэл устөрөгчийг илүү дэмжсэн бодлого гаргаж болох юм. Энэ бүлэгт судалгааны үр дүнд үндэслэн Монгол улстай холбоотой байж болох бодлогын хувилбаруудын талаар хэлэлцэж, санал, эргэцүүлээ тусгасан болно.

Ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг дэмжих бодлого нь түүний хэрэглээг дэмжих бодлоготой яв цав нийцэж байх хэрэгтэй. Энэ бүлгийн эхэнд дурдсанчлан, нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад өөр технологийн сонголт илүү ашиг тустай байж болох бөгөөд тийм нөхцөлд ногоон устөрөгчийг зориудаар дэмжихээс зайлсхийх алхам нь нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах системийн үндэс болно. Эцсийн хэрэглээг бүлэглэж, гурван ангилалд хуваан авч үзэв. Үүний гол зорилго нь хэрэглээний ангилал тус бүрд нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад ногоон устөрөгчийн боломж, нөөц эсвэл түүнээс хир зэрэг хамааралтай байж болох вэ? гэдгийг тайлбарлахад оршино. Тайлбарлахдаа техникийн хүндрэлүүд болон Монгол улсын өнөөгийн эсвэл тухайн үеийн нөхцөл байдал зэрэгт үндэслэсэн. Ингэснээр бодлого боловсруулах үйл явцыг хөнгөвчлөх боломжтой. Хүснэгт 6-д эцсийн хэрэглээний үндсэн гурван ангиллыг тодорхойлов. Энэ бүлгийн хүрээнд дүн шинжилгээ хийсэн салбар, секторуудыг цаашид энэхүү судалгааны үр дүн, шинжилгээний харгалзах категорийн хүрээнд авч үзнэ.

Хүснэгт 6. Шинжилгээнд хамрагдсан эцсийн хэрэглээний салбарт устөрөгчийн технологийг ашиглахыг санал болгож буй ангиллын систем.

Ангилал	Тодорхойлолт	Хэрэглээ
1	Нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад ногоон устөрөгчөөс өөр санал болгох тохиромжтой шийдэлгүй эсвэл тодорхойгүй хэрэглээ	Уул уурхайн хүнд даацын машин механизм Аж үйлдвэрийн салбар ⁸
2	Нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад янз бүрийн шийдэл байгаа, гэхдээ стратегийн хувьд ногоон устөрөгчийг нэвтрүүлэх нь давуу талтай байж болох хэрэглээ	Улаанбаатар хот дахь нийтийн тээвэр, автобус Аж үйлдвэрийн салбар ⁸
3	Нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад янз бүрийн шийдэл байгаа , мөн ногоон устөрөгчийг нэвтрүүлэхэд одоогоор төдийлөн ач холбогдолгүй хэрэглээ	Орон сууц, байшин барилгын халаалт Аж үйлдвэрийн салбар ⁸

Эрэлтийн бодлогыг төлөвлөхдөө ангиллын системийн аль категорид хамаарч байгааг бодолцон хянуур төлөвлөх хэрэгтэй. Зарим тохиолдолд хамгийн тохиромжтой сонголтоор олон талт технологийн бодлого баримтлахыг илүүд үзэх хэрэгтэй бол нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад устөрөгчөөс өөр илүү сонголт байхгүй тохиолдлуудад устөрөгчийг хатуу дэмжих бодлого баримтлах хэрэгтэй болно.

Энэ хэсэгт дүн шинжилгээ хийсэн гурван эцсийн хэрэглээний талаарх бодлогын хувилбарыг хэлэлцсэн бөгөөд үүнд жишээ судалгааны үр дүн, Монголын бодлогын нөхцөл байдлыг харгалзан үзсэн болно.

⁸ Аж үйлдвэрийн зарим салбар дахь технологийн хөгжлийн түвшин нь доогуур ба Монгол улсын аж үйлдвэрийн салбарыг нарийн дүгнэн шинжлэхэд хангалттай дата мэдээлэл байхгүй. Гэвч олон янзын нөхцөл болон таамаг дор үйлдвэрлэлээс хамааран устөрөгч нь бүх 3 ангилалд хамаарах боломжтой.

Хүнд даацын тээвэр – Өмнө говь дахь уул уурхайн ачааны машинууд

Монголын тээврийн салбарт түлшний элементээр ажилладаг машин, механизм нь хүнд даацын болон уул уурхайн салбарт чухал үүрэг гүйцэтгэх боломжтой. Технологийн хөгжлийн өнөөгийн явцаас харахад уул уурхайн хүнд даацын машин болон өргөгч механизмаас гарах нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад хэд хэдэн шийдлүүдийг санал болгож болно. Хэдийгээр цахилгаанаар ажилладаг хүнд даацын машинуудыг хөгжүүлсээр байгаа ч Монголын хувьд холын зайн тээвэр хийх болон уул уурхайн машинуудад тавигдаж байгаа бусад шаардлагуудаас үүдэн ногоон устөрөгч нь энэ салбарт хамгийн тохиромжтой сонголт болох боломжтой гэж үзээд ангиллын системд тусгагдсан. Хэдийгээр хөнгөн тээврийн салбарт цахилгаан машиныг дэлгэрүүлэхэд чиглэсэн бодлогууд дэлхийн даяар амжилттай хэрэгжиж байгаа боловч хүнд даацын тээврийн салбар өөрийн гэсэн онцлогоос хамаарч зарим хүндрэлүүдтэй нүүр тулж байгаа бөгөөд үүнд өөр бодлогын аргачлал шаардлагатай харагдаж байна. Технологи талаас түлшний элементээр ажилладаг ачааны машины эхэн үеийн худалдан авалтад олгох дэмжлэг, машины утаа ялгаруулалтын стандарт гэх мэт тээврийн уламжлалт бодлогуудыг хэрэгжүүлэхэд Монголд хэтэрхий эрт байна гэж үзэж болохоор байна. Үүний оронд энэ технологийн тохиромжтой байдал болон шаардагдах зардлыг бууруулах боломжтой эсэхийг шалгаж, баталгаажуулахын тулд багахан хэмжээний туршилт хийх, таниулах ажилд гол анхаарлаа хандуулах хэрэгтэй. Зах зээлд илүү хурдан нэвтрүүлэхийн тулд туршилтын болон таниулах төслүүд дээр төр, хувийн хэвшлийн түншлэл үүсгэснээр технологийн хөгжлийн процессыг түргэсгэх боломжтой.

Уул уурхайн салбарт томоохон байр суурь эзэлж буй бусад орнуудын хувьд энэ тал дээр аль хэдийн идэвхтэй үйл ажиллагаа явуулж байна. Чили улсын ногоон устөрөгчийг дэмжих стратеги богино хугацаанд алдагдлаа нөхөх боломжтой салбаруудын нэг бол уул уурхайн ачааны машин, хүнд даацын тээвэрлэлтийн салбар гэдгийг хүлээн зөвшөөрч, энд ногоон устөрөгчийг нэвтрүүлэхэд улсаас дэмжлэг үзүүлэхээр төлөвлөж байна. Гол зохицуулах механизмуудын нэг болгож устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн эхлэлийг дэмжихэд чиглэсэн төр, хувийн хэвшлийн түншлэл болон туршилтын төслүүдийг эхлүүлэхээр хэлэлцсэн (Чили улсын засгийн газар, 2020). 2019 онд Чилийн хөгжлийн банк (Corporación de Fomento a la Producción, CORFO) зэсийн ашигт малтмал олборлолтын салбараас ялгарах нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахын тулд устөрөгчийн түлшээр ажилладаг хүнд даацын ачааны машинуудыг ашиглах боломжийг үнэлэх зорилгоор хоёр тендер шалгаруулсан (Баррос, 2020).

Өмнөд Африк хараахан үндэсний хэмжээнд устөрөгчийн стратеги боловсруулж гаргаагүй боловч устөрөгчтэй холбоотой үйл ажиллагаа нэлээд идэвхтэй явж байна. 2020 онд, Өмнөд Африкийн Шинжлэх ухаан, инновацын хэлтэс Өмнөд Африкийн Устөрөгчийн нийгэмлэгийн алсын харааг тогтооход хувийн хэвшлийг урьж оролцуулсан. Энэ үйл ажиллагаа нь уул уурхайн салбараас эхлээд янз бүрийн салбар дахь эрчим хүчний хангамжийн асуудлыг дэмжих зорилготой байсан (FuelCellsWorks, 2020). Энэхүү санаачилгаар дамжуулан төр, хувийн хэвшлийн түншлэлийн хүрээнд Англо-Американ компанитай хамтран “Устөрөгчийн-хөндий”-г хөгжүүлэхэд хамтран ажиллаж, дэлхийн хамгийн том түлшний элементээр ажилладаг уул уурхайн хүнд даацын тээврийн машинуудыг туршиж байна (Африка Ойл ба Эрчим хүч, 2021).

Дээрх санаачилгуудад үндэслэн, ижил төстэй арга хэмжээнүүдийг Монголд, тэр дундаа Оюу-Толгойн уурхай орчимд хэрэгжүүлэх боломжтой. Хувийн хэвшилтэй яриа хэлэлцээр өрнүүлэх байдлаар хувийн хэвшлийн сонирхлыг төрүүлж, түншлэлийг эхлүүлж болно. Төрөөс үзүүлэх санхүүгийн дэмжлэгээр үүсэж болох эрсдэлүүдийг хуваалцаж, үр өгөөжийг нь бүх л оролцогч талууд хүртэж болно. Хувийн хэвшил буюу оролцогчид туршлага солилцож, цаашдын бодлого боловсруулах ажилд үнэ цэнтэй мэдээлэл өгөхийн зэрэгцээ эрт оролцсоноор илүү үр өгөөж хүртэх

боломжтой. Хэрвээ амжилттай хэрэгжих боломжтой нь батлагдсан тохиолдолд түлшний элементээр ажилладаг машиныг худалдан авахад үзүүлэх дэмжлэг, татварын чөлөөлөлт болон тээврийн хэрэгслээс гарах нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах зорилтот хөтөлбөр гэх мэт цаашдын бодлогуудыг уул уурхайн салбарт нэвтрүүлэх талаар авч үзэж болно. Эдгээр бодлогуудын талаар цаашид доор хэлэлцэнэ.

Нийтийн тээвэр – Улаанбаатар дахь түлшний элементийн автобус

Цахилгаан автобусны адил түлшний элементэд суурилсан автобус дэлхийн олон орны нийтийн тээврийн салбарт аль хэдийн нэвтрээд байна. Нийтийн тээврийн салбарын нүүрстөрөгч ялгарлыг бууруулах технологийн хувьд олон хувилбар байгаа ч тэдгээр нь өөр өөрийн давуу болон сул талуудтай. Түлшний элементийн автобус нь илүү хол зам туулах чадвартай, мөн хурдан цэнэглэгдэх боломжтой гэдгээрээ давуу талтай. Гэвч өмнө дурдсанчлан хаана гэдгээс хамаарч шууд цахилгаан хангамжийн асуудал нэн түрүүнд тавигдах хэрэгтэй. Өнөөгийн нөхцөл байдлыг авч үзээд дээрх шалтгааны улмаас ангиллын системд нийтийн тээврийн автобусыг хоёрдугаарт тавиад байна. Учир нь нийтийн тээврийн автобус паркийн нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад чиглэсэн цаашдын бодлого төлөвлөгөөг гаргахад олон талт технологийн бодлогуудыг авч ашиглах нь ашиг тустай байж болно.

Хөнгөн тээврийн салбарын хувьд дэлхий даяар танилцуулагдаж буй нүүрстөрөгчийн ялгаралгүй олон машинуудын жишээг татаж болно. Тээврийн салбарт ашиглагддаг нийтлэг бодлогуудад татвараас чөлөөлөх, худалдан авалтад дэмжлэг үзүүлэх, ялгаруулалтын стандарт тогтоох зэрэг багтана. Татвараас чөлөөлөх, худалдан авахад дэмжлэг үзүүлэх зэрэг нь хэрэглэгчдэд шууд санхүүгийн урамшуулал өгөх хэлбэрээр нүүрстөрөгчийн ялгарал багатай машинуудын эрэлтийг нэмэгдүүлэхэд дэмжлэг үзүүлж чадах бол машин, тээврийн хэрэгсэлд ялгаруулалтын стандартыг тогтоох зэрэг арга хэмжээ нь хэрэглэгчид болон борлуулагчдад дохио өгнө. Зорилтууд нь янз бүрийн байж болно. Жишээлбэл: нүүрстөрөгч ялгаруулдаггүй машины эзлэх хэмжээг нэмэгдүүлэхийн тулд нийт зарагдсан машины тодорхой хувь нь нүүрстөрөгч ялгаруулдаггүй машин байх, тээврийн салбарт ашиглагдаж байгаа нийт эрчим хүчний тодорхой хувь нь нүүрстөрөгч ялгаруулдаггүй эх үүсвэрээс хангагдсан нийлүүлэгдсэн байх гэх мэт. Түүнчлэн зорилтууд нь шатамхай түлшээр ажилладаг машины хэрэглээг бууруулах, эсвэл шатамхай түлшээр ажилладаг машины борлуулалтад хориг тавих, хязгаар тогтоох гэх мэт өөр олон төрлийн арга хэмжээг авч болох юм.

Бодлогуудыг хослуулах нь тээврийн салбарын шилжилтийг илүү үр дүнтэй хийх боломжийг олгоно. Зорилтот хөтөлбөр боловсруулах гэх мэт дээрээс доош чиглэсэн бодлогууд нь хэрэглэгчдэд шинэ машин худалдан авахдаа дунд болон урт хугацааны зорилтуудыг харгалзан үзэхэд дэмжлэг үзүүлэх бол худалдан авалтад буцаан олголт өгөх, татвараас чөлөөлөх гэх мэт доороос дээш чиглэсэн бодлогууд нь зах зээлийн өрсөлдөөнд нүүрстөрөгчийн ялгарал багатай машинд шууд давуу тал бий болгож, худалдан авалтын тоо хэмжээг хурдацтай нэмэгдүүлэх боломжийг үүсгэнэ. Норвег улсын тээврийн салбар үүнийг аль хэдийн харуулаад байна. Гэсэн хэдий ч бодлого боловсруулагчдын хувьд бодлогын үр нөлөөг тоо, хэмжээсээр нарийн таамаглахад хэцүү байж болох ба энэ нь эргээд цэнэглэх станцууд, дэд бүтэц гэх мэт урьдчилсан нөхцөлүүдийг тодорхойлоход хүндрэл учруулна.

Улаанбаатарт эдгээр бодлогуудыг авч үзэх олон шалтгаан байна. Нүүрстөрөгчийн давхар ислийн ялгаруулалтыг бууруулахаас гадна тус хот агаарын чанар муу, хүн амын тоо өндөр байдлаа сайжруулахаар тэмцэж байна. Мөн түүнчлэн одоогийн автобус парк нь хуучирсан бөгөөд шинэчлэх шаардлагатай. Иймээс Монгол улс цахилгаан болон түлшний элементийн автобуснуудын давуу болон дутагдалтай талуудын талаар бүрэн мэдээлэл өгөхийн зэрэгцээ

нүүрстөрөгчийн ялгаралгүй автобусыг дэлгэрүүлэх ажлыг дэмжих олон талт технологийн бодлого баримтлах тал дээр анхаарал хандуулах хэрэгтэй. Авч ашиглаж болохуйц бодлогууд нь татвараас чөлөөлөх, худалдан авалтад дэмжлэг үзүүлэх, нүүрстөрөгчийн ялгаралгүй машины тоог зорилтот хэмжээнд хүргэхтэй холбогдуулан машины ялгаруулалтын стандартуудыг тогтоох, мөн дизель автобусыг үе шаттайгаар хэрэглээнээс халах хугацааг төлөвлөх гэх мэт арга хэмжээг багтааж болно. Дэлхийн хэмжээнд харвал олон хотуудад эдгээр бодлогуудыг аль хэдийн хэрэгжүүлээд байна.

Цахилгаан автомашиныг зам ашиглалтын төлбөр болон дугаарын хязгаарлалтаас бүрэн чөлөөлсөн боловч 2021 оны 4-р сарын байдлаар Улаанбаатар хотод 324 ширхэг цахилгаан тээврийн хэрэгсэл бүртгэлтэй байна (Д.Баясгалан, 2021) (Грюттер, Ким, 2019). Дээрх бодлогын цар хүрээг мөн түлшний элементээр ажилладаг тээврийн хэрэгслүүдийг хамруулах байдлаар тэлж болно. Тээврийн хэрэгслийн ялгаруулалтын хэмжээг тогтоосон стандартууд одоогоор байгаа бөгөөд үүнийг утаа огт ялгаруулдаггүй тээврийн хэрэгслийг дэмжихэд зориулж цаашид өөрчлөн сайжруулж болно. Огт утаа ялгаруулдаггүй тээврийн хэрэгсэлд зориулсан татаас, тэтгэмжийн тогтолцоо мөн одоогоор байхгүй байна. Устөрөгч буюу түлшний элементээр ажилладаг тээврийн хэрэгслүүдийн хувьд татаас, мөнгөн тэтгэмж нь хэрэгжүүлж болохуйц хувилбар байж болох ч үүнийг дэд бүтэц, цэнэглэх станцууд гэх мэт хангамжийн бодлоготой хослуулах шаардлагатай. Түлшний элементээр ажилладаг автобуснууд нь сонирхол татахуйц байх эсэхээс хамаарч засгийн газрын дэмжлэгтэйгээр эхлээд цэнэглэх станцуудыг бага хэмжээнд хөгжүүлж, хэрэглээ нэмэгдэхийн хэрээр цаашид нэмээд, сайжруулаад явж болно.

Дэлхийн хэмжээнд авч үзвэл нийтийн тээврийн системд нүүрстөрөгчийн ялгаралгүй автобусны хэрэглээг дэмжсэн олон талт технологийн бодлого хэрэгжүүлж байгаа олон хот, улсын жишээнүүд байна. Норвег улс 2025 онд зарагдах бүх хотын автобуснуудаа огт утаа ялгаруулдаггүй эсвэл био хий ашигладаг байхаар зорьж байгаа бөгөөд энэ нь 2030 он гэхэд утаа ялгаруулдаггүй автобусны салбартай болох зорилготой холбоотой. Үүний нэгэн адил Нидерланд улс 2025 оноос эхлэн утаа огт ялгаруулдаггүй автобуснууд худалдан авдаг байхаар зорьж байна (Элемент Энержи, 2017). Үндэстэн, ястны түвшинд Европын хэд хэдэн хотууд нийтийн тээврийн салбартаа зорилт дэвшүүлэн ажиллаж байгаа бөгөөд тэдгээрийн ихэнх нь шатамхай түлшээр ажилладаг автобусыг хэрэглээнээс халахтай холбоотой. Афин, Парис, Мадрид зэрэг хотууд 2025 он гэхэд дизель түлшээр ажилладаг бүх автомашинуудыг хот дотор явуулахгүй байх үүрэг хүлээсэн (Элемент-Энержи, 2017). Өөр нэгэн жишээ дурдвал Лондон хотод 2020 он гэхэд бүх шинээр үйлчилгээнд нэвтэрсэн автобуснууд утаа ялгаруулдаггүй байх ёстой бөгөөд 2037 он гэхэд бүх автобус парк утаа ялгаруулдаггүй автобусаар шинэчлэгдсэн байх ёстой (Лондон хотын захиргаа, 2020 он).

Хууль, эрх зүйн орчин, тогтоол шийдвэрүүд нь түлшний элемент болон батарей бүхий цахилгаан автомашинуудад ялгаатай бодлого барьж байгаа ч Хятадад түлшний элементээр ажилладаг автобуснууд аль хэдийн ашиглалтад орж, нийтийн тээврийн автобусны паркийн нүүрстөрөгчийн төрөгчийн ялгарлыг бууруулахад хувь нэмрээ оруулж байна. Түлшний элементээр ажилладаг автомашинуудын хэрэглээ нь хүнд ачааг хол замд тээвэрлэх шаардлагатай газруудад байна гэдгийг онцгойлон дурдах хэрэгтэй. Хэрэглэгчдэд худалдан авахад татаас олгохоос илүүтэйгээр хотуудад санхүүгийн дэмжлэг үзүүлэх байдлаар сонгогдсон хотуудад 4 жилийн турш туршилт явуулах замаар түлшний элементийн технологийг туршина (Жин, Хэ, 2020). Түүнчлэн, "Хятадад үйлдвэрлэв 2025" аяны хүрээнд тус улс устөрөгчийн түлшний элементийн тээврийн хэрэгсэлд зориулж зураглал боловсруулсан бөгөөд 2025 он гэхэд 50000, 2030 он гэхэд нэг сая түлшний элементийн автомашин нийлүүлэх тусгай зорилт тавьсан байна. Үүний нэгэн адил БНСУ тээвэр, зорчих хөдөлгөөний салбар дахь устөрөгчийн стратегидаа онцгой анхаарал хандуулж, батарей бүхий цахилгаан автомашинаас илүүтэйгээр устөрөгчийн тээврийн хэрэгсэлд илүү их санхүүжилтийг олгоно гэж харж байна. Нидерланд улс 2022 он гэхэд автобус паркдаа 2,000

автобус нэмж, 2040 он гэхэд 41,000-д хүргэхээр зорьж байна. (Нидерланд улсын үйлдвэр, аж ахуйн агентлаг, 2019б - Netherlands Enterprise Agency, 2019b). Монголд устөрөгчийн салбар илүү хөгжиж, түлшний элементийн автобусыг сонирхож эхлэх, бусдаас илүүд үзэх тэр үед дээрхтэй ижил төстэй арга хэмжээг мөн авч хэрэгжүүлэх боломжтой.

Халаалтын хэрэглээ

Монголын халаалт, дулаан хангамжийн салбар олон хүндрэлтэй тулгараад байгаа бөгөөд нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад гол нөлөөлөх боломжтой салбар юм. Тус судалгааны үр дүн устөрөгч нь одоогоор энэ салбарт төдийлөн сонирхол татахуйц сонголт биш болохыг харуулж байна. Гэхдээ бусад боломжит сонголтуудтай харьцуулах байдлаар нэмэлт дүн шинжилгээ хийх хэрэгтэй. Энэ шалтгааны улмаас Монголын халаалт, дулаан хангамжийн салбарыг ангиллын системийн гуравдугаарт жагсаасан болно.

Халаалт ба дулаан хангамжийн салбарыг нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад устөрөгчийн гүйцэтгэх үүрэг тодорхойгүй байгаа бөгөөд тухайн нөхцөл байдлын хүчин зүйлсээс хамаараад өөр өөр байх төлөвтэй байна. Шийдвэр гаргах болон цаашид хэрэгжүүлэх алхамд зориулж илүү их мэдээлэл өгөхийн тулд бүхий л хүчин зүйлүүдийг харгалзан үзсэн нэмэлт дүн шинжилгээ хийх шаардлагатай байна. Халаалт, дулаан хангамжийн салбарын хэтийн төлөв нь технологийн сонголт болон нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах оновчтой шийдлээс хамаараад тодорхойгүй байна. Бүлэг 3.2-т авч үзсэнчлэн сүүлийн үеийн судалгаанууд олон тохиолдолд дулааны насос ашигласан шийдлүүд илүү тохиромжтой болохыг харуулж байна. Гэхдээ зарим онцгой тохиолдолд халаалтад устөрөгчийг ашиглах нь илүү тохиромжтой шийдэл байх боломжтой. Жишээ нь, халаалтад зориулсан хий дамжуулах дэд бүтцийг хөгжүүлсэн орнуудын хувьд үүнийг устөрөгч дамжуулах сүлжээ болгон ашиглах нь дулааны насосыг маш өндөр зардлаар суурилуулахаас зайлсхийх зэрэг үр ашигтай. Гэвч Монгол улсын халаалтын систем тун нарийн төвөгтэй бөгөөд эрчим хүчний салбараасаа ихээхэн хамааралтайн дээр жилийн ихэнх саруудад халаалтын хэрэглээ өндөртэй байдаг онцлогтой. Хий дамжуулах хоолойн дэд бүтэц одоогоор байхгүй байгаа нь дамжуулах хоолойн сүлжээг бий болгох зардлыг нэмэгдүүлж, эдийн засгийн сонирхлыг бууруулж байна. Энэ судалгаанаас үзэхэд танканд устөрөгчийг хадгалж түгээдэг төвлөрсөн бус систем ч эдийн засгийн хувьд хэрэгжүүлэх боломжтой сонголт биш байна. Үүний зэрэгцээ дулааны насос руу хийх шилжилт нь дулааны хэрэгцээг хангах боломжтой байхын тулд барилгын бодит шинэчлэлт хийх шаардлагатай болно. Цахилгаан хангамж нь халаалтын салбарын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад голлох үүрэг гүйцэтгэх ирээдүйтэй арга зам гэж үзвэл Монгол орны урт бөгөөд хүйтэн өвлийн дулааны хэрэглээг бүрэн хангахын тулд улирлын чанартай ямар нэг эрчим хүчний хуримтлуур шаардагдаж болох юм (Стрью-Хипп, 2018 - Stryi-Hipp et al., 2018). Энэ зорилгоор ногоон устөрөгчийг ашиглах нь тохиромжтой хувилбар байж болох ба ялангуяа ойрын болон дунд хугацаанд ногоон устөрөгчийн үнийг хурдацтай бууруулах эцсийн хэрэглэгчид бүхий бусад салбарт ногоон устөрөгчийн салбарыг хурдацтай хөгжүүлэх хэрэгтэй.

Бүлэг 3.1-т авч үзсэнчлэн цахилгаан эрчим хүч ба дулаан хангамжийн салбаруудыг салгах нь эрчим хүчний салбарт үр ашигтай. Хүлэмжийн хийн ялгарал болон агаарын бохирдлын асуудлаас үүдэн Монголын дулаан хангамжийн салбарын ач холбогдолтой байдал нь зайлшгүй шийдвэрлэх чухал салбаруудын нэг болоод байна. Тиймээс цаашдын судалгаанд хамгийн тохиромжтой шийдлийг үнэлэхийн тулд Монголын дулаан хангамж болон цахилгаан эрчим хүчний салбар хоорондын уялдаа холбоог илүү нарийн судлах хэрэгтэй. Ямар ч тохиолдолд Монголын дулаан хангамжийн салбарын утаа, нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах аливаа арга хэмжээ нь хэдий зардал ихтэй байх ч уур амьсгалын өөрчлөлт, нүүрстөрөгчийн ялгарал, агаарын бохирдол, цаашлаад иргэдийн эрүүл мэнд зэрэг улс орны амин чухал тулгамдсан асуудлуудыг

сайжруулахад үлэмж хэмжээний хувь нэмэр оруулах боломжтой. Иймд Монгол улс цаашид энэ чиглэлээр илүү дорвитой судалгаа хийж, боломжит хувилбаруудад дүн шинжилгээ хийж, харьцуулсны дараа бодлого боловсруулах хэрэгтэй. Иймэрхүү судалгаа, дүн шинжилгээнүүд нь ногоон устөрөгчийг халаалтад ашиглах боломжтой гэсэн дүгнэлтэд хүрсэн тохиолдолд судалгаа, хөгжүүлэлт болон туршилтаар тохиромжтой болон боломжит байдлыг цаашид судалж болно. Ийм процесс нь хэдийгээр оролцогч талуудад санхүүгийн эрсдэл учруулдаг ч урт хугацааны хувьд үнэтэй мэдээлэл, мэдлэгийг өгөх болно.

Устөрөгчийг халаалтад ашиглах бодлого баримталж байгаа дэлхийн жишээ цөөхөн байдаг. Энэ нь халаалтын системийн нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах бусад хувилбаруудтай харьцангуй түүний үр өгөөж тодорхой бус байдалтай холбоотой байж болзошгүй юм.

Байгалийн хий дамжуулах дэд бүтэцтэй зарим улсуудын хувьд тодорхой квот тогтоож устөрөгчийг холих талаар авч үздэг. Дэлхий дахины байдлаас үзвэл, олон улс орнууд устөрөгчийг халаалтад ашиглах ач холбогдлыг таньж мэдсэн ч зөвхөн тодорхой нөхцөл үр өгөөжөө өгнө гэдгийг хүлээн зөвшөөрдөг. Одоогоор халаалтын салбарт устөрөгч рүү чиглэсэн тодорхой бодлого тун цөөхөн байна. Гэсэн хэдий ч зарим устөрөгчийн стратегид устөрөгчийг халаалтад ашиглах боломжтой гэж дурдсан байдаг.

ХБНГУ 2016 оноос хойш өндөр үр ашигтай түлшний элементийн халаалтын системүүдэд зориулан боловсруулсан “Эрчим хүчний хэмнэлтийг урамшуулах хөтөлбөр”-өөр дамжуулан халаалтад устөрөгчийг ашиглах ашиглалтыг дэмжээд байна. Энэ хөтөлбөр нь түлшний элементийн халаалтын системүүдэд татаас, мөнгөн тэтгэмж олгодог. Нэмж дурдахад ХБНГУ-ын засгийн газар устөрөгчийн суурилуулалтыг дэмжих бэлтгэл ажилд зориулж санхүүжилт босгох боломжийг судалж байна (ХБНГУ-ын засгийн газар, 2020).

Мөн түүнчлэн бусад дээрээс доош чиглэсэн бодлогууд нь шинэ халаалтын системд шилжих шилжилтэд дэмжлэг үзүүлж болно. Жишээ нь, одоо байгаа барилга, байгууламжуудыг сэргээн сайжруулах эсвэл шинээр баригдах барилгуудад илүү хатуу дүрэм, стандарт тогтоох замаар барилгын дулааны хэрэгцээг бууруулж нүүрстөрөгчийн ялгаралгүй халаалтын технологиудад шилжих шилжилтэд дэмжлэг үзүүлж болно.

Ерөнхийдөө устөрөгчийг Монгол улсын дулаан хангамж ба халаалтад ашиглах боломж нь одоо байгаа барилгуудын төлөв байдал, цахилгаан эрчим хүчний системийн дэд бүтэц, устөрөгч үйлдвэрлэх боломж, дулааны хэрэгцээ, шаардлага болон нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах бусад шийдлүүд гэх мэт тухайн тохиолдолд авч үзэж болох олон өгөгдлүүдээс хамааралтай байхаар байна.

5 Дүгнэлт

Энэхүү судалгаа нь Монгол улсад гурван өөр эцсийн хэрэглэгч бүхий салбаруудад ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэх, ашиглахтай холбоотой техник, эдийн засгийн боломжит байдлыг тооцон харуулав. Эдгээр салбаруудын хувьд ногоон устөрөгч рүү шилжсэнээр утаа, нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад оруулах боломжит хувь нэмрийг тооцоолсон. Цаашлаад эдгээр салбарт устөрөгчийг үйлдвэрлэх болон ашиглахад таатай орчин нөхцөлийг бүрдүүлэхэд шаардлагатай бодлого, хувилбаруудыг судалсан. Бодлогоор дэмжих хэрэгцээг ангиллын системд үндэслэн задлан шинжилсэн бөгөөд энэ нь техник, эдийн засгийн тохиромжит буюу боломжит байдал, нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах бусад хувилбаруудын хэрэгжих боломжтой байдал зэргээс хамааран эрэмбэ дарааллыг тогтоосон.

Хэдийгээр энэхүү судалгаа нь Монгол дахь янз бүрийн хэрэглээнд ногоон устөрөгчийг ашиглах тохиромжтой байдалд үнэ цэнтэй байхуйц шинжилгээ хийсэн ч нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах хувилбар талаасаа тохиромжтой байдлыг бусад төрлийн технологиудтай харьцуулж үзэх хэрэгтэй. Монголд ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэх таатай нөхцөлүүд бүрэлдсэн бөгөөд энэ нь эрчим хүч их шаарддаг зарим салбаруудын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах боломжийг олгох юм. Гэсэн хэдий ч ногоон устөрөгчийн нарийн төвөгтэй байдлыг харгалзан түүнийг сэргээгдэх эрчим хүчийг дэлгэрүүлэх болон эрчим хүчний салбарын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах ажлуудтай уялдуулан төлөвлөх шаардлагатай. Салбар бүрд өөр өөр боломжууд бий учраас тухайн хэрэглэгч ба хэрэглээнд зориулж мэдлэгийн хомсдолыг арилгахын тулд бодлогуудаа боловсруулах хэрэгтэй.

Судалгаанаас харахад Монголд сэргээгдэх эрчим хүчний арвин нөөц байгаа нь ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг харьцангуй бага зардлаар үйлдвэрлэх боломжийг бий болгохоор байна. Газарзүйн байршлаас хамааран одоогоор устөрөгчийг кг тутамд 3.30-4.73 ам. доллароор үйлдвэрлэх боломжтой бөгөөд үйлдвэрлэлийн зардал хамгийн бага байршил нь зүүн өмнөд говийн бүс нутаг болно. Ногоон устөрөгчийг үйлдвэрлэх дэлхийн дундаж өртөг 2020 онд кг тутамд 4.8 ам.доллар байсан (ОУСЭХА, 2020в). Үйлдвэрлэлийн зардлын дийлэнх хэсэг буюу 65%-ийг эрчим хүчний хангамж эзэлдэг. Тиймээс устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн зардлыг цаашид бууруулах боломж нь эрчим хүчний үнийн бууралтаас ихээхэн хамааралтай байна. Түүнчлэн электролизаторын үнийг бууруулснаар устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн зардлыг цаашид илүү бууруулах боломжтой бөгөөд 2030 он гэхэд электролизаторын үнэ түүний ашигт ажиллагаа нэмэгдэхийн хэрээр 60-80%-иар буурах төлөвтэй байна.

Монгол оронд ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлд бас нэг чухал хүчин зүйл бол усны нөөц, хүртээмжийн асуудал юм. Ялангуяа сэргээгдэх эрчим хүчний нөөц арвин, хамгийн оновчтой говийн бүс нутагт усны нөөц нь аль хэдийн тулгамдсан асуудал болсон гэдгийг судалгааны ажил, тайланд харуулж байна. Харин улсын хэмжээнд бол усны нөөц цаашид өсөн нэмэгдэх хэрэгцээг хангахад хангалттай байхаар харагдаж байна. Үүнээс үзвэл ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн салбарыг төлөвлөх, хөгжүүлэхэд бохир усыг дахин ашиглах эсвэл өөр бүс нутгаас ус татах, тээвэрлэх зэрэг боломжит шийдлүүдийг харгалзан үзэж усны нөөцийн хүртээмжтэй байдалд жинтэй үнэлгээ хийх хэрэгтэй.

Монголын цахилгаан эрчим хүчний систем ба дэд бүтцийн хөгжлийн байдлыг харгалзан үзвэл эхэндээ ногоон устөрөгчийн жижиг зангилаа цэгүүдийг үүсгэх байдлаар төвлөрсөн бус үйлдвэрлэл дээр анхаарах эсвэл сүлжээнд холбогдохойр байршилтай цэгүүд дээр анхаарах хэрэгтэй. Монгол улсын ногоон устөрөгчийн хэрэгцээ, урт хугацааны хамааралтай байдал зэрэг нь тодорхойгүй байгаа учраас ойрын хугацаанд томоохон дэд бүтцийг үүсгэх төслүүд хэрэгжүүлэхийг санал болгохгүй. Харин эдийн засгийн үр өгөөж, бүтээмжийг өсгөх оролдлого талаасаа анхлан хэрэгжүүлэх бодлогууд нь одоо ашиглагдаж байгаа түлштэй үнийн хувьд

өрсөлдөх хэмжээнд хүрэхийн тулд ногоон устөрөгчийн гарах зардлыг бууруулахад чиглэсэн байвал зүгээр.

Ногоон устөрөгчийн эрэлтээс хамааруулан гурван өөр эцсийн хэрэглэгч бүхий салбаруудад дүн шинжилгээ хийсэн үр дүнгээс харахад хамгийн зохимжтой нь уул уурхайн салбарын хүнд даацын ачааны машинуудыг эрчим хүчээр хангах хэрэглээ байна. Энэ салбарын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад цөөн хэдэн техникийн хувилбарууд байгаа бөгөөд эдийн засгийн хувьд хэрэгжүүлэх боломжтой байдал нь одоо ашиглаж байгаа дизель түлшээр ажилладаг ачааны машинуудаас тийм ч хол зөрүүтэй биш гэдгийг судалгаагаар харуулсан. Одоогийн байдлаар түлшний элементийн ачааны машин дизель ачааны машинаас 12%-иар илүү үнэтэй байгаа ч хорт утааг бууруулах боломж нь харьцангуй өндөр байна. Урт хугацаанд ашиглагдах байдал болон эрчим өндөр хэрэглээтэй байдлаас үүдэн ихэнх зэс, төмрийн хүдрийн олборлолтод дизель түлшийг ногоон устөрөгчөөр орлуулан ашиглавал **жилд 1.2 сая тонн** хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулж, энэ нь 2014 оны үндэсний хэмжээнд ялгаруулсан ялгаруулалтын 3.5% орчимтой тэнцэхүйц байна. Энэ нь зөвхөн 10 ам.доллар/CO₂-ийн тооцоолсон бууралтын зардалтай тохирч байна. Технологийн өнөөгийн хөгжил нь уул уурхайн салбарын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад өөр хэд хэдэн хувилбар санал болгож байгаа ч Монголын нөхцөлд түлшний элементээр ажилладаг ачааны машиныг нэвтрүүлэх нь илүү зохимжтой гэж үзэж байна.

Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн үйлчилгээнд түлшний элементийн автобусыг ашиглах нь дизель хөдөлгүүртэй автобустай харьцуулбал эдийн засгийн хувьд харахан өрсөлдөх чадваргүй байгаа ч тэдний хоорондох ялгаа багассаар байна. Одоогийн байдлаар дугуйнд очих энергийн ялгаа нь 28% байгаа бол нэгж ажлын цагт гарах зардлыг харьцуулбал зардлын ялгаа нь 15% хүрч буурсан байна. Утаа ялгаруулалтыг бууруулах нөөц бололцооны хувьд Монгол дахь нийтийн тээврийн паркийн хязгаарлагдсан тоо хэмжээнээс хамаарч утааны ялгаруулалт багахан хэмжээгээр буурч болох юм. Улаанбаатарын нийтийн тээврийн паркийг шинэчилснээр нийтдээ жилд 39,000 тонн хүлэмжийн хийн ялгарлаас зайлсхийх бөгөөд хүлэмжийн хийн тонн тутамд 100 ам. доллароос дээш бууралтын зардалтай байхаар тооцов. Гэхдээ Монголд холын зайн ачаа тээвэрт түлшний элементийн тээврийн хэрэгслийг нэвтрүүлэх асуудлыг авч үзэх бүрэн боломжтой бөгөөд энэ нь утааны ялгаралтыг бууруулахад багагүй ач холбогдолтой юм. Цахилгаан машины сүүлийн үеийн хөгжил дэвшлийг харгалзан үзвээс устөрөгч нь автобусны нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах цорын ганц сонголт биш юм. Гэсэн хэдий ч түлшний элементийн автобус нь үнэлэгдэхүйц давуу талуудтай. Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн автобуснууд замын түгжрэлд удаан хугацаанд явдаг учраас хол зам туулах чадвартай түлшний элементийн автобуснууд болон тэдний хурдан цэнэглэгдэх боломжтой байдал зэрэг нь тодорхой давуу талууд болно. Гэхдээ иймэрхүү давуу тал, ашиг тусыг бусад боломжит сонголтуудын давуу тал, ашиг тустай харьцуулан үнэлэх шаардлагатай.

Өнөөгийн байгаа байдалд нэмж хэлэхэд нүүрстөрөгчийн давхар исэл ялгаруулсны төлбөр тонн тутамд 100 ам. доллар байх нөхцөлд ногоон устөрөгчийн техник-эдийн засгийн үндэслэлд дүн шинжилгээ хийхэд уул уурхайн салбарт одоо ашиглаж байгаа түлштэй харьцангуй ногоон устөрөгч өрсөлдөх чадвартай байгаа бол нийтийн тээврийн салбарт зардлын хувьд бараг л өрсөлдөхүйц байна гэдгийг харуулж байна. Гэвч нүүрстөрөгчийн давхар ислийн ялгаруулалтад төлбөр тогтоох нь одоогоор Монголын улс төрийн бодлогын хувьд боломжгүй гэж үзэж байна. Мөн түүнчлэн нийлэг түлшний техник-эдийн засгийн үндэслэлийг энэ хоёр хэрэглээний аль алинд нь үнэлсэн бөгөөд эдийн засгийн хувьд аль ч хэрэглээнд тохиромжгүй болохыг харуулж байна.

Халаалт, дулаан хангамжийн салбарын хувьд устөрөгчийг халаалтад зориулан ашиглах сонголт нь өнөөгийн Монгол улсын нөхцөлд эдийн засгийн үүднээс тохиромжгүй байгааг харуулсан. Судалгаанд гэр хорооллын төвлөрсөн бус халаалтад ногоон устөрөгчийг ашиглах боломжийг үнэлсэн. Шингэрүүлсэн хийн түлштэй харьцангуй ногоон устөрөгч нь 148% -ийн зардлын зөрүүтэй байсан буюу өрсөлдөх чадваргүй болохыг харуулсан. Тээврийн судалгааны үр дүнгээс ялгаатай нь халаалтад нийлэг түлш ашиглах нь устөрөгчтэй харьцангуй илүү өрсөлдөх чадвартай ба шингэрүүлсэн хийн түлшнээс 33%-иар илүү өртөгтэй байна. Энд зайлшгүй дурдах чухал зүйл бол нийлэг түлшийг үйлдвэрийн яндангаас гарч байгаа нүүрстөрөгчийн давхар ислийг шүүх байдлаар гарган авдаг. Нийлэг түлшийг нүүрстөрөгчийн ялгаралгүй технологи хэмээн үзэхэд процесст ашиглагдаж буй нүүрстөрөгчийн давхар ислийг агаар мандлаас шүүж авах шаардлагатай бөгөөд энэ технологи нь гүйцэд боловсроогүй байгааг илтгэж байгаа ба илүү үнэтэй хэвээрээ байна.

Монголын өнөөгийн нөхцөл байдалд ялгарлыг бууруулахын зэрэгцээ бусад үр өгөөжийг хүртэх боломж бий бөгөөд үүнийг ойрын хугацаанд судалгаа, хөгжүүлэлт болон туршилтууд дээр анхаарал хандуулснаар нэмэгдүүлэх боломжтой юм. Салбарын тодорхой үнэлгээнүүдэд үндэслэн үндэсний хэмжээний ногоон устөрөгчийн алсын хараатай уялдсан бодлогуудыг цаашид хөгжүүлэх шаардлагатай. Ер нь аливаа улс оронд ногоон устөрөгчийн салбарыг нэвтрүүлэхэд таатай орчныг бүрдүүлж чадахуйц өргөн цар хүрээг хамарсан бодлогын арга хэрэгслүүд байдаг. Гэвч тухайн улс орны нөхцөл байдалд үндэслэн ногоон устөрөгчийн хөгжлийн зорилго, цар хүрээ зэргийг багтаасан ямар бодлого, арга хэмжээг явч ашиглах эсэхийг сайтар тунгаах хэрэгтэй. Монголын нөхцөлд ногоон устөрөгчрүү шилжих шилжилтийг эхлүүлэх эхний алхам нь салбар бүрд үүний өгч чадах үнэ цэнэ, ач холбогдлыг тодорхойлох алхам байх ёстой. Ийм үнэлгээнд эдийн засгийн үндэслэл буюу хэрэгжүүлэх боломжтой байдал нь гол үүрэг гүйцэтгэхээс гадна нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтыг зогсоох бусад хувилбаруудын боломжтой байдал, нөлөөллийг бууруулах боломжууд болон эрчим хүчний аюулгүй байдал ба стратегийн давуу талууд зэрэг нь үнэлгээнд мөн чухал үүрэгтэй. Энэ судалгаанд иймэрхүү үнэлгээ хийх анхны оролдлогыг хийсэн. Эндээс олж авсан мэдээллүүдийг дараа нь үндэсний хэмжээний устөрөгчийн алсын харааг боловсруулахад мөн зорилго болон зорилтуудыг ойлгомжтой тодорхойлоход үндэс суурь болгон ашиглаж болно. Алсын харааг дараагаар нь үндэсний ногоон устөрөгчийн стратеги болгон хөгжүүлж болох бөгөөд стратеги нь тэдгээр зорилгуудад хүрэхийн тулд авч хэрэгжүүлэх бодлогын арга хэмжээнүүдийг дүрслэн харуулдаг.

Энэхүү судалгаанаас харахад Монгол орны сэргээгдэх эрчим хүчний арвин нөөц нь ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлд илт мэдэгдэхүйц давуу талыг олгож байна. Яагаад гэвэл ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн гол зардал нь электролизийн процесст шаардагдах цахилгаан эрчим хүч юм. Ногоон устөрөгчийг нэвтрүүлсээр Монгол улс хүлэмжийн хийн ялгаруулалтыг бууруулах тодорхой зорилтууддаа хүрэхэд хувь нэмэр оруулах боломжоор хангагдах бөгөөд цаашлаад эрчим хүчний аюулгүй байдал болон нүүрстөрөгчийн бага ялгаруулалттай уул уурхайн бүтээгдэхүүнийг дэлхийн зах зээлд нийлүүлэх гэх мэт шууд бус үр ашгийг хүртэх боломжтой.

Ойрын хугацаанд Монгол улс төр, хувийн хэвшлийн түншлэлийг бий болгож туршилтын жижиг төслүүдийг хөгжүүлэх замаар уул уурхайн салбар дахь энэхүү нөөц боломжийг үргэлжлүүлэн судалж болно. Хэрвээ амжилттай болбол ногоон устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг идэвхжүүлэхийн тулд худалдан авалтад олгох буцалтгүй тусламж, татвараас чөлөөлөх гэх мэт салбарын онцлогоос хамаарсан бодлогуудыг эдийн засгийн үр өгөөжийг дээшлүүлэх, бүтээмжийг сайжруулах бодлогуудтай хослуулан авч хэрэгжүүлэх боломжтой. Ийм арга барилыг нийтийн тээврийн салбарт ч бас хэрэгжүүлж болох юм. Хэдийгээр энэ салбарын хувьд нүүрстөрөгчийг ялгарлыг бууруулах технологийн оновчтой шийдэл нь тодорхой бус ч Монгол улс нийтийн

тээврийн салбарт нүүрстөрөгч бага ялгаруулдаг тээврийн хэрэгслийг дэмжихэд санхүүгийн болон зохицуулах арга хэрэгсэл ашиглан олон талт технологийн бодлого баримтлах талаар бодолцож үзэж болох юм. Ингэснээрээ Монгол улс энэ салбарын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад хамгийн тохиромжтой технологийг зах зээлд нэвтрүүлэх боломжтой болно.

Хэдийгээр судалгааны үр дүнд төвлөрсөн бус халаалтын системд ногоон устөрөгчийг ашиглах нь эдийн засгийн хувьд тохиромжгүй гэдгийг харуулсан ч урт хугацаандаа энэ байдал үргэлжилнэ гэсэн хатуу дүгнэлт гаргаагүй болно. Хүлэмжийн хийн ялгарал болон агаарын бохирдлыг бууруулахад халаалт, дулаан хангамжийн салбарын нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах нь чухал үр нөлөөтэй. Гэвч нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах одоогийн боломжит технологиуд нь хэтэрхий өндөр өртөгтэй байна. Хэдий Монгол улсад ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх боломж асар их байгаа ч цахилгаан хангамж, эрчим хүчний системийн нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах мөн түүнчлэн ногоон устөрөгчийн хэрэглээнд хамгийн тохиромжтой салбаруудыг харгалзах, сэргээгдэх эрчим хүчний нөөцийг оновчтой, үр дүнтэй ашиглах талаар бодолцох шаардлагатай. Ногоон устөрөгчийн хэрэглээ рүү шилжилт хийх нь ашигтай эсэх дээр технологийн, тээвэр логистикийн болон гарах зардал гэх мэт асуудал, хүндрэлүүд нөлөөлж болох учраас устөрөгчийн өртөг зардлыг үнэлэхээс гадна бусад нөхцөл байдлуудыг анхаарч байх шаардлагатай.

Монгол улс ногоон устөрөгчийн салбарыг хөгжүүлснээр аажмаар үнэ буурч, энэ нь урт хугацаандаа халаалтын салбарт нэвтрэх боломжтой хувилбар байж болох юм. Ирээдүйд халаалт ба дулаан хангамжийн салбарын ихэнхийг цахилгаан эрчим хүч ашиглан шийдэж, нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах ч гэсэн дулааны хэрэгцээг бүрэн хангахын тулд улирлын чанартай энерги хадгалах хэрэгцээ, шаардлага үүсэж болох юм. Ийм нөхцөлд ногоон устөрөгчийг боломжит хувилбараар авч үзэж болно.

6 Ашигласан материалын жагсаалт

- АХБ (2014) Говь цөл дэх эрэлт хэрэгцээ - Монгол улсын ус, эрчим хүч, уул уурхайн салбарын харилцан хамаарал. <https://www.adb.org/publications/mongolia-water-energy-mining-nexus> .
- АХБ (2020а) Монгол улсын усны нөөцийн тойм, мэдээлэл - Усны аюулгүй байдлын үнэлгээ. <https://www.adb.org/documents/mongolia-country-water-security-assessment> .
- АХБ (2020б) Монгол улс сэргээгдэх эрчим хүчний баялаг нөөц нөөцөө ашиглах нь. <https://www.adb.org/news/features/unlocking-mongolias-rich-renewable-energy-potential> (2021 оны 12-р сарын 4).
- Африкийн газрын тос ба эрчим хүч (2021) 'Өмнөд Африкийн Устөрөгчийн хөндийн ТЭЗҮ-ийн судалгаан дахь Англо Америкийн хамтын ажиллагаа', 3-р сарын 31. <https://www.africaoilandpower.com/2021/03/31/anglo-american-collaboration-on-feasibility-study-for-south-africas-hydrogen-valley/> .
- Agora Energiewende (2014) Цахилгааны сөрөг утгатай үнэ: Шалтгаан ба үр дагавар. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2013/Agora_Negative_Electricity_Prices_Web.pdf (2021 оны 4-р сарын 14).
- Банаржее нар (2014) 'Монгол улс: Усны нөөцийн менежментийн асуудлын зорилтот дүн шинжилгээ', 2030 Усны нөөцийн бүлэг, 1(3-р сар), 1-60-р тал. http://www.2030wrg.org/wp-content/uploads/2014/07/2030WRG_MONGOLIA.pdf
- Баррос, С. (2020) Устөрөгчийн хууль ба зохицуулалтын CMS шинжээчийн гарын авлага. Үүнд: <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-hydrogen/chile> (2021 оны 2-р сарын 18).
- Батмөнх, С нар. (2018) 'Азийн эрчим хүчний олон улсын хамтын ажиллагааны дахь Монгол улсын боломж', E3S Web of Conferences, 27. doi: 10.1051/e3sconf/20182701006.
- Блүүмбэрг шинэ эрчим хүчний санхүүжилт (2020) Устөрөгчийн эдийн засгийн төлөв байдал. <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf> .
- Брасингтон, Л. (2019) Хятад дахь устөрөгч. <https://www.cleantech.com/hydrogen-in-china/> (2021 оны 12-р сарын 4).
- Карлайл, С. ба Певзнер, Н. (2019) Монголын эрчим хүчний ирээдүй: Улаанбаатарыг эрчимжүүлэх нь - Эрчим хүчний салбар дахь нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулахад тулгарч буй бэрхшээлүүд.
- Австралийн засгийн газрын эрчим хүчний зөвлөл (2019) Австралийн үндэсний устөрөгчийн стратеги. <https://www.industry.gov.au/data-and-publications/australias-national-hydrogen-strategy> .
- Хамтын ажиллагааны шинжлэх ухаан, аж үйлдвэрийн судалгааны байгууллага (2019) Үндэсний хэмжээний устөрөгчийн замын зураглал - Австралид эдийн засгийн хувьд тогтвортой устөрөгчийн үйлдвэрлэлд хүрэх замууд. <https://www.csiro.au/en/work-with-us/services/consultancy-strategic-advice-services/csiro-futures/futures-reports/hydrogen-roadmap> .
- Хамтын ажиллагааны шинжлэх ухаан, аж үйлдвэрийн судалгааны байгууллага (2020) Уул уурхайн үйлдвэрлэл дэх нүүрстөрөгчийн ялгарлыг багасгахад оролцох устөрөгчийн гол үүрэг, Resourceful сэтгүүл. <https://www.csiro.au/en/Research/MRF/Areas/Resourceful-magazine/Issue-21/Moving-to-hydrogen> (2021 оны 12-р сарын 4).
- Долгорсүрэн, Г. нар. (2013) Усны менежментийн нэгдсэн төлөвлөгөө - Монгол. Улаанбаатар. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/mon169789.pdf>

Дресп, С. et al. (2019) 'Далайн усыг шууд электролизатороор задлах нь: Боломж ба сорилтууд', ACS Energy Letters, 4(4), 933–942 хуудас. doi: 10.1021/acseenergylett.9b00220.

Дугаржав, Б.(2021) Зөвлөх тайлан, Монгол дахь ногоон устөрөгч.

Е.Тибакюэра, Ж. нар (2011) "Зах зээлд буй түлшний элементээс гаргаж авах усны гарц ба чанар". <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319910024146> .

Эдийн засгийн судалгааны хүрээлэн (2017) Төмрийн хүдрийн зах зээлийн судалгаа. <http://www.eri.mn/download/stitk2r6>

Элдэв-Очир, Э. (2019) 'Хотын зам тээвэр SUTI-ийн хэрэглээ Монголд'.

Олборлох үйлдвэрлэлийн ил тод байдлын санаачилга /ОУИТБС/ (2020а) Монгол улсын тойм. <https://eiti.org/mongolia> (2021 оны 12-р сарын 4).

Олборлох үйлдвэрлэлийн ил тод байдлын санаачилга /ОУИТБС/ (2020б) Монгол улсын 2019 оны арван дөрөв дэх ОУИТБС-ын нэгтгэлийн тайлан. https://eiti.org/files/documents/eiti_14_report_en-20201230_mongolia_report_2019.pdf

Элемент Энержи (2020) Гигастак: Сэргээгдэх устөрөгчийн их хэмжээгээр нийлүүлэх нь – Олон нийтэд нээлттэй тайлан. <https://www.itm-power.com/news-item/new-factory-update-and-senior-production-appointment> (2021 оны 4-р сарын 14).

Элемент Энержи (2017) Устөрөгчийн түлшний элементээр ажилладаг автобусыг зах зээлд нэвтрүүлэх нь. http://www.element-energy.co.uk/wordpress/wp-content/uploads/2018/01/FC-bus-commercialisation-White-Paper_October-2017.pdf%0Afile:///C:/Users/Zainab/Desktop/Bio ASSIG AMAFHH/assignment2/references/Устөрөгчийн түлшний эсийн автобусыг худалдаалах.pdf.

Эмертон, Лүнтэн ба Найдансүрэн (2009) Туул голын дээд хэсгийн экосистемийн эдийн засгийн үнэ цэнэ, Монгол.

Монгол Улсын Эрчим хүчний зохицуулах хороо (2020а) ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СТАТИСТИК ҮЗҮҮЛЭЛТИЙН ТАЙЛАН - 2019. <https://erc.gov.mn/web/mn/statistic> (2021 оны 4-р сарын 14).

Монгол Улсын Эрчим хүчний зохицуулах хороо (2020б) Нэг худалдан авагч бүхий загвар. <https://erc.gov.mn/web/en/single-buyer-mode> | (2021 оны 4-р сарын 14).

Ази, номхон далайн бүс нутгийн эдийн засаг, нийгмийн комисс /АНДЭЗНК/ (2015) Төрөөс эрчим хүчний талаар 2015-2030 онд баримтлах бодлого (УИХ-ын 2015 оны 63 дугаар тогтоол). <https://policy.asiapacificenergy.org/node/3769> (2021 оны 7-р сарын 26).

Европын Комисс (2019) Бүх Европчуудад цэвэр эрчим хүч багц. https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en (2021 оны 4-р сарын 14).

Европын Комисс (2020) "Уур амьсгалын хувьд төвийг сахисан Европын баримтлах устөрөгчийн стратеги", (7-р сар). <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/home/en>

Фан, М. (2020) 'Монгол улсад усыг зөв цагт, зөв газарт, сайн чанартай нийлүүлэх нь', 5(140).

Фраунхофер Систем болон Инновацийн судалгааны институт (2021) Эрч хүчтэй. <https://www.enertile.eu/enertile-en/index.php> (Хандалт: 2021 оны 6-р сарын 24).

FuelCellsWorks (2020) "Хятадын Хэбэй муж устөрөгчийн үйлдвэрлэл, хэрэглээний 1.2 тэрбум долларын төслийг баталлаа". <https://fuelcellworks.com/news/chinas-hebei-approves-1-2-blh-hydrogen-production-and-consumption-projects/> .

- FuelCellsWorks (2020) 'Өмнөд Африкийн устөрөгчийн эдийн засаг хөгжиж, Бамбили энергийг засгийн газрын устөрөгчийн стратегид нэгдэхийг урьсан', 8-р сарын 10.
<https://fuelcellsworks.com/news/south-africas-hydrogen-economy-takes-off-bambili-energy-invited-to-join-government-hydrogen-strategy/> .
- Г.Изенсон, М. ба С. Роззи, Ж. (2010) 'Түлшний элементийн эрчим хүчний системд хэрэглэх усыг үр ашигтай нөхөн сэргээх үзүүлэн жишээ'.
- Герхардт, Н нар. (2020) Ирээдүйн эрчим хүчний систем дэх устөрөгч: Барилгын дулаанд анхаарлаа хандуулаарай.
- Гидди, С нар. (2017) 'Сэргээгдэх эрчим хүчийг дамжуулахад аммиакийг ашиглах нь'.
<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acssuschemeng.7b02219?src=recsys&#> .
- Чилийн Засгийн газар (2020) 'Ногоон устөрөгчийн талаар баримтлах үндэсний стратеги', 316(5), х. 21. doi: 10.1038/scientificamerican0517-21b.
- Монгол Улсын Засгийн газар (2014) "Монгол Улсын ногоон хөгжлийн бодлого", 1–11-р тал.
http://sdg.1212.mn/en/Content/files/Green_development_decision.pdf
- Монгол Улсын Засгийн газар (2016) Монгол Улсын Тогтвортой хөгжлийн үзэл баримтлал 2030.
http://www.un-page.org/files/public/20160205_mongolia_sdv_2030.pdf
- Монгол Улсын Засгийн газар (2017) Монгол Улсын хоёр жил тутмын тайлан.
https://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_parties/biennial_update_reports/application/pdf/mongolia_bur1_resubmission_and_annexnr.pdf (2018 оны 3-р сарын 7).
- Монгол Улсын Засгийн газар (2020 он) Уур амьсгалын өөрчлөлтийн тухай НҮБ-ын суурь конвенцод Монгол Улсаас оруулах үндэсний тодорхойлсон хэмжээний хувь нэмэр.
<https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Mongolia%27s%20NDC.pdf>.
- Португал улсын засгийн газар (2020), 'Португали улсын үндэсний устөрөгчийн стратеги',
https://kig.pl/wp-content/uploads/2020/07/EN_H2_ENG.pdf.
- Лондон хотын захиргаа (2020), Бохирдлын ялгаруулалтгүй автобус.
<https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/pollution-and-air-quality/cleaner-buses> .
- Нидерланд улсын засгийн газар (2020) 'Засгийн газраас баримталж буй устөрөгчийн стратеги', (387), хх.1–14, тал. <https://www.government.nl/documents/publications/2020/04/06/government-strategy-on-hydrogen> .
- Англи улсын засгийн газар (2020), Эрчим хүчний тойм - Нүүрстөрөгчгүй ирээдүйгээ бүтээх.
http://www.ret.gov.au/energy/facts/white_paper/Pages/energy_white_paper.aspx.
- Грюттер, Ж. М., Ким, К.-Ж. (2019) 'АХБ-ны хөгжиж буй гишүүн орнуудын цахим шилжилтийн боломж', (60). www.adb.org .
- Гүтшоу, Ж.; Гюнтер, А.; Жефери, Л.; Гийсэкэ, Р. (2021) 'PRIMAP-Үндэсний нүүрстөрөгч ялгаруулалтын мэдээлэл бүхий цуврал (1850-2018) (Хувилбар 2.2)'.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4479172> .
- Ханс, Ф. (2020) Олон улсын уур амьсгалын нөлөөллийг бууруулах санаачилгын хүрээнд Монгол улсын цахилгаан эрчим хүчний салбар дахь үйл ажиллагаа.
- Hydrogen Council (2020) 'Path to hydrogen competitiveness: a cost perspective', (January), p. 88. Available at: www.hydrogencouncil.com .

Устөрөгчийн зөвлөл (2020) 'Устөрөгчийг өрсөлдөх чадвартай болгох арга зам: өртгийн хэтийн төлөв', (1-р сар), х.88. www.hydrogencouncil.com .

Олон улсын эрчим хүчний агентлаг (2019) 'Их хорийн устөрөгчийн ирээдүй. Өнөөдрийн боломжуудыг ашиглах', Олон улсын эрчим хүчний агентлагаас их хорьд зориулан бэлтгэсэн тайлан, Япон улс, 6 (6-р сар), хх. 246–256.
<https://www.nrel.gov/docs/fy10osti/72740.pdf><https://www.irena.org/publications/2019/Nov/Advanced-biofuels-What-holds-them-back><https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136312>.

Олон улсын эрчим хүчний агентлаг (2020а) Өгөгдөл ба статистик, салбаруудын ялгаруулж буй нүүрстөрөгч, Ворлд 1990-2018.

Олон улсын эрчим хүчний агентлаг (2020б) Эрчим хүчний үнэ 2020.
<https://www.iea.org/reports/energy-prices-2020> (2021 оны 12-р сарын 8).

Олон улсын эрчим хүчний агентлаг (2020в) Монгол. <https://www.iea.org/countries/Mongolia> .

Олон улсын эрчим хүчний агентлаг (2020г) Бодлогын мэдээллийн сан – Өгөгдөл ба статистик.
<https://www.iea.org/policies> (2020 оны 11-р сарын 5).

Олон улсын эрчим хүчний агентлаг (2021) Түлшний элементийн цахилгаан тээврийн хэрэгслийн нөөцийг бүс нутаг ба горимоор, 2020. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/fuel-cell-electric-vehicles-stock-by-region-and-by-mode-2020> .

Олон улсын сэргээгдэх эрчим хүчний агентлаг (2019а) Устөрөгч: Сэргээгдэх эрчим хүчний хэтийн төлөв, Олон улсын сэргээгдэх эрчим хүчний агентлаг. www.irena.org .

Олон улсын сэргээгдэх эрчим хүчний агентлаг (2019б) Сэргээгдэх эрчим хүчээр хангагдсан ирээдүйн инновацын ландшафт: Тогтворгүй шинж чанартай сэргээгдэх эрчим хүчний интеграцын шийдэл. Абу Даби, Арабын Нэгдсэн Эмират улс. https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Feb/IRENA_Innovation_Landscape_2019_report.pdf .

Олон улсын сэргээгдэх эрчим хүчний агентлаг (2020а) Ногоон устөрөгч: бодлого боловсруулах гарын авлага. <https://www.irena.org/publications/2020/Nov/Green-hydrogen> .

Олон улсын сэргээгдэх эрчим хүчний агентлаг (2020б) Ногоон устөрөгчийн зардлыг бууруулах - Уур амьсгалын 1.5°C зорилтыг биелүүлэхийн тулд электролизаторын чадлыг нэмэгдүүлэх.

Олон улсын сэргээгдэх эрчим хүчний агентлаг (2020в) 'Сэргээгдэх эрчим хүчээр нүүрстөрөгчийн ялгарлыг тэгд хүргэх нь: Уур амьсгалын 1.5C-ийн зорилтын дагуу үйлдвэр, тээврээс гарч буй нүүрстөрөгчийн ялгарлыг арилгах', х. 216.

Олон улсын сэргээгдэх эрчим хүчний агентлаг, Олон улсын эрчим хүчний агентлаг, REN21 (2018) Шилжилтийн үеийн сэргээгдэх эрчим хүчний бодлого. http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_IEA_REN21_Policies_2018.pdf [2018 оны 7-р сарын 23].

Япон улсын эдийн засаг, худалдаа, аж үйлдвэрийн яам (2017) 'Устөрөгчийн үндсэн стратеги (түлхүүр ойлголтууд)'. <https://www.meti.go.jp/english/index.html> .

Жин, Л., Хэ, Х. (2020) Арван хот, мянган түлшний элементийн машин уу? Хятад улс устөрөгчийн тээврийн хэрэгслийн замын зураглалыг боловсруулж байна. <https://theicct.org/blog/staff/china-sketching-roadmap-hydrogen-vehicles-aug2020> .

Халтар, Б. (2020а) Уул уурхайн салбарын өсөлт говийг хуурайшуулж байгаагаас хамаарсан Монгол улсын голын голдирлыг өөрчлөхөөр төлөвлөлт.
<https://www.thethirdpole.net/2020/10/14/mongolia-plans-river-diversion-as-mining-boom-runs-gobi-dry/> (2021 оны нэгдүгээр сарын 21).

- Лебреч, М. (2020) Лебреч: Устөрөгчөөс эрчим хүч гарган авах нь – Нэгдүгээр хэсэг: Нийлүүлэлтийн тал, Блүүмбэргийн шинэ эрчим хүчний санхүүжилт. <https://about.bnef.com/blog/liebreich-separating-hype-from-hydrogen-part-one-the-supply-side/> (2021 оны 12-р сарын 4).
- Лью, З., Кендалл, К. and Ян, С. (2019) 'Хятадын сэргээгдэх эрчим хүчээр хангах тээврийн хэрэгслийн дэвшилт: түлшний элемент, устөрөгч, батарей хосолсон тээврийн хэрэгсэл', хх. 1-10. doi: 10.3390/en12010054.
- Эрчим хүч, утааг бууруулах яамны сайд (2020) Устөрөгчийн талаарх сонирхол. <https://www.minister.industry.gov.au/ministers/taylor/media-releases/strong-interest-hydrogen> (2021 оны 2-р сарын 18).
- Монгол улсын байгаль орчин, аялал жуулчлалын яам. (2018) 'Монголын үндэсний гуравдугаар мэдээлэл, харилцаа холбооны аян'.
- Муур, П. (2020) 'Хятад улсын Вэйчай эрчим хүч ба CRRC Yongji төрлийн цэвэр устөрөгч-литийн батарей хосолсон 200 тонн уул уурхайн ачааны машин', Олон улсын уул уурхай, 5-р сарын 8. <https://im-mining.com/2020/05/08/chinas-weichai-power-crrc-yongji-complete-hydrogen-lithium-battery-hybrid-200-ton-mining-truck/> .
- Нагашима, М. (2018) Япон улсын устөрөгчийн стратеги ба түүний эдийн засаг, геополитикийн үр дагавар études de l'fri monica nagashima эрчим хүчний төв.
- Диспетчерийн үндэсний төвийн түншлэл (2019) Үндэсний ногоон хөгжлийн бодлогоор дамжуулан диспетчерийн үндэсний төвийг тогтвортой хөгжлийн зорилттой уялдуулах нь. <https://ndcpartnership.org/case-study/aligning-mongolias-ndc-and-sdgs-through-its-national-green-development-policy> .
- Нжини, Ф. (2020) Англо, Англо-ын ногоон шилжилт хийх томоохон уурхайн ачааны машинуудыг устөрөгчөөр цэнэглэх нь. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-07-01/anglo-switching-to-hydrogen-powered-mine-trucks-in-green-shift> .
- Норвегийн газрын тос, эрчим хүчний яам, Норвегийн уур амьсгал, хүрээлэн буй орчны яам (2020) 'Норвегийн засгийн газрын устөрөгчийн ялгарал багатай нийгэмд чиглэсэн стратеги'. <https://www.regjeringen.no/contentassets/8ffd54808d7e42e8bce81340b13b6b7d/hydrogenstrategien-engelsk.pdf> .
- Оэстерхолт, Ф. И. Х. М. нар. (2016) 'Ирээдүйн устөрөгчийн эдийн засагт усны гүйцэтгэх үүрэг', (2016 оны 10-р сар), х. 9. File: ///C:/Users/daan/Downloads/OesterholtKoeman-SteinOldenbroekBoerevanWijkTheroleofwaterinafuturehydrogeneconomy-IWABrisbaneAustralia9-14162016.pdf.
- Оюунчимэг, С. нар. (2020) Монгол улсын эрчим хүчний салбарын өнөөгийн байдал, сүүлийн үеийн бүтээн байгуулалт, эрчим хүчний бодлого. <https://nautilus.org/napsnet/napsnet-special-reports/energy-sector-current-status-recent-developments-and-energy-policies-in-mongolia/> .
- Файстер, П. (2018) 55 км цутгамал ундны усны шугам хоолойнд тулгарч буй хүнд сорилтууд. <https://eadips.org/extreme-challenges-for-55-km-of-a-cast-drinking-water-pipeline/?lang=en> (2020 оны 3-р сарын 1).
- Пудлик, М., Сийфан, Б., Фрэйнк, К. (2021) Монгол дахь эрчим хүчнээс устөрөгч гарган авах хэрэглээний боломжуудын хэрэглээ талын дүн шинжилгээ.
- REN21 (2020) Сэргээгдэх эрчим хүч 2020 - Дэлхийн өнөөгийн нөхцөл байдлын тухай тайлан. [https://abdn.pure.elsevier.com/en/en/researchoutput/ren21\(5d1212f6-d863-45f7-8979-5f68a61e380e\).html](https://abdn.pure.elsevier.com/en/en/researchoutput/ren21(5d1212f6-d863-45f7-8979-5f68a61e380e).html) .

Рон Цью, Ц, Ву, Я. (2019) Монголд улсад тогтвортой халаалтын хөгжлийн замыг тавих нь. <https://blogs.worldbank.org/eastasiapacific/paving-way-sustainable-heating-mongolia> (2021 оны 12-р сарын 4).

Н.Шмитз нар. (2016) "Метаноолоос хүчилтөрөгчжүүлсэн дизель түлшний поли-диметилийн эфир хүртэл: Үйлдвэрлэлийн зардлын үнэлгээ", *Түлш*, 185.

Sensfuß, F. and Pfluger, B. (2021) 'Эрч хүч'.

Сэншав, Т. Н. Д. Д. (2020) *Монгол Улс дахь Ногоон эрчим хүчний систем ба эрчим хүчний үр ашгийн хөгжүүлэлт*. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Шэлл (2017) 'Шэлл устөрөгчийн судалгаа: Ирээдүйн эрчим хүч юу вэ?', *Шэлл Герман ойл GmbH*, р. 37. <https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/future-transport/hydrogen.html>.

Шиаб, Х., Лиоа, Х. болон Ли, Ү. (2020) "Цэвэр усны хэрэглээны тоон үзүүлэлт ба электролизатороор устөрөгч ялгаж авахтай холбоотой хомсдлын ул мөр: Аргачлалын хүрээ", *Сэргээгдэх эрчим хүч*, 154(July 2020), pp. 786–796. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.03.026>.

Скикер, С. болон Долман, М. (2017) *Түлшний элементийн автобуснууд: Уян хатан бөгөөд утаагүй тээврийн шийдэл*. <https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/selection.pdf>.

Соларис (2020) *Урбино 12 Устөрөгч*. <https://www.solarisbus.com/en/vehicles/zero-emissions/hydrogen>.

SSAB (2021) *Чулуужсан түлш ашиглаж хийгдээгүй анхны ган. HYBRIT технологийг ашиглах*. <https://www.ssab.com/company/sustainability/sustainable-operations/hybrit>.

Страй Хипп, Ж. нар. (2018) *Улаанбаатарт зориулсан эрчим хүчний мастер төлөвлөгөө*.

Германы Холбооны Засгийн газар (2020) *Устөрөгчийн үндэсний стратеги*. <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/the-national-hydrogen-strategy.html>.

Нэгдсэн үндэсний байгууллага (2015) 'Парисын хэлэлцээр'. http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.

Ди Виверо-Серрано, Ж. нар. (2019) Нүүрстөрөгчгүйжсэн цахилгаан эрчим хүчний салбар луу шилжих шилжилт - эрчим хүчний системийн шилжилтэд зориулсан дүн шинжилгээний бүдүүвч. https://newclimate.org/wp-content/uploads/2019/10/Report_Transition_Towards_A_Decarbonised_Electricity_Sector_A2A_2019.pdf.

Ядира, Б. (2020) 'Эрчим хүчний хадгалалт, тээвэрлэлт, тогтвортой хэрэглээнүүдэд зориулсан ногоон устөрөгчийн хэрэгжүүлэлтүүд', *Дулааны шинжлэх ухаан ба Инженерчлэлийн дэвшил*, 16(12 сар, 2019), р. 100460. doi: 10.1016/j.tsep.2019.100460.

Дэлхийн банк (2020) *2030-Усны судалгааны баг*. <https://www.2030wrg.org/mongolia-stories/>.

Зоу, В. (2020) 'Англо Америк - дэлхийн хамгийн том устөрөгчөөр ажилладаг ачааны машины тест', *Австралийн уул уурхай*, 13 - 2 дугаар сар. <https://www.australianmining.com.au/news/anglo-american-to-test-worlds-largest-hydrogen-powered-truck/>.



**NEW
CLIMATE**
INSTITUTE

 **Fraunhofer**
ISI

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

On behalf of:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

of the Federal Republic of Germany

Зүүн-Өмнөд, Зүүн Европ, Өмнөд Кавказ ба Төв Азийн орнуудын уур амьсгалын
бодлогын чадавхыг хөгжүүлэх, III үе шат

Энэхүү төслийг Олон улсын уур амьсгалын санаачилгын хүрээнд ХБНГУ-ын Засгийн
газрын шийдвэрээр Байгаль орчин, байгаль хамгаалал, цөмийн энергийн аюулгүй
байдлын яамны санхүүжилтээр хэрэгжүүлж байна.