

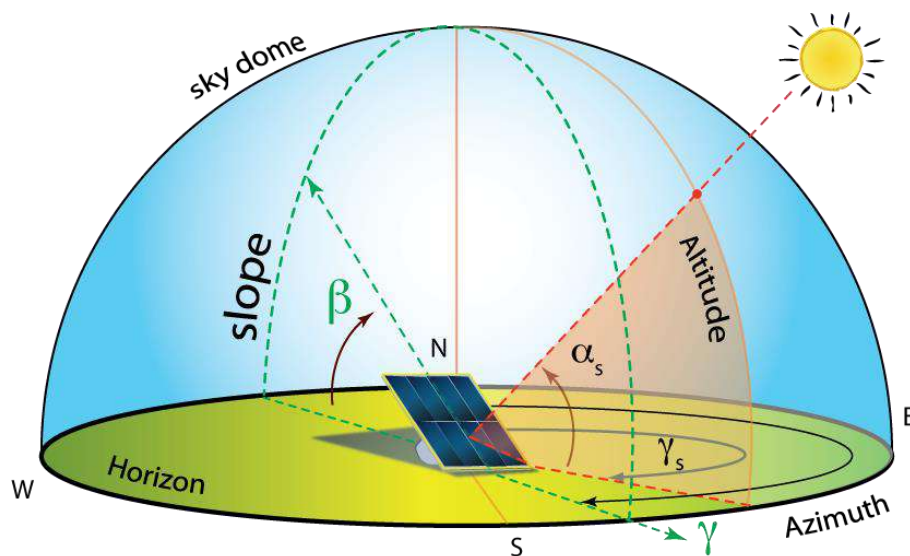
4. Нарны эрчим хүчний үүсгүүр суурилуулах боломжийн судалгаа

4.1 Нарны эрчим, нөөцийн судалгаа

Монгол орон нь нарны цахилгаан, дулааны нөөц ихтэй. Нар гийгүүлэлтэй байх хугацаа хойд хэсгийн нутагт өдөрт 4.5 кВт.ц/м², тунгалаг байх цаг жилд 2600-аас доош гэж бүртгэгдсэн бол говьд өдөрт 5.5-6.0 кВт.ц/м² байдаг байна.

Нарны эрчим хүчний нөөцийг тодорхойлоход нарны байрлал, агаар мандлын нөлөөллийн хэмжээ, цацрагийн хэмжээ нь чухал ач холбогдолтой.

Нарны байрлал гэдэг ойлголтод тодорхой байршил дээрх нарны тойрох зам, улирал, сараас хамаарсан тусгалын өнцөг болон азимут өнцгийг авч үзнэ. Зураг 30-т нарны байрлал, түүний үндсэн параметруудийг харуулсан байна.



Зураг 30 Нарны эрчим хүлээн авагчийн байрлал

Тэмдэглэлийн тайлбар:

β – Хүлээн авагчийн налалтын өнцөг

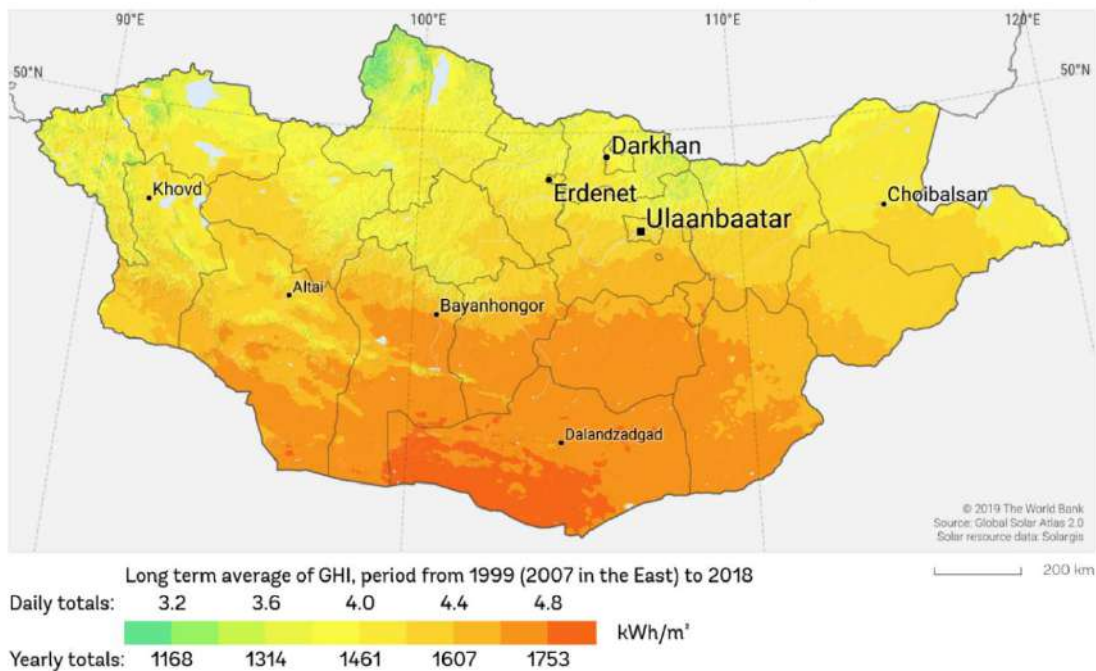
γ – Азимутын өнцөг

α_s – Нарны тусгалын өнцөг

γ_s – Нарны азимутын өнцөг

АНУ-ын Сэргээгдэх эрчим хүчний үндэсний лаборатори (NREL) нь дэлхийн 200 гаруй улс орнуудын нарны эрчим хүчний нөөцийг тооцон гаргаж, нөөцийн дагуу жагсаасан байдаг.

NREL-ын тооцоогоор Монгол улс нарны эрчим хүчний нөөцөөр дэлхийд 19-р байранд жагссан байна.



Зураг 31 Монгол орны нарны эрчим хүчний нөөцийн зураглал

Зураг 31-аас харвал Улаанбаатар хотын хоногийн нарны эрчим хүчний нөөцийн хэмжээ 4-4.2кВт.ц/м² байхаар харагдаж байгаа ба жилийн турш дахь нийлбэр цацрагийн дундаж хэмжээ нь 1,496.5 кВт.ц/м² орчим байна.

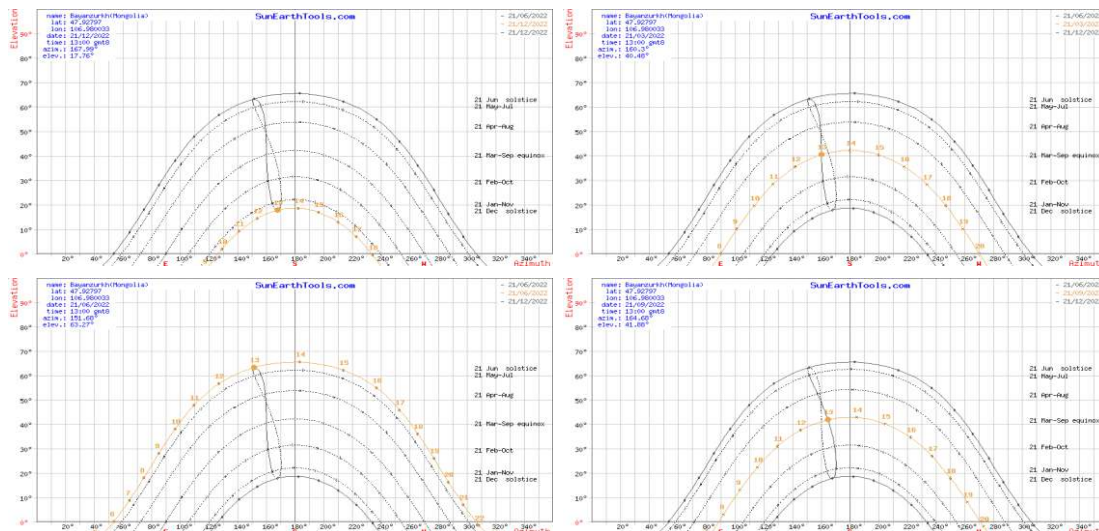
SunEarthTools.com тооцоолуураар гүйцэтгэсэн Баянхошуу, Шархад дэд төвүүдийн нарны байрлал, нар гийгүүлэлтэй байх цагийн мэдээг Хүснэгт 11, Хүснэгт 12 болон Зураг 32 -оос Зураг 35-д тус тус харуулав.

Хүснэгт 11 Нар гийгүүлэлтэй байх хугацаа, тусгалын өндөр, азимутын өнцөг

Байршил: Шархад дэд төв								
Координат: 47.92797 ⁰ , 106.980033 ⁰								
12-р сарын 21			3-р сарын 21		6-р сарын 21		9-р сарын 21	
Цаг	Тусгалын өнцөг	Азимут өнцөг	Тусгалын өнцөг	Азимут өнцөг	Тусгалын өнцөг	Азимут өнцөг	Тусгалын өнцөг	Азимут өнцөг
6:00					0.14 ⁰	53.79 ⁰		
7:00					8.77 ⁰	64.55 ⁰		
8:00			0.11 ⁰	90.07 ⁰	18.18 ⁰	74.87 ⁰	3.11 ⁰	92.1 ⁰
9:00			10.11 ⁰	101.31 ⁰	28.06 ⁰	85.3 ⁰	13.04 ⁰	103.47 ⁰
10:00	2.040	129.290	19.71 ⁰	113.26 ⁰	38.1 ⁰	96.56 ⁰	22.49 ⁰	115.72 ⁰
11:00	9.110	141.150	28.42 ⁰	126.66 ⁰	47.87 ⁰	109.87 ⁰	30.93 ⁰	129.63 ⁰
12:00	14.50	154.080	35.62 ⁰	142.23 ⁰	56.7 ⁰	127.25 ⁰	37.68 ⁰	145.89 ⁰
13:00	17.76 ⁰	167.99 ⁰	40.48 ⁰	160.3 ⁰	63.27 ⁰	151.68 ⁰	41.88 ⁰	164.68 ⁰
14:00	18.6 ⁰	182.45 ⁰	42.2 ⁰	180.19 ⁰	65.48 ⁰	183.43 ⁰	42.77 ⁰	184.99 ⁰
15:00	16.92 ⁰	196.78 ⁰	40.44 ⁰	200.08 ⁰	62.2 ⁰	214.07 ⁰	40.16 ⁰	204.75 ⁰
16:00	12.9 ⁰	210.4 ⁰	35.56 ⁰	218.12 ⁰	55 ⁰	236.82 ⁰	34.59 ⁰	222.32 ⁰
17:00	6.9 ⁰	222.96 ⁰	28.35 ⁰	233.67 ⁰	45.9 ⁰	253.13 ⁰	26.89 ⁰	237.34 ⁰
18:00			19.63 ⁰	247.06 ⁰	36.03 ⁰	265.88 ⁰	17.86 ⁰	250.32 ⁰
19:00			10.04 ⁰	259.01 ⁰	26 ⁰	276.9 ⁰	8.1 ⁰	262.03 ⁰
20:00			0.06 ⁰	270.27 ⁰	16.19 ⁰	287.25 ⁰		
21:00					6.91 ⁰	297.63 ⁰		

Баянхошуу, Шархад дэд төвүүдийн байршил дахь нарны зам, тусгалын өнцөг болон азмиутын хамаарлын муруй /Зураг 32-Зураг 35/.

Зураг 32, Зураг 33-т өвөл зуны туйл болон хавар намрын тэнцлийн нар гийгүүлэлтэй байх хугацаа, тусгалын өндөр, харгалзах азимутын өнцгийг тус тус харуулав.



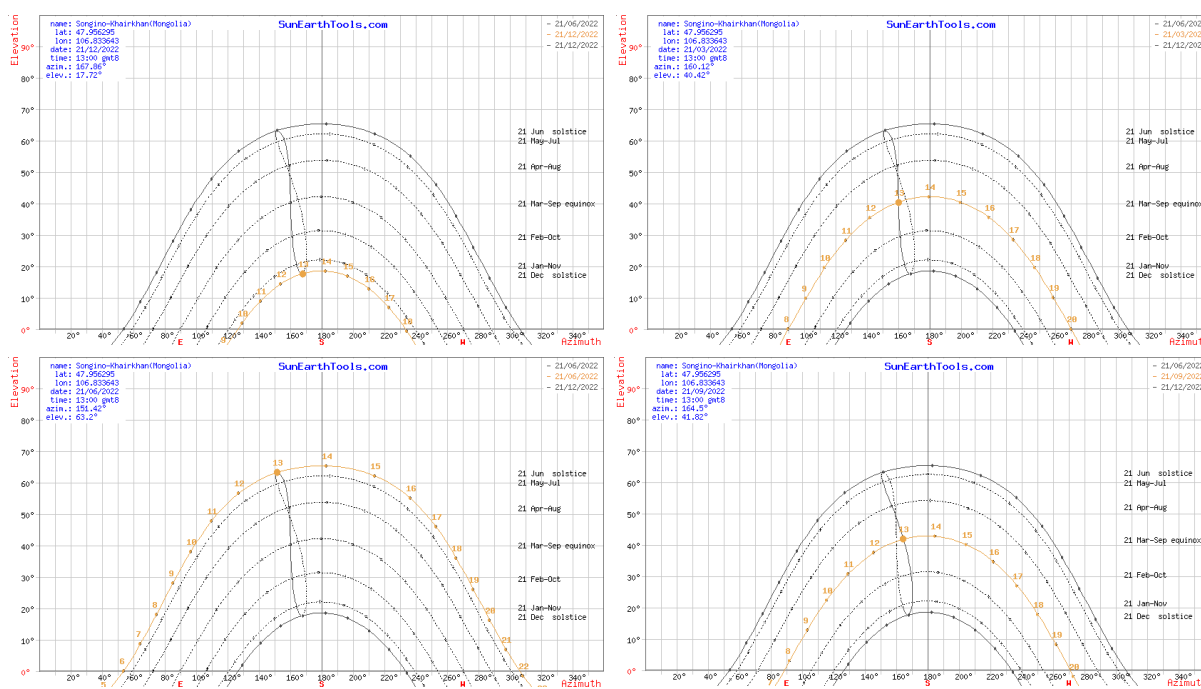
Зураг 32 Нарны зам, өндөр, азимутын хамаарлын муруй, Шархад дэд төв



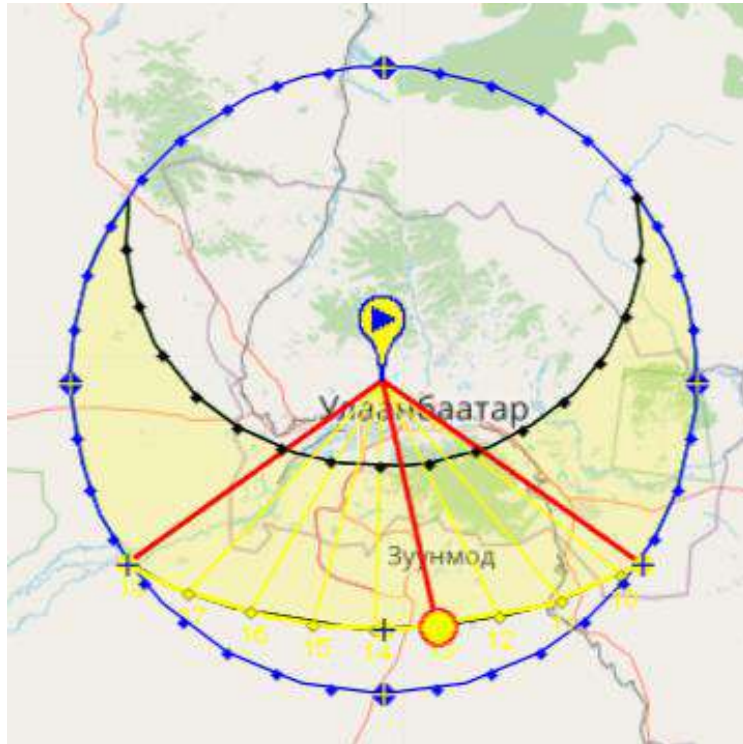
Зураг 33 Нарны байрлал (өвлийн туйл), Шархад дэд төв

Хүснэгт 12 Нар гийгүүлэлтэй байх хугацаа, тусгалын өндөр, азимутын өнцөг

Байршил: Баянхошуу дэд төв								
Координат: 47.956295 ⁰ , 106.833643 ⁰								
12-р сарын 21			3-р сарын 21		6-р сарын 21		9-р сарын 21	
Цаг	Тусгалын өнцөг	Азимут өнцөг	Тусгалын өнцөг	Азимут өнцөг	Тусгалын өнцөг	Азимут өнцөг	Тусгалын өнцөг	Азимут өнцөг
6:00					0.080	53.680		
7:00					8.690	64.450		
8:00			8:00	0.010	18.090	74.780	3.010	91.990
9:00			9:00	100	27.970	85.210	12.940	103.360
10:00	1.940	129.180	10:00	19.60	380	96.470	22.390	115.610
11:00	9.030	141.030	11:00	28.330	47.770	109.750	30.840	129.50
12:00	14.430	153.960	12:00	35.530	56.60	127.090	37.60	145.740
13:00	17.720	167.860	13:00	40.420	63.20	151.420	41.820	164.50
14:00	18.580	182.30	14:00	42.170	65.450	183.10	42.750	184.790
15:00	16.920	196.640	15:00	40.450	62.230	213.780	40.180	204.560
16:00	12.920	210.260	16:00	35.60	55.070	236.60	34.630	222.150
17:00	6.940	222.840	17:00	28.410	45.980	252.970	26.960	237.190
18:00			18:00	19.710	36.130	265.750	17.940	250.190
19:00			19:00	10.130	26.10	276.780	8.190	261.920
20:00			20:00	0.160	16.290	287.140		
21:00					7.010	297.520		



Зураг 34 Нарны зам, өндөр, азимутын хамаарлын муруй, Баянхошуу дэд төв



Зураг 35 Нарны байрлал(өвлийн туйл), Баянхошуу дэд төв

Төслийн талбайд нар 15° болон түүнээс дээш өндөрт нар гийгүүлэлттэй байх хугацаа нь өвлийн улиралд 4 цаг, зун 13 цаг болон хавар намарт 9 цаг орчим байна.

Төслийн байршил дахь нарны эрчмийн хэмжээг тогтоох зорилгоор нарны цахилгаан үүсгүүрийн урьдчилсан тооцоо, судалгаанд түгээмэл ашиглагддаг Meteonorm, Solcast, Solargis зэрэг эх сурвалжуудыг харьцуулан судалсан. Solcast, Solargis, Meteonorm нь нарны эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн хэмжээг урьдчилан таамаглах, системийг загварчлах, өгөгдлөөр хангадаг.

- **Solcast** эх сурвалж нь нарны эрчмийн хэмжээ болон эрчим хүчний урьдчилсан тооцоонд шаардлагатай өгөгдлөөр хангадаг.
- **Solargis** эх сурвалж нь нарны нөөцийн мэдээлэл, загварчлал, төслийн үр ашгийн үнэлгээ хийх үйлчилгээг санал болгодог. Дэлхийн өнцөг булан бүрд харгалзах өндөр нарийвчлалтай нарны эрчим, цаг уурын мэдээллээр хангадаг. Solargis нь нарны эрчим хүчний төсөл боловсруулагч, суурилуулагч, хөрөнгө оруулагчдад төслийн төлөвлөлт, зураг төсөл, гүйцэтгэлийн үнэлгээнд үнэн зөв шаардлагатай мэдээллээр хангахад чиглэдэг.
- **Meteonorm** эх сурвалж нь нарны эрчмийн мэдээлэл, температур, салхины хурд болон бусад цаг уурын үзүүлэлтүүдийг багтаасан цаг уурын иж бүрэн мэдээллийг өгдөг. Meteonorm-ын өгөгдөл, программ хангамжийн шийдлүүдийг нарны эрчим хүч, барилгын зураг төсөл, хөдөө аж ахуй, байгаль орчны судалгаа зэрэг төрөл бүрийн салбарт ашигладаг.

Хүснэгт 13 Нарны эрчмийн дата мэдээллийн эх сурвалжийн харьцуулалт

	Meteonorm	Solcast	Solargis
Орон зайн хамрах хүрээ	Дэлхий даяар	Дэлхий даяар	Дэлхий даяар
Оройн зайн нарийвчлал	2-8 км	1-2 км	3-4 км
Хэмжилтийн хугацаа	Цаг тутам	Цаг тутам	Цаг тутам
Хэмжилтийн үргэлжилсэн хугацаа	1996-2019	2007-өнөөг хүртэл	1994-2022
Нарийвчлал	N/A	RMSE _{GHI} : 16.5%	RMSE _{GHI} : 18%
Баталгаажуулсан байршил	N/A	46	220
1000м-ээс дээш өндөрлөгт ашиглах боломжтой эсэх	үгүй	үгүй	тийм

Дээрх эх сурвалжуудын ялгаатай талууд:

- **Solcast:** нарны эрчмийн бодит болон богино хугацааны өгөгдлийг гаргахад чиглэдэг;
- **Solargis:** нарны эрчим хүчний төсөл боловсруулахад зориулсан өндөр нарийвчлалтай нарны нөөцийн өгөгдөл бий болгоход чиглэдэг;
- **Meteonorm:** төсөл боловсруулахад шаардлагатай цаг уурын мэдээллээр хангахад чиглэдэг;

Эх сурвалжуудын үндсэн чиг хандлага, хэмжилтийн хамрах хүрээ, хугацаа, нарийвчлал зэргийг харьцуулан шинжлэхэд /Хүснэгт 13/ Solcast болон Solargis нь нарийвчлал өндөртэй, өргөн цар хүрээтэй байгаа хэдий ч 1000м-ээс дээш өндөрлөгт зонхилох байршилд зөвхөн Solargis-ийн өгөгдөл ашиглахад тохиромжтой байна.

Нарны эрчим хүчний төсөл боловсруулахад зориулсан өндөр нарийвчлалтай өгөгдөл, дэлхийн өнцөг булан бүрд харгалзах нарны эрчим, цаг уурын мэдээллээр хангах боломжтой байдал зэрэг хүчин зүйлсэд үндэслэн нарны цахилгаан үүсгүүрийн төлөвлөлт, эрчим хүчний үйлдвэрлэл, эдийн засгийн дүн шинжилгээнд Solargis-ийн өгөгдлийг суурь утга болгон ашиглав. Хүснэгт 14, Хүснэгт 15-т Solargis эх сурвалжаас авсан төслийн талбайн нарны цацраг, цаг уурын үзүүлэлтийг харуулав.

Хүснэгт 14 Төслийн талбайн нарны цацраг, цаг уурын үзүүлэлтүүд, (Шархад дэд төв)

Координат: 47.92797^o, 106.980033^o

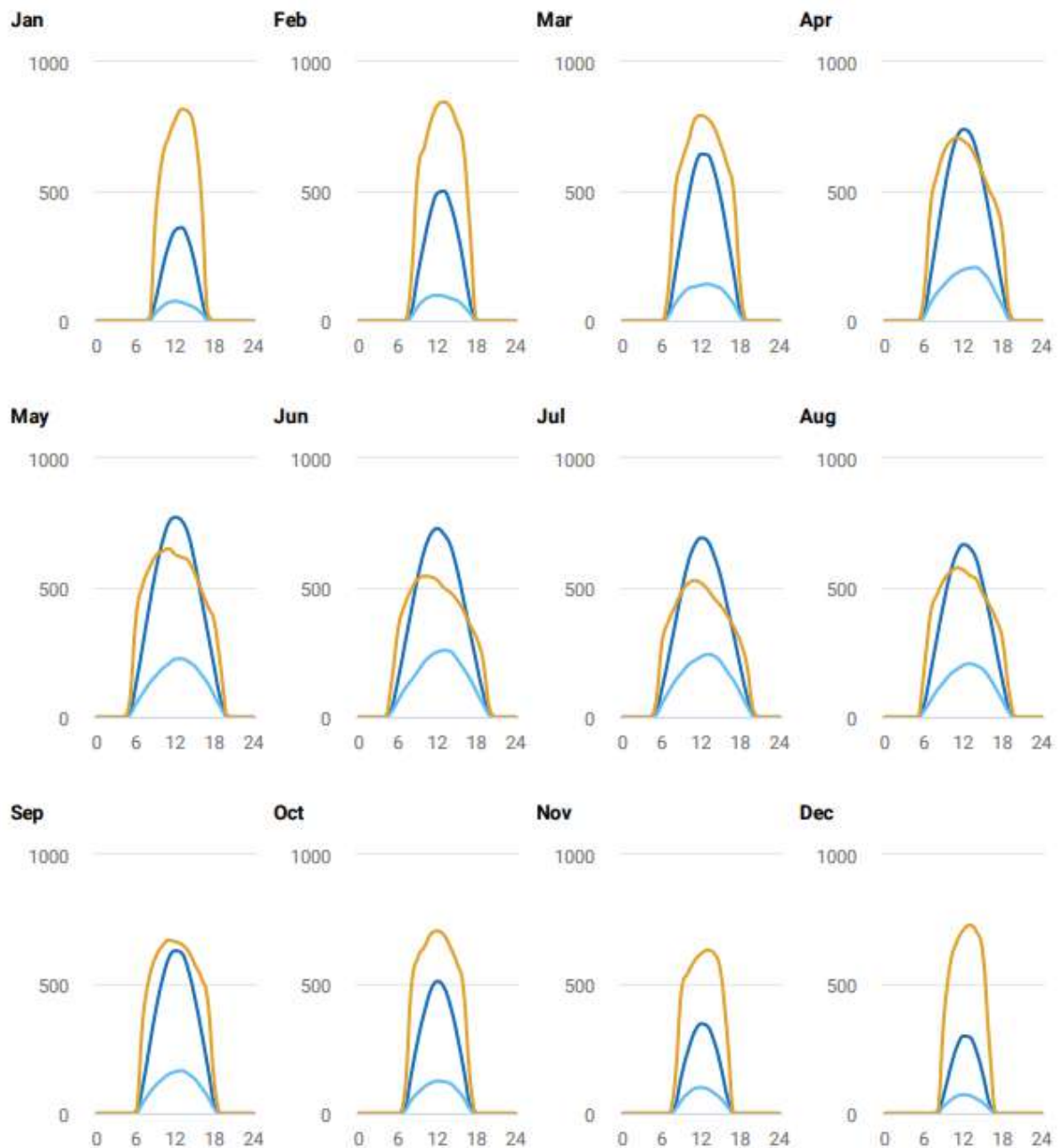
Цагийн бүс: UTC +8

Өндөршилт: 1,354 м

Сар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Жил
GHI [кВт.ц/м ²]	59.2	84.9	139.2	175.1	207.7	196	186.7	168.6	139.3	100.6	58.2	47.3	1,562.90
DNI [кВт.ц/м ²]	167	181	214.9	211.8	226.9	189.4	180.4	187.8	192	177.9	133.5	143.4	2,206.10
GHIopta [кВт.ц/м ²]	158.8	174	207.8	201.3	199.8	174.6	172.1	177.6	183.8	174.4	132.3	136.7	2,093.30
DIF [кВт.ц/м ²]	13.7	19.2	35.7	53.8	65	73.1	70.2	56	38.9	27.6	17.8	12.4	483.4
TEMP[°C]	-22.6	-17.2	-6.8	3	9.8	16.1	18.7	16.1	9.3	0	-11.4	-19.9	-0.4
WS[м/сек]	2.1	2.3	2.9	3.3	3.3	2.8	2.4	2.5	2.7	2.6	2.3	2	2.6
ALB	0.44	0.36	0.2	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.23	0.39	0.23
RH[%]	75	71	57	48	51	59	66	68	63	63	70	75	64
PREC[мм]	1	1	3	7	13	46	71	65	27	7	4	2	247

Тэмдэглэлийн тайлбар:

- GHI – хэвтээ гадаргуу дээрх нийлбэр цацрагийн хэмжээ
- DNI – нийлбэр цацрагийн хэмжээ
- GHIopta –хамгийн тохиромжит налалтын өнцөгтэй гадаргуу дээрх нийлбэр цацрагийн хэмжээ
- DIF – сарнисан цацрагийн хэмжээ
- TEMP – агаарын температур
- WS – салхины хурд
- ALB – альбедо
- RH – харьцангуй чийгшил
- PREC – хур тунадасны хэмжээ



● GHI [Wh/m²] ● DIF [Wh/m²] ● DNI [Wh/m²]

UTC+08, Asia/Ulaanbaatar [ULAT]

Зураг 36 Нарны хаятгай гадаргуу дээр ирэх нийлбэр, шууд болон сарнисан цацрагийн хоногийн дундаж (Шархад дэд төв)

Хүснэгт 15 Төслийн талбайн нарны цацраг, цаг уурын үзүүлэлтүүд, (Баянхошуу дэд төв
 Координат: 47.956295⁰, 106.833643⁰

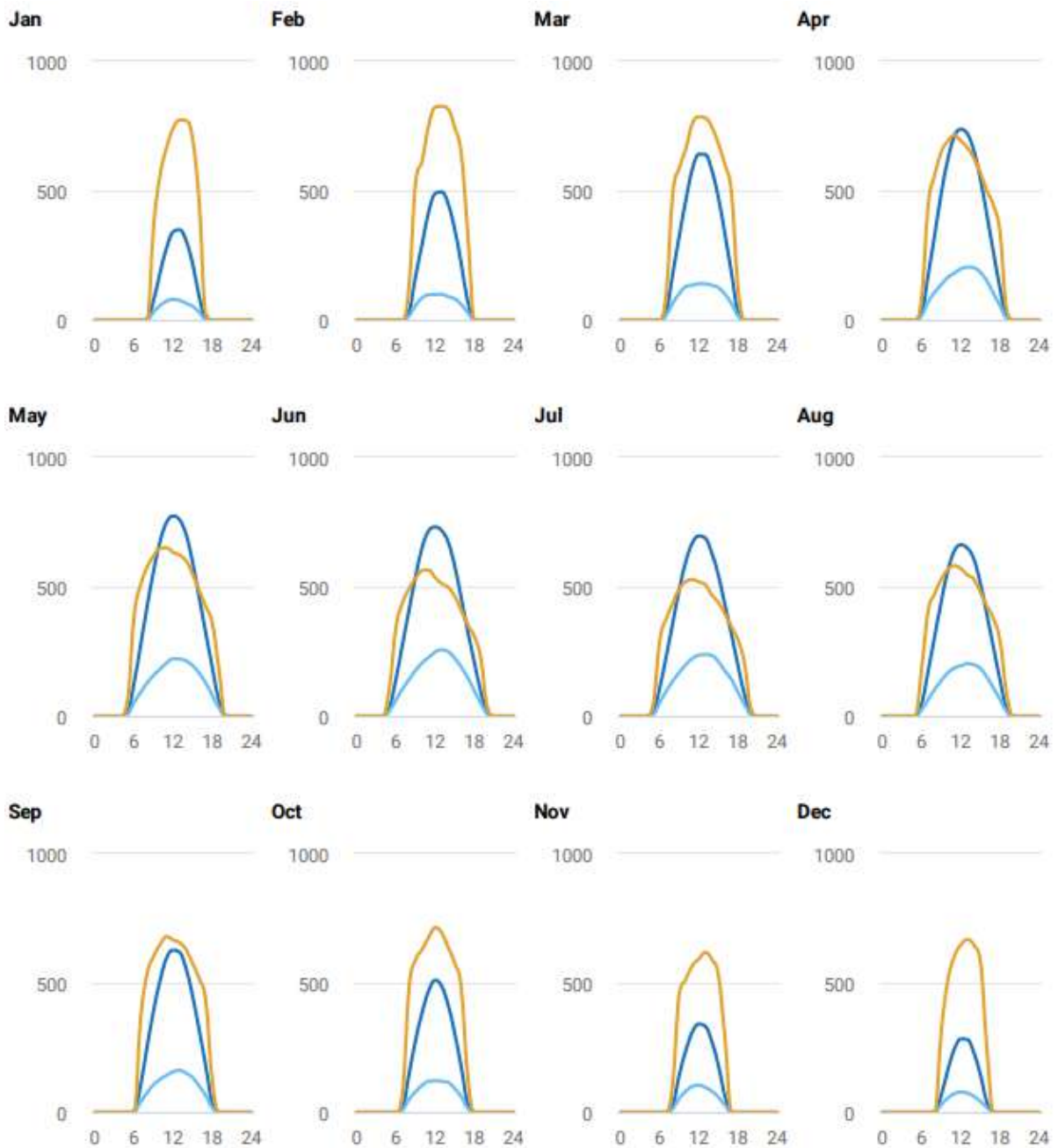
Цагийн бүс: UTC +8

Өндөршилт: 1,378 м

Сар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Жил
GHI [кВт.ц/м ²]	57	83.4	138.1	174.3	207	197.2	187.8	168.4	139	99.8	57.2	45	1,554.30
DNI [кВт.ц/м ²]	156.5	174.1	211.2	210.9	226.4	191.6	182.7	187.6	192.4	176.4	128	130.6	2,168.30
GTIopta [кВт.ц/м ²]	150.1	169.7	206.2	201.5	201	178	174.9	178.9	183.8	172.9	128.2	126.2	2,071.20
DIF [кВт.ц/м ²]	14.2	19.8	36	53.2	64.4	72.1	69.8	55.8	38.3	27.4	18.4	13.2	482.6
TEMP[°C]	-22.3	-17.1	-6.8	2.9	9.6	15.9	18.5	15.9	9.1	-0.1	-11.3	-19.5	-0.4
WS[м/сек]	2.1	2.3	2.9	3.4	3.4	2.9	2.6	2.6	2.8	2.7	2.4	2.1	2.7
ALB	0.48	0.43	0.23	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.27	0.45	0.25
RH[%]	73	70	55	48	50	58	65	67	63	62	69	73	63
PREC[мм]	1	1	3	7	13	46	71	65	27	7	4	2	247

Тэмдэглэлийн тайлбар:

- GHI – хэвтээ гадаргуу дээрх нийлбэр цацрагийн хэмжээ
- DNI – нийлбэр цацрагийн хэмжээ
- GTIopta – хамгийн тохиромжит налалтын өнцөгтэй гадаргуу дээрх нийлбэр цацрагийн хэмжээ
- DIF – сарнисан цацрагийн хэмжээ
- TEMP – агаарын температур
- WS – салхины хурд
- ALB – альбедо
- RH – харьцангуй чийгшил
- PREC – хур тунадасны хэмжээ



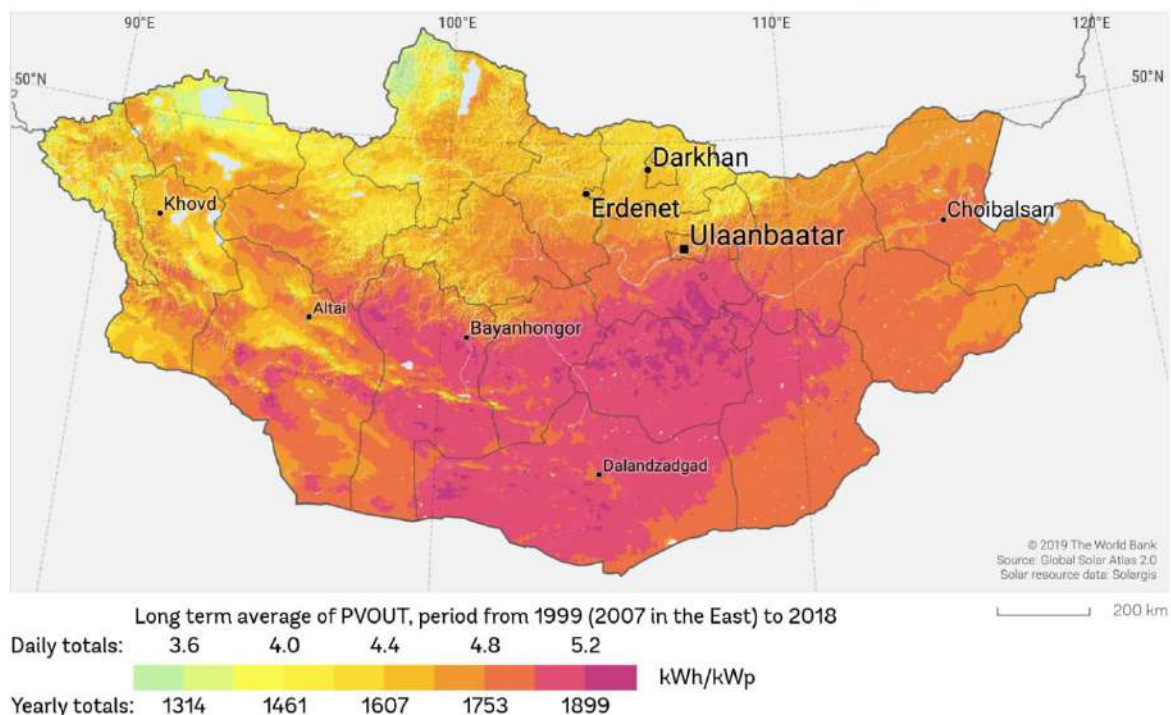
● GHI [Wh/m²] ● DIF [Wh/m²] ● DNI [Wh/m²] UTC+08, Asia/Ulaanbaatar [ULAT]

Зураг 37 Нарны хэвтгэй гадаргуу дээр ирэх нийлбэр цацраг, шууд болон сарнисан цацрагийн хоногийн дундаж (Баянхошуу дэд төв)

Төслийн талбайн хэвтээ гадаргуу дээрх жилийн нийлбэр цацрагийн хэмжээ 1,554.3кВт.ц/м² (Баянхошуу дэд төв), 1,562.9кВт.ц/м² (Шархад дэд төв) бол хамгийн тохиромжит налалтын өнцгөөр суурилуулснаар нийлбэр цацрагийн хэмжээ нь 2,168.3кВт.ц/м² (Баянхошуу дэд төв), 2,206.1кВт.ц/м² (Шархад дэд төв) болох юм.

4.2 Нарны эрчим хүчний эх үүсгүүр суурилуулах боломж

Улаанбаатар хотын орчимд нэгж кВт суурилагдсан хүчин чадлаар үйлдвэрлэх боломжит эрчим хүчний нөөцийн зураглал /Зураг 38/-аас үйлдвэрлэх эрчим хүчний хэмжээг тодорхойлбол хоногт дунджаар 4.7кВт.ц/кВт, жилд 1716кВт.ц/кВт орчим байх боломжтой.



Зураг 38 Монгол орны нэгж кВт суурилагдсан хүчин чадлаар үйлдвэрлэх боломжит эрчим хүчний нөөцийн зураглал

Нөөцийн зураглалаар 30кВт-ын суурилагдсан хүчин чадалтай үүсгүүрийн жилийн дундаж үйлдвэрлэл нь 51.47МВт.ц орчим байх боломжтой. Гэвч агаар мандлын нөлөөллийн хэмжээ, температур, агаарын бохирдол, нарны зайн модулийн бохирдол зэргийн нөлөөллөөс үүдэн эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн хэмжээ нь дээрх тооцооллоос бага байх магадлал өндөр.