



МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ  
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ СУРГУУЛЬ  
ГАЗАРЗҮЙН ТЭНХИМ

Газарзүйн асуудлууд

---

*Geographical Issues*

*Volume 24 (01)*

*ISSN: 2312-8534*

*2024*

*Улаанбаатар хот*

## Хотын ялгаатай гадаргуу ба хотын дулааны арал хоорондын хамаарал (Улаанбаатар хотын жишээн дээр)

### Relationship between different urban surfaces and the urban heat island (A case study of the Ulaanbaatar city)

© Баттогос Бямбацолмон<sup>1</sup>, Дашлэгцэг Ганпүрэв<sup>1\*</sup>, Дорлигжав Сандэлгэр<sup>2</sup>,  
Пүрэвцэрэн Мягмарцэрэн<sup>1</sup>, Балжинням Эрдэнэжаргал<sup>1</sup>, Доржпүрэв Азжаргал<sup>2</sup>

Byambatsolmon Battogos<sup>1</sup>, Ganpurev Dashlegtseg<sup>1\*</sup>, Sandelger Dorligjav<sup>2</sup>,  
Myagmartseren Purevtseren<sup>1</sup>, Erdenejargal Baljinnyam<sup>1</sup>, Azjargal Dorjpurev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Газарзүйн тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар  
14191, Монгол Улс

<sup>2</sup> Цаг уур, ус судлалын тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль,  
Улаанбаатар 14191, Монгол Улс

<sup>1</sup> Department of Geography, School of Art and Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar  
14191, Mongolia

<sup>2</sup> Department of Meteorology and Hydrology, School of Art and Sciences, National University of  
Mongolia, Ulaanbaatar 14191, Mongolia

\*Харилцагч зохиогч: [ganpurev@num.edu.mn](mailto:ganpurev@num.edu.mn)

\*Corresponding author: [ganpurev@num.edu.mn](mailto:ganpurev@num.edu.mn)

Хүлээн авсан: 2024.02.20

Засварласан: 2024.04.03

Зөвшөөрөгдсөн: 2024.04.10

#### Хураангуй

Хотын дулааны арал нь хүйтний улиралд хот дундуур урсах гол мөрөн дээр халиа тошин үүсгэхийн гадна дулааны улиралд үер усны асуудал дагуулсан конвекцийн үйл явцыг дэмждэг. Уг судалгаанд Улаанбаатар хотын төвийн дүүргүүдийн газар ашиглалтын ялгаатай бүсчлэлд агаарын температурын хээрийн хэмжилтийн мэдээ болон автомат станциудын мэдээг ашиглан Хотын дулааны арлыг илрүүлэн түүний сүүлийн жилүүдэд гарсан өөрчлөлтийг авч үзэн газрын гадаргуутай хамаарал бий эсэхийг судлах юм. Улаанбаатар хотын хойноос урагш, баруунаас зүүн чиглэлд газар ашиглалтын ялгаатай бүсүүдэд газрын ялгаатай гадаргуу дээр температурын хээрийн болон суурин хэмжилтийн мэдээнд тулгуурлан дулааны арлыг илрүүлсэн. Мөн температур ба далайн твшиний өндөр хоорондын статистик хамаарлыг тогтоож шугаман регрессийн тэгшитгэл зохиосон бөгөөд үүнийг ашиглан температурын орон зайн тархалтыг зураглаж үүнээс "Хотын дулааны арал"-ыг тодорхойлж гаргахад хотын заххаас төв рүүгээ 2-3°C-ээр дулаардаг болох нь тогтоогдлоо. Хотын барилгажсан хэсгийн гадаргуу болох бетон, асфальт гэх мэт нь дулаан багтаамж ихтэй учраас бусад гадаргаас дунджаар 3.4°C-ээр илүү халж байгаа бол бетон гадаргуу бусад гадаргуугаас 1.84°C-ээр, шилэн гадаргуу 3.68°C-ээр илүү халж байсан. Үүнтэй уялдан газрын гадаргуу болон дулааны арлын хооронд хамаарал байгааг ажигласан учраас цаашид олон улсад уур амьсгалын өөрчлөлтөд дасан зохицохын тулд хот байгуулалт болон хот төлөвлөлтөөр хийгддэг арга туршилагыг авч хэрэгжүүлдэг шаардлагатай.

**Түлхүүр үгс:** Газар ашиглалт, Суурьшлын бүс, Дулааны арал, Агаарын температур, Ногоон байгууламж

#### Abstract

The urban heat island contributes to the convective processes that cause flooding in the warm season and creates water flowing on the rivers that flow through the city in the cold season. In this research, using data from air temperature field measurement and data from automatic stations in the different land use zonings of the central districts of Ulaanbaatar, we will detect the urban heat island and observe its changes in recent years to investigate whether there is a relationship with the land surface. A linear regression equation was formulated by establishing the relationship between temperature and elevation. This equation was then utilized to map the spatial distribution of temperature, identifying the "Urban Heat Island". Due to the urban effect, the

©Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: **Б.Бямбацолмон:** Аргагүй боловсруулалт, хээрийн хэмжилт, зураглал, өгөгдөл боловсруулалт, үндсэн бичвэр, үр дүн боловсруулалт; **Д.Ганпүрэв:** Онолын үндэслэл, аргагүй боловсруулалт, үндсэн бичвэрийн засвар; **Д.Сандэлгэр:** Онолын үндэслэл, үр дүнгийн хяналт, үндсэн бичвэрийн засвар; **П.Мягмарцэрэн:** Аргагүй боловсруулалт, үр дүнгийн хяналт; **Б.Эрдэнэжаргал, Д.Азжаргал:** Хээрийн хэмжилт.

temperature warms up by 2-3°C from rural places to the city center. The covering of the built-up part of the city, such as concrete, asphalt, etc., is hotter than other surfaces by an average of 3.4 °C due to its high heat capacity, while the concrete surface was hotter than other surfaces by 1.84 °C and the glass surface by 3.68°C. Consistent with this, since we have observed a relationship between surface and heat island, to adapt to climate change in the future, it is necessary to take and implement methods implemented in urban development and urban planning.

**Keywords:** Land use, Residential area, Heat Island, Air temperature, Green space

## Оршил

Улс орны хөгжлийн явцад гарч ирдэг зайлшгүй нэгэн үзэгдэл нь хотжилт юм (Цагаан нар., 2019). Хотын суурьшлын бүсийн тэлэлт нь дулааны арлын эх үүсвэр юм (Gillani, Rehman, 2019). Газар ашиглалт, газрын гадаргын өөрчлөлт, хотын дулааны арлын үзэгдэл, эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөг зайнаас тандан судлалын аргаар тооцоолж сүүлийн 25 жилийн хугацаанд 119 гаруй хувиар өссөн. Газар ашиглалт, хотын тэлэлтийн энэ өөрчлөлт нь хотын дулаан арлыг бий болгодог (Lo, Quattrochi, 2003).

Дулааны арлын судалгааг анх Лук Ховард (1818) Лондон хотын жишээн дээр тооцоолж байжээ. Энэ судалгаанд хот орчмын агаарын температур нь түүнээс алслагдмал байгаа орчноос илүү дулаан байгааг ажиглан Лондон хотын үйлдвэржсэн төв хэсэг болон захын хэсгийг харьцуулан судалгаа хийжээ (Giannaros, Melas, 2012). Газар ашиглалт, газрын гадаргын өөрчлөлтөөс үүдэлтэй байгаль орчны үр дагаврын хамгийн чухал үзэгдэл юм (Jiang, Tian, 2010).

Газрын гадаргуугийн температурын өсөлт нь барилгын материал болон эрчим хүчний хэрэглээг нэмэгдүүлж хүлэмжийн хийн ялгаруулалт, агаарын бохирдлыг ихэсгэж хүний эрүүл мэнд болон байгаль орчинд сөрөг нөлөө үзүүлж байна. Хүн төрөлхтний соёл иргэншил нь дэлхийн гадаргуу, агаар мандал болон байгаль орчны тэнцвэрт байдлыг өөрчилсөн бөгөөд энэ нь температурын өсөлтийг бий болгодог. Хот суурин орчмын барилгажсан талбайн орчим дахь дулааны энерги нь гадаргуугийн өөрчлөлт мөн гадаргуугийн ууршилтаас үүдэн далд хэлбэрээр ч нэмэгдэнэ (Stewart, Oke, 2012). Барилгажсан талбай орчмын “дулааны арал” нь онгоц, хиймэл дагуулаас эсвэл газрын гадаргуу дээр шууд хэмжсэн бодит температурын утга юм (Voogt, 2013). Энэ давхарга бол хотын гадаргуутай ойролцоо үүсдэг ба хүний үйл ажиллагаа агаарын температурт шууд нөлөөлдөг (Wong et al., 2013). Дулааны арлын эрчимжил нь өвлийн улирал эсвэл шөнийн хүйтэнд хамгийн тод ажиглагддаг (Kusaka, Kimura, 2004; Гантуяа, 2013; Батжаргал, 2014). Хүйтний улиралд эсрэг циклонлог цаг агаар ноёддог Улаанбаатар хотын дулааны арал нь энэ улиралд тод илрэх (Гантуяа, 2013, Эрдэнэсүх нар., 2018) бөгөөд хот дундуур урсах голууд дээр үүсэж байгаа халиа, зуны улиралд үер усны асуудал дагуулсан хүчтэй конвекцийн үйл явцтай холбоотой байдаг зэрэг сөрөг нөлөөг үзүүлнэ. Гэвч Улаанбаатар хотын уур амьсгалын дулаарал, “дулааны арал”-ын нөлөөгөөр хөрсний гадаргын температур сүүлийн 60 гаруй жилд бараг 2.4°C-ээр нэмэгдэж, улмаар агаарын бохирдлын цаг агаарын үндсэн хүчин зүйл болдог температурын инверсийн давтагдал болон эрчимжлийг ихээхэн сулруулсан гэх мэт эерэг нөлөө ч бий.

Улаанбаатар хотын уур амьсгалын гол онцлог нь температурын хэлбэлзэл ихтэй, хур тунадас багатай, өргөрөг ба өндрийн илт ялгаатай дөрвөн улиралтай. Ялангуяа эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай ба урт хүйтэн өвөлтэй. Хамгийн хүйтэн нь 1-р сарын дундаж агаарын температур -26°C, хамгийн дулаан 7-р сарын дундаж сарын температур +17°C байдаг. Үнэмлэхүй хамгийн их температур 7-р сард +39°C, хамгийн бага температур 1-р сард -40°C хүрнэ. Агаарын жилийн дундаж чийгшил 61%. Салхи зонхилон хойд, баруун хойд зүгээс салхилдаг ба салхины дундаж хурд 2.4 м/сек байна (Sumiya et al., 2022).

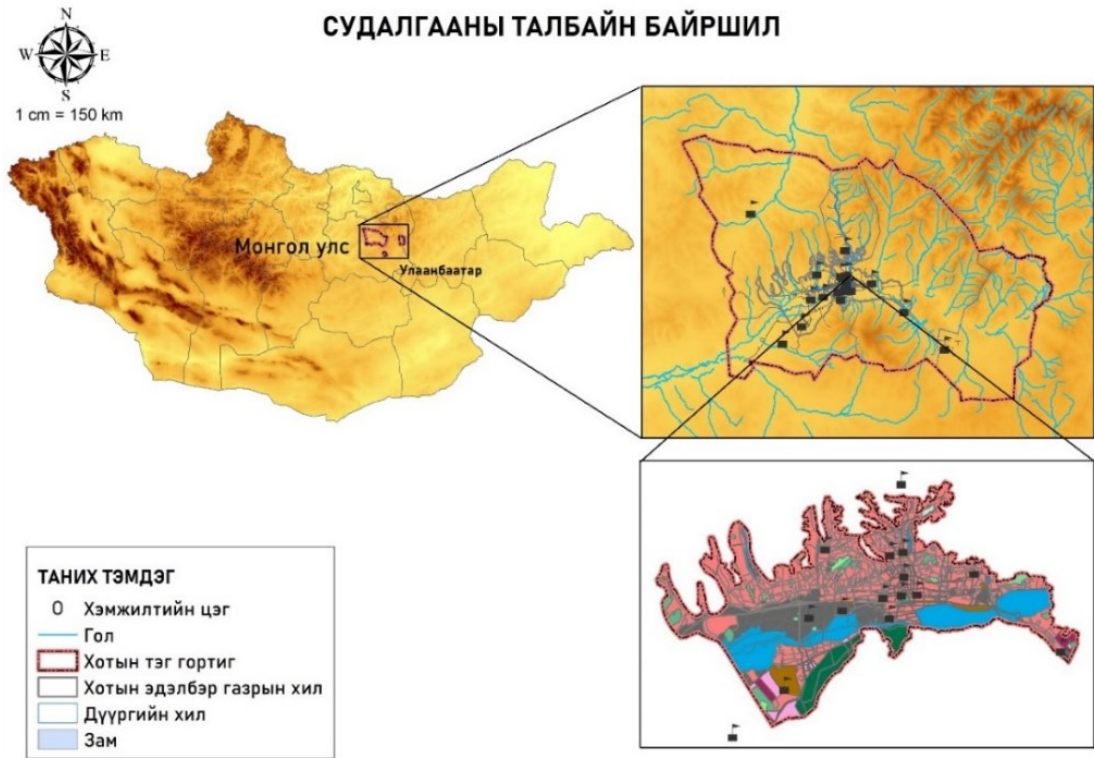
Манай улсын нийт хүн амын 67.2 хувь нь хот суурин газар, үүнээс 45.3 хувь нь төвийн 6 дүүрэгт төвлөрөн амьдарч байна. Тус хот нь дэлхийн хамгийн агаарын бохирдолтой хотуудын нэг билээ. Хотын агаарын бохирдлын нийгэм, эдийн засгийн урьдал хүчин зүйл нь хот суурин газрын тэлэлт, хүн амын өсөлт бөгөөд эдгээр нь Улаанбаатар хотод өсөн нэмэгдэх хандлагатай. Нийт нутаг дэвсгэрийн ердөө 0.3 хувийг эзлэх Улаанбаатар хотод хүн амын дийлэнх нь төвлөрч буйгаас харахад хотжилт маш эрчимтэй нэмэгдэж байна. Хотжилт өөрчлөгдөхдөө ногоон байгууламжгүй барилга байгууламж тэлж түүнээс үүдэн газар ашиглалт буюу газрын гадарга өөрчлөгдөн дулаан температурыг шингээгч хатуу хучилттай гадаргуу бий болж хотод дулаан арал эрчимжиж байгаа юм. Эрчимтэй ашиглагдаж буй нутаг дэвсгэрийн агаар, ус, хөрс, орчны бохирдол эрс нэмэгдэж, улс орны эдийн засаг, нийгмийн хөгжил, хүний амьдрах орчин, болон эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөж байна (Цагаан нар., 2019).

Монгол улсад 2013 онд анх Сөүлийн үндэсний их сургуулийн судалгааны баг дулаан арлыг илрүүлэх судалгаа хийсэн байдаг. Улаанбаатар, Буянт-Ухаа цаг уурын станцуудын 1980-2010 оны температурын мэдээг ашиглан хотын “дулааны арал”-ын эрчимжлийг гарган өвлийн улиралд хамгийн хүчтэй ажиглагдаж, зуны улиралд хоорондын зөрүү бага байдаг гэсэн дүгнэлт гаргасан (Гантуяа, 2013). 2014 онд судлаач Г.Батжаргал агаарын температурт хотжилтын үзүүлэх нөлөөг судалсан байдаг. Ингэхдээ хотыг төлөөлүүлж Улаанбаатар цаг уурын станц, хотын гаднах цэгийг Төв аймгийн Алтанбулагийн цаг уурын станцаар төлөөлүүлэн сонгон авч ‘WRF’ загвар ашиглан дулааны арлын эрчимжлийг орон зайгаар тооцоолсон (Батжаргал, 2014). Түүнчлэн Ганболд (2014) хотжилт агаарын температураас гадна хур тунадасны тархалт, салхины хурд, чиглэлд нөлөөлж буйг ‘WRF’ загвар ашиглан ойролцоо судалгааг хийсэн байдаг. Мөнхцэцэг (2018) хотын дулааны арлын чиглэлээр судалгаа хийсэн. Тэрээр Улаанбаатар хотод хотжилт эрчимтэй явагдаж байгаатай холбоотойгоор газрын гадаргын өөрчлөлтийн нөлөөгөөр үүсэх Улаанбаатар хотын дулааралд нөлөөлж байгааг газар ашиглалтын ялгаатай бүсүүдэд температурын хэмжилт хийж, цаг уурын автомат станцуудын өгөгдлийг нэмж ашиглан хотын дулааны арлыг илрүүлжээ (Мөнхцэцэг, 2018).

Дулааны арал бол хот суурин газрын барилга байгууламж, хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй дулааны хуримтлал юм (Yang et al., 2016). Энэхүү нөлөө нь хотын дулаан ялгаруулалт, үндсэн гадаргуугийн шинж чанар, бүтэц ургамлын гадарга, хүн амын төвлөрөл, цаг агаарын нягтралтай зайлшгүй холбоотой. Хөгжиж буй хотжилтын үед дулааны арлын нөлөөллийн цар хүрээ эрч хүч улам ноцтой болсоор байх болно. Үүнээс үүдэн оршин суугчдын эрүүл мэнд болон амьдрах орчны доройтол бий болж буй учир хотын одоогийн дулаан арлын эрчимжлийг газар гадаргын ялгаатай хэсгүүдэд тооцоолж нөлөөллийг бууруулах хамгийн тохиромжтой аргыг судлах хэрэгцээ байгааг “Улаанбаатар хотын 2040 он хүртэлх хөгжлийн ерөнхий төлөвлөгөөний үзэл баримтлалд “Оршин суугчдын эрүүл аюулгүй, таатай орчинд амьдрах бүрэн эрхтэй, байгаль орчинд ээлтэй болгон хөгжүүлэх” зорилгоос харж болно. Тийм учраас Улаанбаатар хотын одоогийн дулааны арлын нөлөөллийг 2018 онд хийгдсэн судалгаатай харьцуулж түүнд нөлөөлж буй хүчин зүйлсэд дүн шинжилгээ хийж улмаар хот төлөвлөлтийн цаашдын төлөвлөгөөнд хэрхэн тусгах талаар судлах шаардлага үүсэж байна.

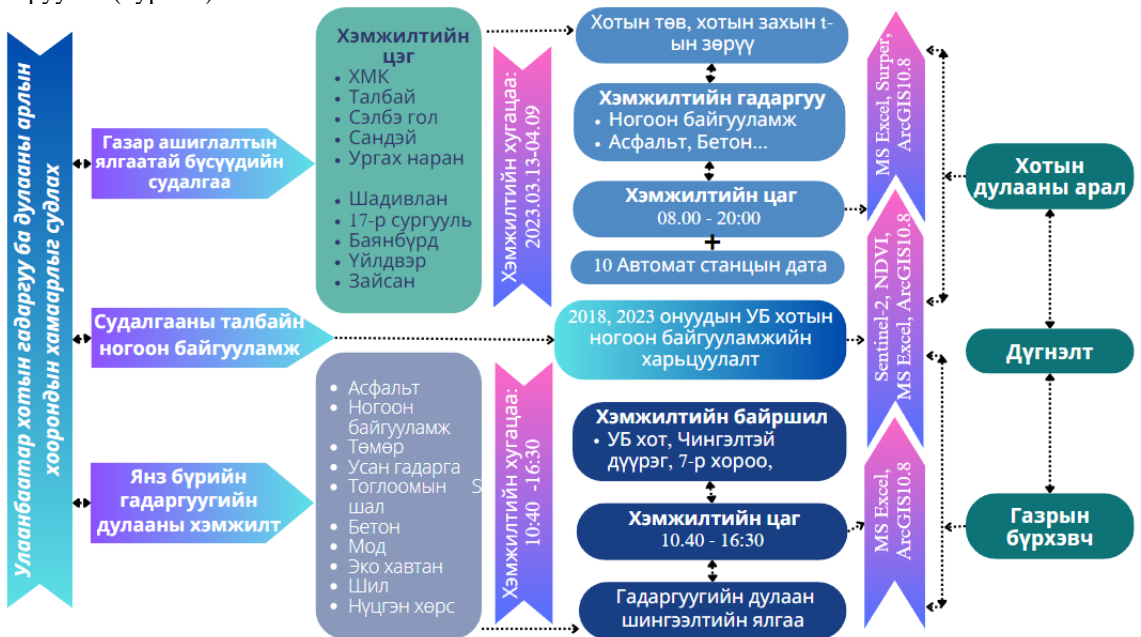
### **Судалгааны материал, аргазүй**

**Судалгааны талбай:** Улаанбаатар хот нь баруунаас зүүн тийш үргэлжилсэн Туул голын хөндийд д.т.д ойролцоогоор 1350 м өндөрт оршдог. Хэнтийн нурууны үзүүр Асралт хайрхан 2799 м, Туул голын сав газарт байрлах Чингэлтэй уул 1949 м, Баянзүрх уул 1834 м, Богдхан уул 2256 м, Сонгинохайрхан уул 1652 м гэсэн 652-2258 м өндөр уулсаар хүрээлэгдэн оршино (Зураг 1). Улаанбаатар хотын бохирдолд газарзүйн болон цаг уурын онцлогоос гадна хотын хүчин зүйл шууд болон шууд бусаар нөлөөлдөг. 2000 оноос эхлэн нийслэлд суурьшлын бүс 1.7 дахин өргөжин тэлж, суурьшлын бүсээс гадна барилга байгууламжийн талбайд 10 жилийн хугацаанд үйлдвэрийн газар ашиглалтаас бусад газар ашиглалтын ихэнх хэлбэр ялангуяа хотын тэлэлт нэмэгдэж нягтрал ихэссэн. Монгол улс өргөн уудам нутаг дэвсгэрт цөөн хүн амтай, бага нягтралтай (311 хүн/км.кв) боловч нийслэл хотод хотжилт хурдацтай явагдаж хүн амын бараг тал хувь нь суурьшсан байна (Sumiya et al., 2022).



Зураг 1. Улаанбаатар хотын суурьшлын бүс ба газар ашиглалтын хэв шинж

**Судалгааны аргазүй:** Улаанбаатар хотын дулааны арлыг илрүүлэх харьцуулах бодит хэмжилт хийхийн тулд 2018 онд хийгдсэн судалгааны зарим аргыг авч ашигласан ба үүн дээр нэмээд барилгажсан талбай дах дулааны арлын хамаарлыг тогтоохын тулд ногоон байгууламж болон газрын гадаргууд тус бүрд нь харьцуулсан хэмжилт хийсэн. Судалгааны аргазүйн бүдүүвчийг харуулав (Зураг 2).



Зураг 2. Судалгааны арга зүйн бүдүүвч

Газар ашиглалт болон янз бүрийн гадаргуугийн хувьд хөрсний гадарга болон 2 м-ийн өндөр дэх температурын хэмжилтийг хийсэн. Цуглуулсан өгөгдөлдөө 'Microsoft Excel' программаар бодолт, боловсруулалт хийж, 'ArcGIS 10.8', 'Surfer' программ дээр '3D' загварыг гаргасан. Улаанбаатар хотын сансрын зургийг ашиглан газар ашиглалтын ялгаатай бүсэд арван цэгэн байршлыг нэмэлт судалгааны цэг болгон сонгон авсан (Хүснэгт 1).

Улаанбаатар хотын эдэлбэр газрыг бүхэлд нь оролцуулсан Мөнхцэцэг (2018) хээрийн хэмжилтийн 10 цэгт агаарын болон хөрсний гадаргын температурын тодорхой хугацааны давтамжтайгаар хийсэн хэмжилтийг шинэчлэн хийсэн (Хүснэгт 2). Температурын орон зайн тархалтыг бүхэлд нь харьцуулан зураглахын тулд Буянт-Ухаа, Улаанбаатар, Толгойт, Баянхошуу, Телевиз, Баруун 4 зам, Бөхийн өргөө, 100 айл, Монгол газар цаг уурын болон бохирдлын автомат станцуудын 3 сарын 1-ээс 4-р сарын 1 хүртэлх мэдээ материалыг цуглуулан ашигласан.

Хүснэгт 1. Хээрийн хэмжилтийн цэгүүдийн байршил

№	Цэгийн нэр	Материал	Өргөрөг	Уртраг	Д.Т.Д өндөр, м
1	ХМК	Бетон	47.93426	106.8207	1320
		Хөрс	47.93446	106.82019	1319
2	Төв талбай	Бетон	47.91709	106.91781	1298
		Хөрс	47.91712	106.9178	1298
3	Сэлбэ гол	Бетон	47.91411	106.93037	1295
		Хөрс	47.91404	106.93039	1295
4	Худалдааны төв	Бетон	47.91016	106.94334	1293
		Хөрс	47.91016	106.94328	1293
5	Ургах наран	Бетон	47.86578	107.1174	1377
		Хөрс	47.8665	107.11796	1382
6	Шадивлан	Бетон	48.01155	106.92099	1388
		Хөрс	48.01164	106.92094	1388
7	17-р сургууль	Бетон	47.94799	106.91259	1337
		Хөрс	47.94801	106.91266	1337
8	Баянбүрд	Бетон	47.92848	106.90892	1304
		Хөрс	47.92849	106.90882	1304
9	Үйлдвэр 19	Бетон	47.89788	106.90168	1288
		Хөрс	47.89775	106.90173	1288
10	Зайсан Туул гол	Бетон	47.89005	106.90509	1285
		Хөрс	47.89013	106.90506	1285
11	Амгалан		47.9108	106.9979	1316
12	Буянт-Ухаа		47.8415	106.7647	1296
13	Улаанбаатар		47.9186	106.8481	1301
14	Баянхошуу		47.9385	106.82	1347
15	Толгойт		47.9027	106.79	1306
16	Телевиз		47.9106	106.89	1352
17	Баруун 4 зам		47.9154	106.89417	1292
18	Бөхийн өргөө		47.9174	106.9371	1301
19	100 айл		47.93291	106.92138	1310
20	Монгол газар		47.90361	106.85087	1278

Эх сурвалж: Мөнхцэцэг нар., 2018

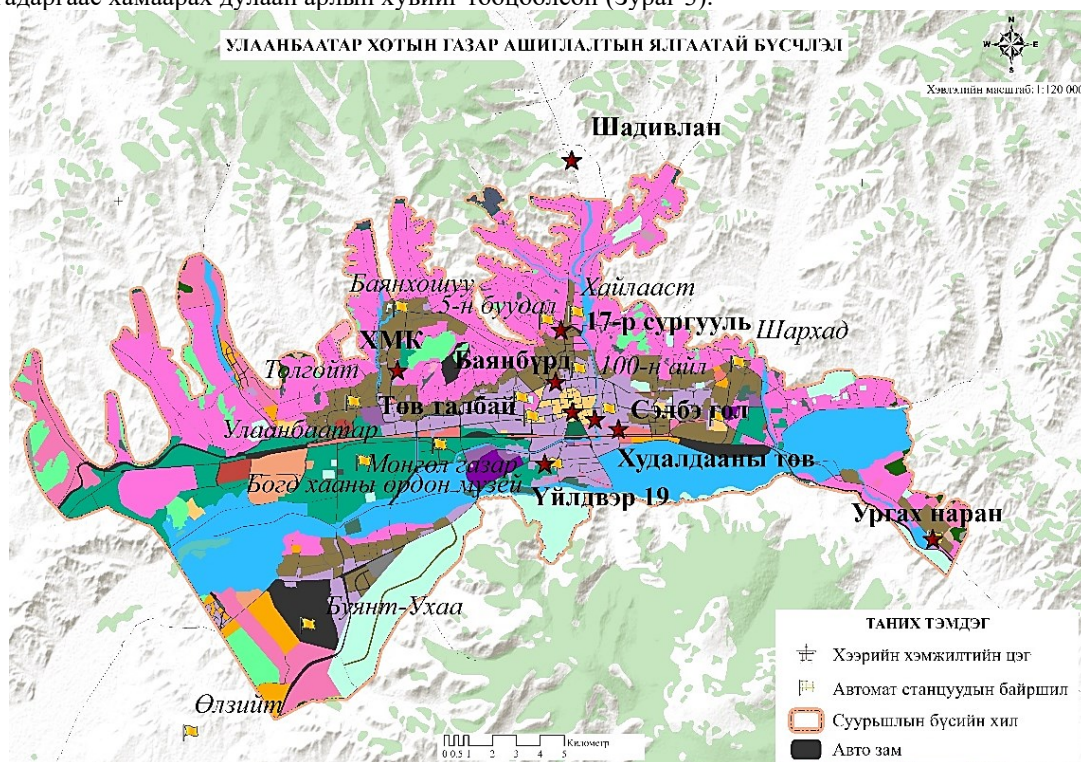
Судалгаанд 10 цэг дээрх хэмжилтийг 3-р сарын 13-ны өдрөөс эхлэн арав хоногийн туршид хийсэн бөгөөд цаг агаарын урьдчилсан мэдээг ашиглан арав хоногийн цэлмэг, тогтуун таван өдрийг сонгон хэмжилтийг хэмжих хэрэгсэл буюу термометр ашиглан гүйцэтгэсэн. Ингэхдээ өглөөний 08 цагаас оройн 20 цаг хүртэл гурван цаг тутамд нэг цэгт арван минутын зайтай зургаан хэмжилтийг хийж гүйцэтгэсэн.

Хүснэгт 2. Хээрийн хэмжилтийн дараалал

Хэмжилтийн цэг	Хэмжилтийн хугацаа				
	08:00	11:00	14:00	17:00	20:00
1 цэг	-	\$	@	#	*
2 цэг	*	-	\$	@	#
3 цэг	#	*	-	\$	@
4 цэг	@	#	*	-	\$
5 цэг	\$	@	#	*	-

Эх сурвалж: Мөнхцэцэг нар., 2018

Нийслэлийн газрын нэгдмэл сангийн нийт талбай 470,444 га байгаагаас Улаанбаатар хотын хот суурин газар нийт нутаг дэвсгэрийн 7.4%-ийг эзлэх ба үүний тэн хагасаас илүү нь барилга байгууламжийн доорх газар, 7,735.9 га нь гэр сууцны хорооллын газар юм. Газар ашиглалтын ялгаатай бүсэд байрлах автомат станцуудын мэдээг нэмж хэмжилтээ баяжуулснаар гадаргаас хамаарах дулаан арлын хувийг тооцоолсон (Зураг 3).



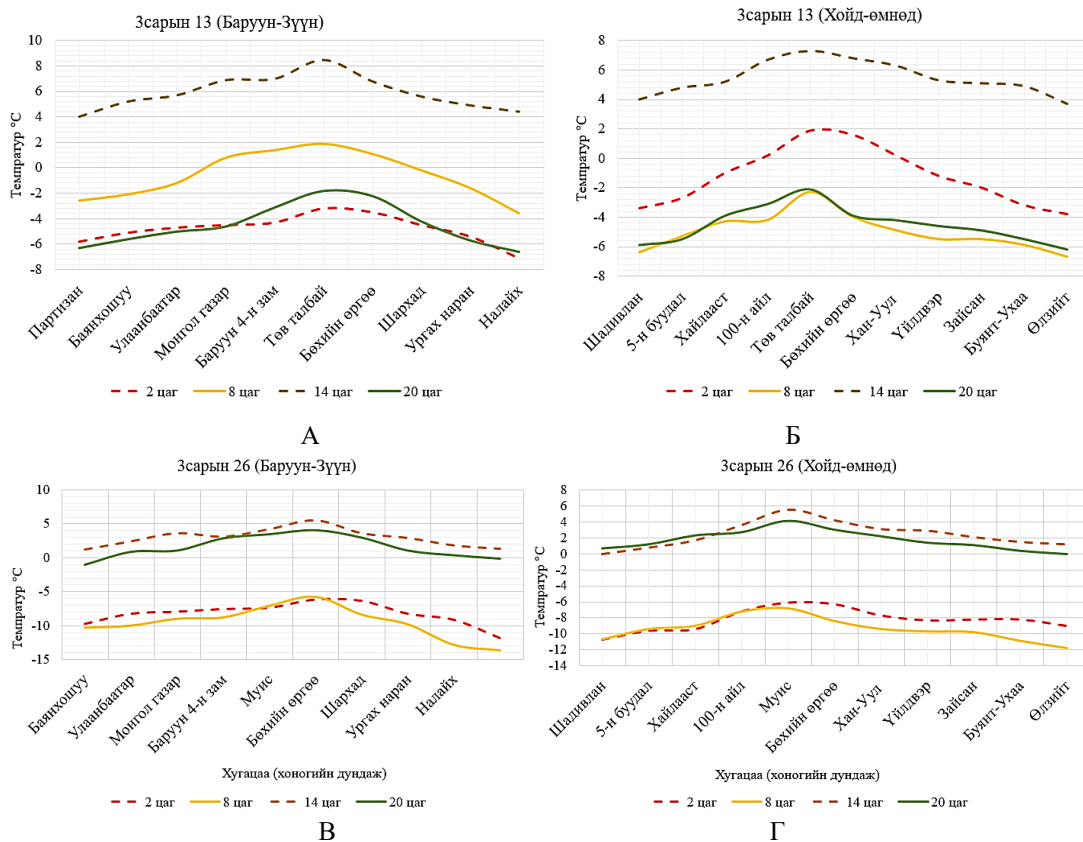
Зураг 3. Улаанбаатар хотын газар ашиглалтын ялгаатай бүсчлэл, хэмжилтийн цэгүүдийн байршил

Ногоон байгууламж, амралт зугаалгын бүсийг бүтцэд хот, суурин газрын ойжуулсан хэсэг, цэцэрлэгт гудамж, цэцэрлэг, цэцэрлэгт хүрээлэн нуур, цөөрөм, усан сан бүхий газар, голын эрэг дагуух наран шарлагын газар, түүнчлэн амралт, аялал жуулчлал, биеийн тамир спортоор хичээллэх зориулалттай газар багтана (Хайсамбуу нар., 2021).

Олон улсын стандартын дагуу 1 сая хүн амтай хотод нэг хүнд 24 м.кв ногоон байгууламж ноогдох хэрэгцээ шаардлага байдаг бол Улаанбаатар хотын дунджаар нэг хүнд ногдох ногоон байгууламж 4-6 м.кв байдаг нь дэлхийн дунджаас 6 дахин бага үзүүлэлт юм. Дэлхийн дулаарал уур, амьсгалын өөрчлөлтөд нөлөөлж буй хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах зорилгоор, хүрээлэн буй орчинд ээлтэй бүтээн байгуулалтын орчныг бүрдүүлэх шаардлагатай байдаг бол Улаанбаатар хотод энэ үзүүлэлт хангалтгүй байдаг. Хотын ногоон байгууламжийн хэмжээ 637.7 га талбайг эзэлж байгаа нь 2010 оны үзүүлэлтэй харьцуулахад 3.6 дахин, нэг хүнд ногдох ногоон байгууламжийн хэмжээ 3.5 дахин өссөн байна (Хот Байгуулалт, Хөгжлийн Газар, 2022).

**Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг**

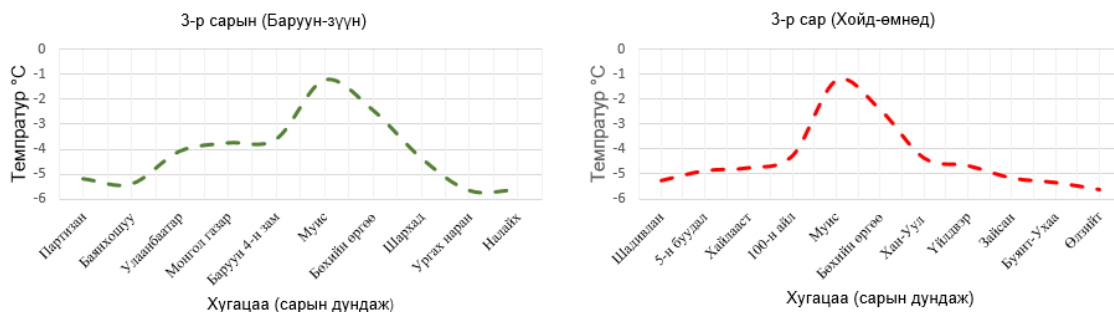
**Газар ашиглалтын ялгаатай бүсийн дулааны арлын харьцаа:** Судалгаанд 2023 оны 3 сарын 1-ээс 4-р сарын 1-ны өдрийн агаарын болон хөрсний гадаргын температурын мэдээг ашиглан харьцуулалт хийв. Улаанбаатар хотын баруунаас зүүн чиглэл, урдаас хойд чиглэлд тархсан газар ашиглалтын ялгаатай бүсүүд дэх температурын хэмжилтийн үр дүнгээр 3 сарын ижил хугацаан дахь утгын тархалтыг хоногоор, сараар үзүүлэв (Зураг 4).



Зураг 4. Температурын хоногийн дундаж утга, (баруун-зүүн, хойд-өмнөд чиглэлд)

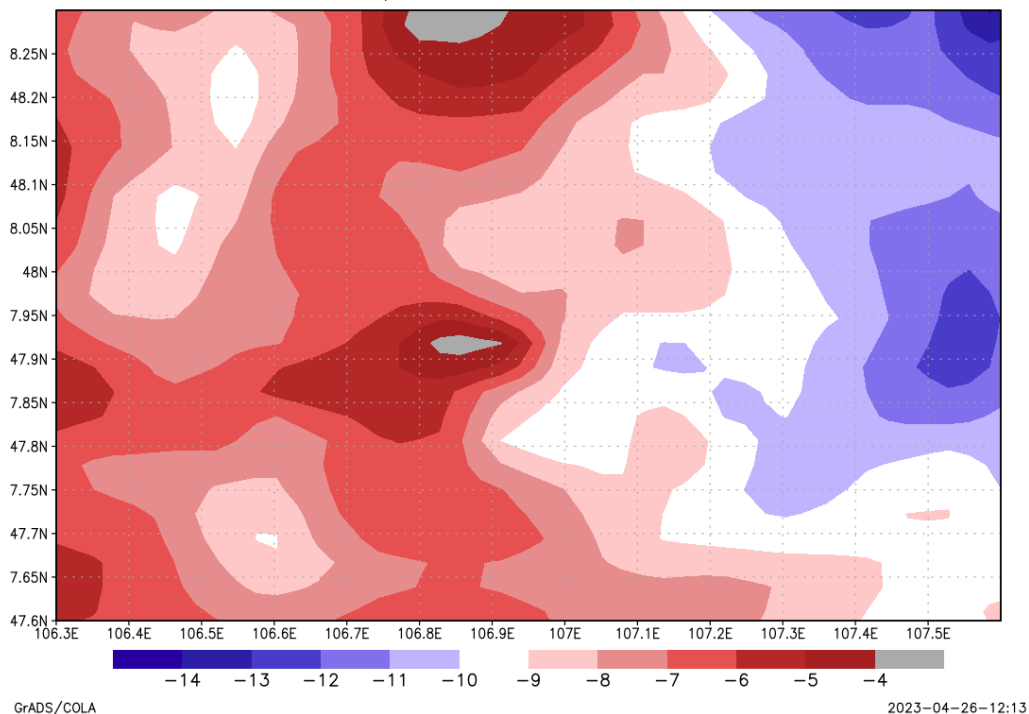
Дээрх тооцооноос харвал 3-р сарын 13-ны өдрийн байдлаар баруунаас зүүн, хотын төвөөс хотын зах хүртэл өглөө 8 цагт 1.7°C-ээр, 2 цагт 3.9°C-ээр, 14 цагт 4.5°C-ээр, 20 цагт 4.8°C-ээр тус тус их байгаа бол хойд - урд чиглэлд 08 цагт 4.5°C-ээр, 2 цагт 5.7°C-ээр, 14 цагт 3.3°C-ээр, 20 цагт 4.1°C-ээр их байна. Түүнчлэн 3-р сарын 26-ны өдрийн байдлаар баруунаас зүүн, хотын төвөөс хотын зах хүртэл өглөө 7.8°C-ээр, 2 цагт 5.7°C-ээр, 14 цагт 4.3°C-ээр, 20 цагт 5.1°C-ээр тус тус их байгаа бол хойд - урд чиглэлд 08 цагт 5°C-ээр, 2 цагт 4.6°C-ээр, 14 цагт 5.5°C-ээр, 20 цагт 4.1°C-ээр тус тус их байна. Үр дүнгээс үзэхэд өглөө нар мандахаас өмнө үед агаарын температурын зөрүү хамгийн бага, температурын утгууд ойролцоо байсан бол нар мандсаны дараа нар жаргах хүртэл агаарын температур утга хамгийн их болж хотын захаас хотын төв хүртэлх температурын зөрүү илэрхий ажиглагдаж байна. Нар жаргаснаас хойших үед хотын төвийн барилгажсан талбай буюу гадаргуу дулаанаа илүү удаан хадгалж, шөнөдөө дулааны арал үүсдэг бол хотын зах хөрсөн гадаргатай хэсэгт температур хурдан хөрж байгааг тогтоолоо. Хэмжилт хийсэн 10 хоногийн температурын мэдээллийг автомат станцын 3-р сарын бүтэн мэдээллээр нөхөж 3-р сарын дундаж үр дүнг гаргаж авсан (Зураг 5).





Зураг 5. Температурын сарын дундаж утга, хойд-өмнөд чиглэлд

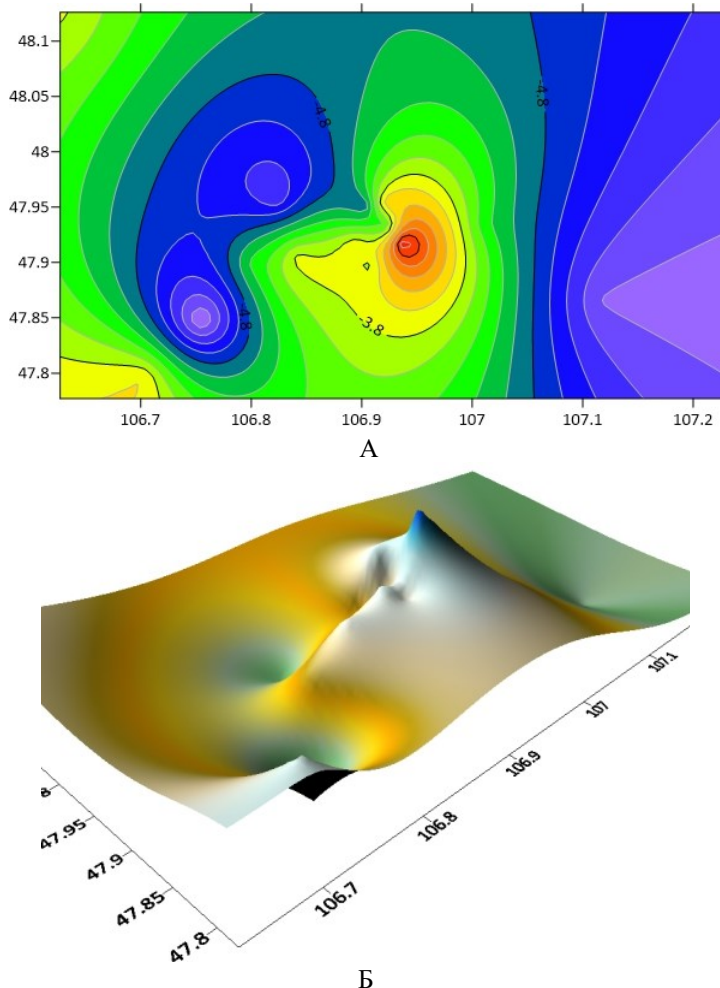
Нийт хэмжилтийн цэгүүдийн 3-р сарын дундаж утгыг харуулсан. Ингэхдээ газар ашиглалт болон газрын гадаргын аль хэсэгт ихэнхдээ хотын төв болон хотын захын аль хэсэгт ихэвчлэн температур өндөр байгааг харуулахыг зорьсон ба 3-р сарын дунджаар хотын төв хэсэг ихэвчлэн өндөр температуртай байв. ‘WRF’ загварын анхны нөхцөлийг сайжруулахын тулд объектив шинжилгээгээр 3-р сарын 26-ны өдрийн утгыг загварчилсан (Зураг 6).



Зураг 6. 3-р сарын 26-ны өдрийн цаг агаарын ‘WRF’ загварчлал

Хаврын 3-р сарын 26-ны өдрийн ‘WRF’ загварчлалын үр дүнд бусад анализын үр дүнтэй адил хотын төв хэсэг хотын захын хэсгүүдээс илүү өндөр температуртай байгааг харж болно.

**Улаанбаатар хотын дулааны арлын 3 хэмжээст загварчлал:** Улаанбаатар хотын 3-р сарын дундаж температурын утгын бүх чиглэл дэх хэмжилтийн цэгүүдийн солбицлыг ‘Surfer’ программ ашиглан ‘3D’ сарын дундаж тархалтыг байгуулав (Зураг 7).



Зураг 7. Температурын сарын дундаж утгын гурван хэмжээст загвар

Дээрх зурагт 3-р сарын дундаж утгыг баруунаас зүүн чиглэлд болон хойноос урд чиглэлд агаарын температурын тархалтыг дундажлан харуулав. Ингэхдээ сарын хэмжилтийн цагуудын дундаж утгаар тооцов. ‘3D’ цагийн явцын муруйгаас харвал хотын төв хэсэгт температурын утга хамгийн өндөр байгаа бол Буянт-Ухаа болон Ургах наран хороолол орчим температурын утга хамгийн бага байгаа нь харагдаж байна.

**Суурьшлын бүсийн харьцуулалт:** Улаанбаатар хотын эдэлбэр газар нийт 35,206.3 га талбайг эзэлнэ. Хотын эдэлбэр газрын нийт талбайн 16.98% буюу 5,981.02 га газрыг барилгажсан талбай хамарна. Ийнхүү хотожсон хэсгийн барилгажсан талбай 83.46% буюу 4,991.91 га, асфальтан зам 6.93% буюу 530.51 га, ногоон байгууламж 7.67% буюу 458.60 га талбайг эзэлнэ (Хүснэгт 3-4).

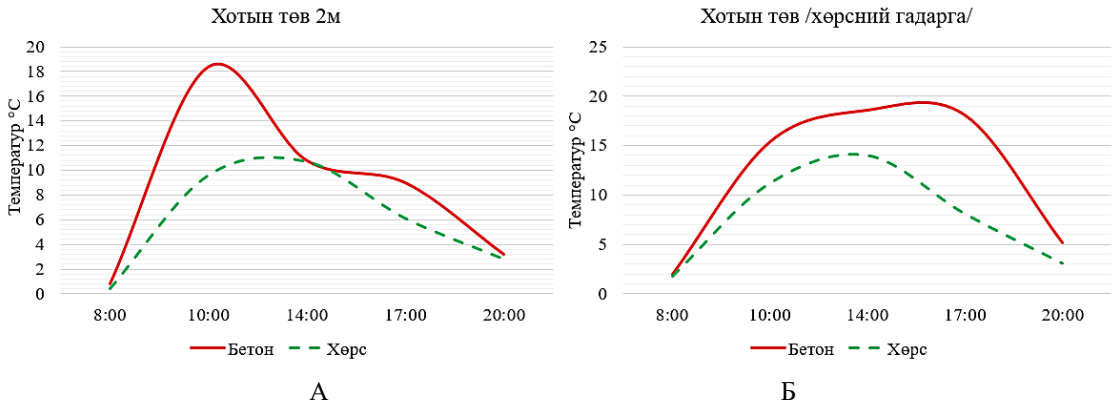
Хүснэгт 3. Хотын барилгажсан хэсгийн талбай (ГЗБГЗЗГ, 2020)

№	Төрөл	Талбай [га]	Эзлэх хувь [%]
1	Барилгажсан талбай	4,991.91	83.46
2	Асфальтан зам	530.51	8.87
3	Тохижилт ногоон байгууламж	458.60	7.67
	Нийт	5,981.02	100

Хүснэгт 4. Хотын нэг хүнд ногдох ногоон байгууламжийн хэмжээ (ГЗБГЗЗГ, 2020)

№	Улаанбаатар хотын ногоон байгууламжийн эзлэх талбай, м <sup>2</sup>	Төвд байрлах хүн ам	1 хүнд ногдох ногоон байгууламж, м <sup>2</sup>
1	4,586,967.00	1,691,766.00	4

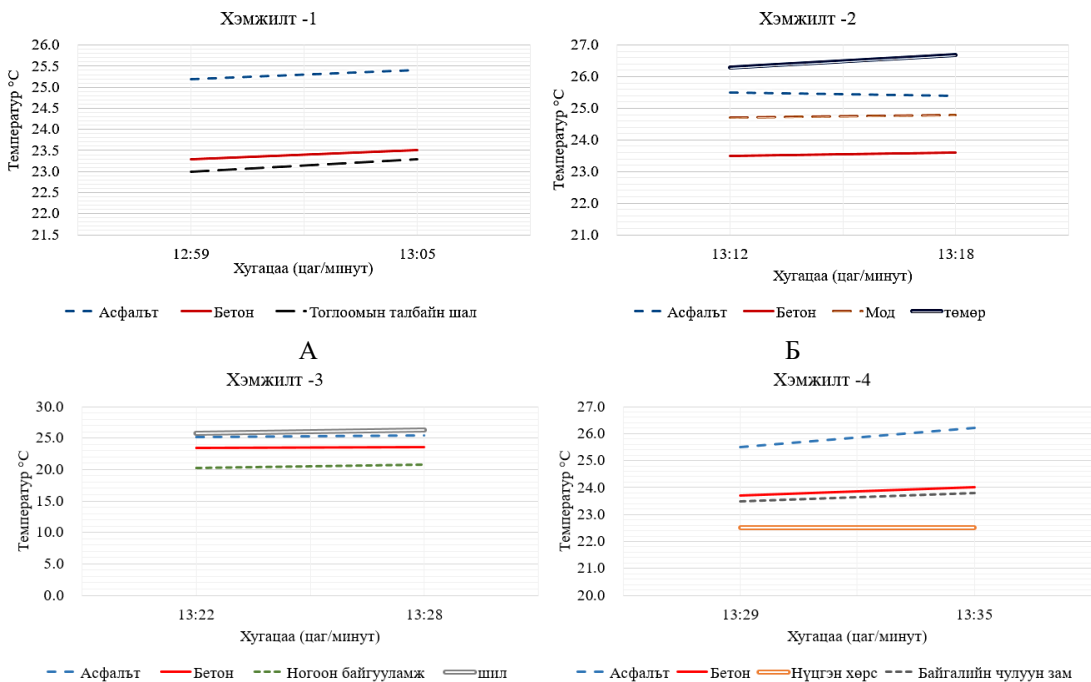
Дулааны арлыг илрүүлэх судалгааны үр дүнгээс харвал хотын төв хэсэгт температурын утга хамгийн өндөр байсан. Тэгвэл хотын төв хэсгийн газрын гадаргын судалгаагаар хотын төв хэсгээр барилга байгууламж, асфальт бетон болон дулааныг илүү шингээдэг гадаргуу зонхилон нягтарсан байна. Доорх зурагт температурын утга хамгийн өндөр байдаг хотын төв хэсгийн ногоон гадарга болон асфальт, бетон гадаргын ялгааг харуулсан хэмжилт хийхийг зорьсон. Тус хэмжилт хийх үеийн цаг агаарын байдал бүрхэг үүлтэй байв (Зураг 8).

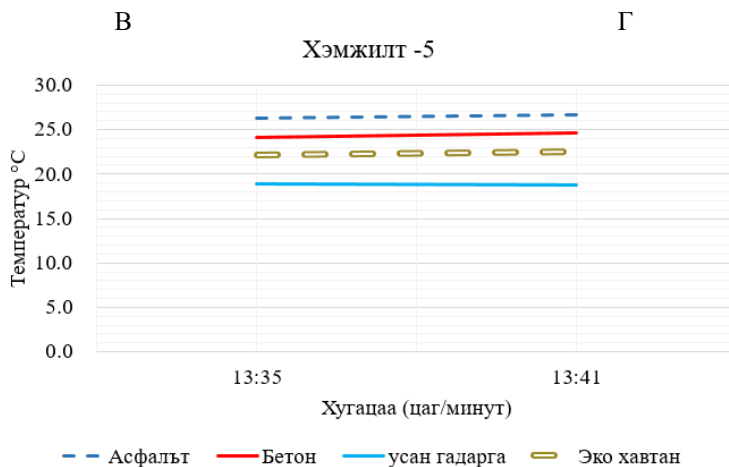


Зураг 8. Газрын гадаргын харьцуулалт

Дээрх зургаас үзвэл бетон, асфальтан гадаргууг ногоон байгууламжтай харьцуулан судалсан. Гадаргуун хэмжилтийн үр дүнд ногоон байгууламж байгууламж бүхий гадарга асфальт замыг бодвол харьцангуй дулааныг шингээж байгаа нь харагдаж байна. Харин хүйтэн үеүдэд асфальт болон ногоон байгууламжийн хоорондох утга ойртож байгаа нь ажиглагдаж байна.

**Янз бүрийн гадаргуугийн дулаан шингээлтийн ялгаа:** Сонгосон байршилдаа 11 төрлийн ялгаатай гадаргуу дээр 30 см-ийн түвшинд доорх зургуудад үзүүлсэнчлэн ижил хугацаанд А.12:59-13:05, Б.13:12-13:18, В.13:22-13:28, Г. 13:29-13:35, Д. 13:35-13:41 6 минутын давтамжтай хэмжилт хийсэн. Материалын дулаан халалтын ялгааг тус бүрд нь хэмжиж, агаарын температурын утгуудыг харьцуулан зураглалаа. 4-р сарын 23-ны өдөр хэмжилт хийх үед цаг агаар үүлгүй цэлмэг, бага зэргийн салхитай байв (Зураг 9).

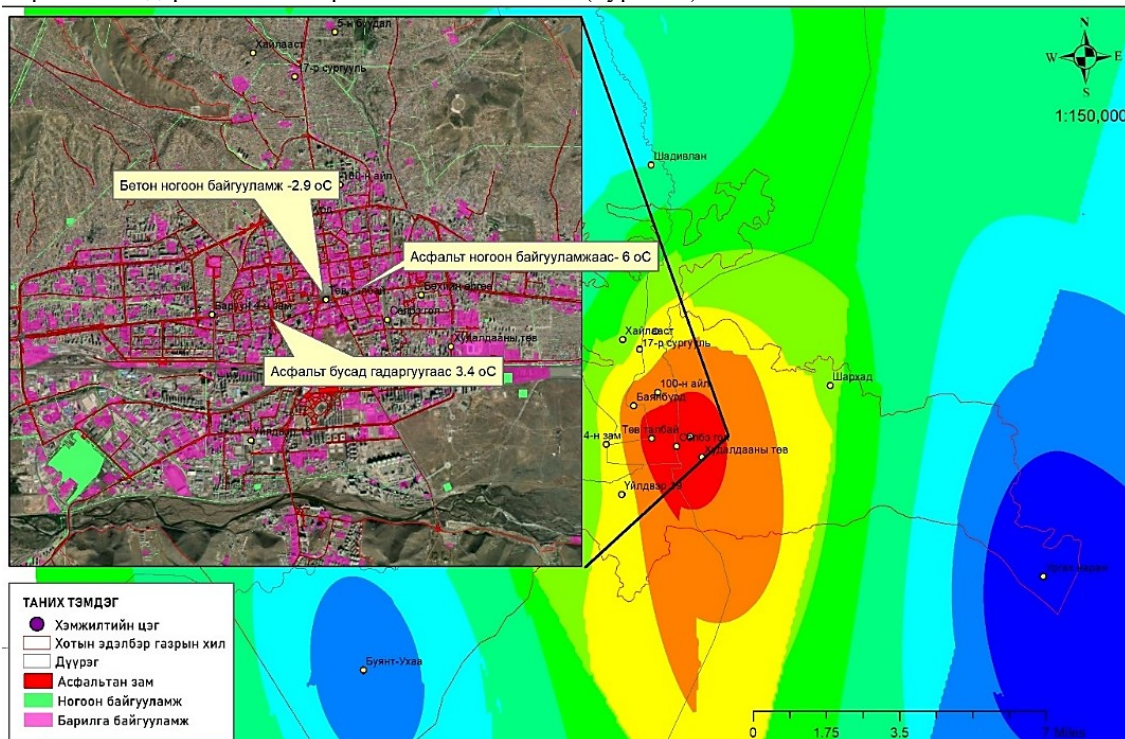




Д

Зураг 9. Янз бүрийн гадаргуугийн температурын харьцуулалт

Дээрх хэмжилтийн үр дүнг харьцуулан үзвэл асфальт, бетон, төмөр материалууд хамгийн их дулаан шингээж байгааг харьж болно. Үүнээс Улаанбаатар хотын дулын арлыг үүсгэж байгаа хамгийн түгээмэл тархсан гадаргуу нь асфальт болон бетон барилгын материалууд байгаа нь илэрхий байна. Асфальтан гадаргуу нь бусад гадаргаас дунджаар 3.4°C-ээр илүү дулаан шингээж гадаргууг халааж байгаа бол асфальтан гадаргуу нь ногоон байгууламжаас дунджаар 6°C-ээр илүү халж байна. Мөн бетон гадарга нь ногоон байгууламжаас дунджаар 2.9°C -ээр илүү, асфальтан гадаргаас 3.1°C-ээр бага халалттай байв (Зураг 10).



Зураг 10. Улаанбаатар хотын газрын гадаргын халалтын ялгаатай байдлын харьцуулалт

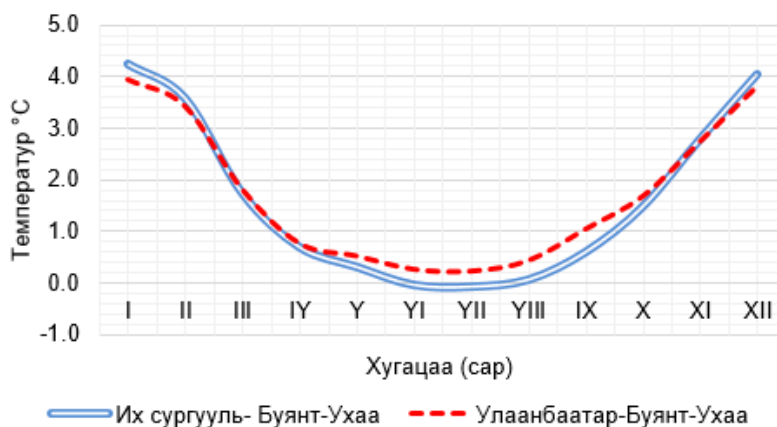
Хүснэгт 5. Хамгийн их дулаан шингээдэг материалуудын харьцуулалт

№	Материал	Бусад гадаргуугаас		
		Асфальт	Бетон	Шил
1	Тоглоомын талбайн шал	5°C	2.5°C	4.5°C
2	Бетон	3.1°C		2.6°C
3	Мод	1.8°C	0.7°C	1.25°C
4	Ногоон байгууламж	6°C	3.5°C	5.5°C
5	Нүцгэн хөрс	4°C	1.5°C	3.5°C
6	Чулуун зам	1.8°C	0.3°C	2.3°C
7	Ус	4.4°C	2.9°C	4.9°C
8	Шил	0.5°C	2°C -ээр бага	
9	Эко хавтан	4.4°C	2.9°C	4.9°C
10	Төмөр	0.3°C	0.4°C	0.7°C-ээр бага
	Дундаж	3.4°C	1.84°C	3.68°C

Хотын төвд барилгын нягтрал өндөр мөн ус нэвчүүлдэггүй гадаргуу ихэнх хэсгийг бүрхсэн байдал нь эдгээр янз бүрийн гадаргуун халалтын хэмжилтийн үр дүнгээс хотын төв хэсэгт дулааны арал хамгийн их ажиглагдах нэг шалтгаан болсон.

**Дулааны арлын эрчимжил:** Дулааны арлын эрчимжил нь хотын төв хэсгийн агаарын температур ба хотын захын агаарын температурын хоорондох утгын зөрүүг хэлнэ. Дулааны арлын эрчимжлийн хувьд өвөл хүчтэй, зун сул ажиглагддаг байна (Гантуяа, 2013). Цаг уурын Улаанбаатар, Буянт-Ухаа, Их сургуулийн станцуудын 2020 оны жилийн дундаж температурын утгыг ашиглан байгуулсан жилийн явцын муруйг доорх зургаар үзүүлэв (Зураг 11).

Дулааны арлын эрчимшил, Жилийн явц

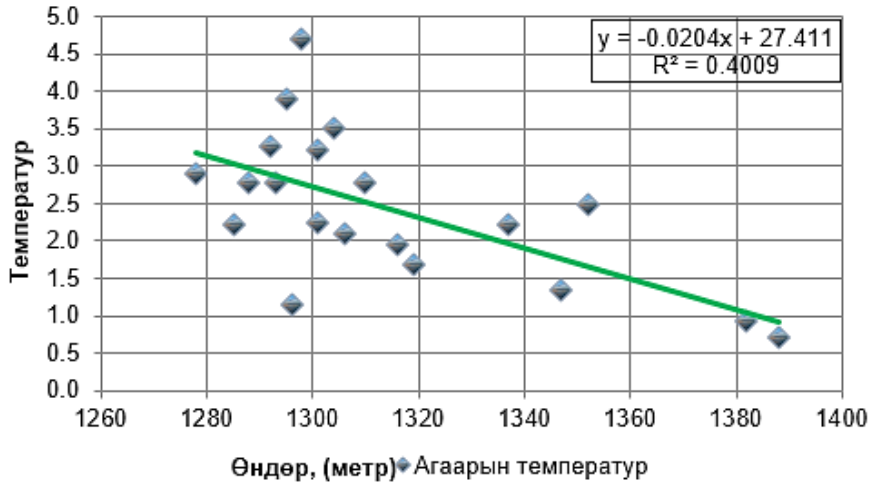


Зураг 11. Дулааны арлын эрчимжлийн жилийн явц

Дулааны арлын эрчимжил өдрөөс илүү хүйтэн шөнө, зуны улирлаас илүү өвөл ажиглагддаг зүй тогтолтой юм.

**Температурын хэвтээ тархалт:** Хэмжилтийн хийсэн цэгүүдийг д.т.д өндөртэй харьцуулан хоорондох хамаарлыг ажиглан тооцсон (Зураг 12).

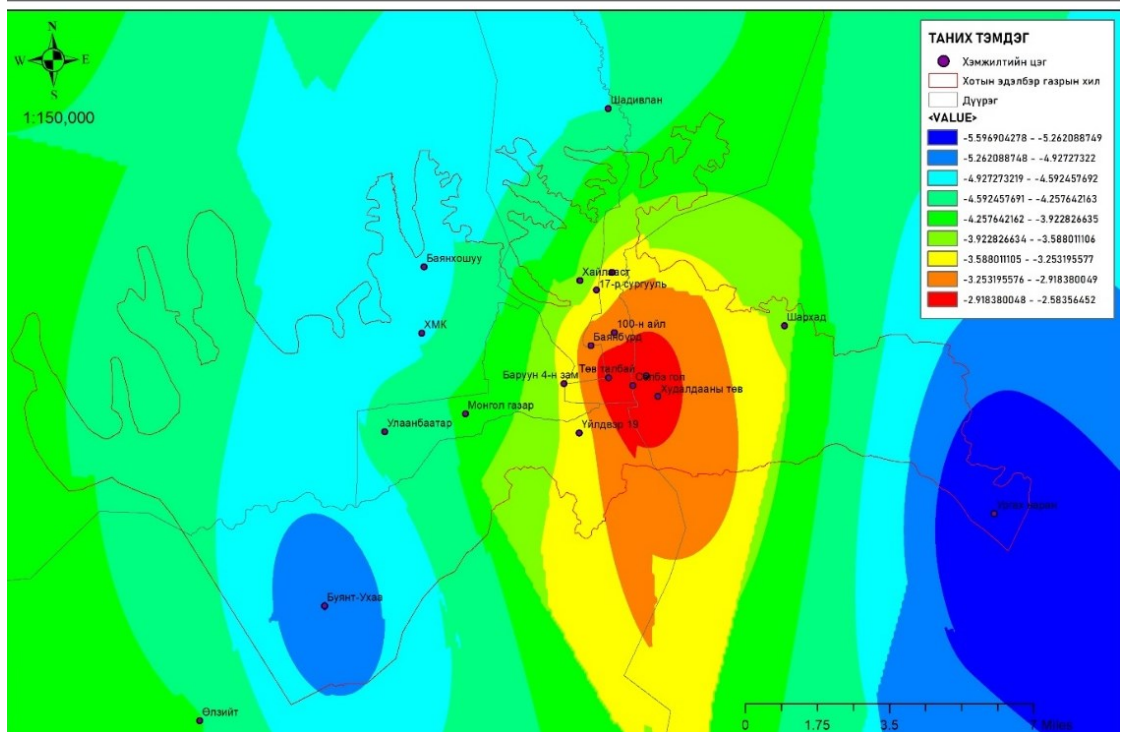
**3-р сарын дундаж температур/ өндөржилтийн хамаарал**



Зураг 12. 3-р сарын дундаж агаарын температур ба далайн төвшнөөс дээших өндрийн хамаарал  
Тооцоогоор 3-р сарын дундаж корреляцийн хамаарал 0.65,  $r^2=0.40$  байгаа нь корреляцийн хамаарлаар өндөр ихсэх тусам температур багасах зүй тогтлыг баталж байна.

Далайн түвшнээс дээш өндөр болон агаарын температурын корреляцийн хамаарлын тэгшитгэлийг ‘ArcGIS 10.8’ программ дээр ‘Raster calculator’, ‘kriging’ функцэд орон зайн тархалтын температурын утгуудаа оруулж дулааны арлын загварыг боловруулсан. 3-р сард хээрийн хэмжилтээр 1 өдрийг сонгон авч үр дүнг харуулсан (Зураг 13).

**2023 ОНЫ 3-Р САРЫН ДУНДАЖ ДУЛААНЫ ТАРХАЛТ**



Зураг 13. 3-р сарын дундаж дулааны орон зайн тархалт

Дээрх зургаас 2023 оны 3 сарын дундаж температурын мэдээгээр хамгийн нам утга  $-5.5^{\circ}\text{C}$  орчим хотын зах хэсгээр, хамгийн дулаан утга  $-2.7^{\circ}\text{C}$  орчим хотын төв хэсэгт ажиглагдсан байна. Хотын төв хэсэгтээ хамгийн их дулаан ажиглагдсан бол Буянт-Ухаа, Ургах наран орчмын температур хамгийн бага буюу хотын төвөөс алслагдах тусам температур багасах зүй тогтолтой байна.

Улаанбаатар хотыг 2040 он хүртэл хөгжүүлэх ерөнхий төлөвлөгөө, 2050 оны тодотголд тусгагдсаны дагуу 1 хүнд ногдох ногоон байгууламжийн талбайг дүүрэг тус бүрд нэмэгдүүлж нийт 91.6 м.кв болгохоор төлөвлөгдсөн байна.

Хотын дулааны арлын нөлөөллийг бууруулах болон түүний эсрэг авах арга хэмжээнүүд нь дараах байдалтай байна. Дэлхийн ихэнх хотууд уур амьсгалын өөрчлөлтийг сааруулах болон дасан зохицох арга барилаар хариу арга хэмжээ авч байна. Хүлэмжийн хийн агууламжийг бууруулахын тулд эрчим хүчний эх үүсвэрийг хэмнэлттэй ашиглахаас эхлэх бөгөөд хэмнэлтийг нэмэгдүүлэх, ногоон байгууламжийг нэмэгдүүлэх замаар нүүрстөрөгчийн шингээгчийг ихэсгэх хэрэгтэй.

Хотын ногоон байгууламжийн ач холбогдол нь:

- Үйлдвэрийн хаягдал, цахилгаан станц, автомашинаас гарч байгаа хорт хий, агаарыг бохирдуулагч элементүүдийг устгах,
- Агаарын бохирдлын 30-35%-ийг өөртөө шингээдэг ба 1 га талбай дахь мод, сөөг нь 18 сая м.куб агаарыг цэвэршүүлэх,
- Машин техникийн болон бусад дуу чимээний 26%-ийг замхруулж, тоос шороог 21-76% хүртэл өөртөө барьж хэт халалт ба хөрөлтийг 2-3 хэмээр бууруулах,
- Ургамал бүрхэвч нь орчны чийгийн 75%-ийг хөрсөнд шингээж, агаарын чийглэгийг 4-7% ихэсгэж, нарны хэт төөнөлтийг 10-15 дахин багасгадаг.

Дэлхийн томоохон хот суурин газрын нэг хүнд ногдох ногоон байгууламжийн талбайн хэмжээ дунджаар 15-18 м.кв байна. Харин Улаанбаатар хотод энэ хэмжээ 5.1 м.кв байгаа нь дэлхийн томоохон хотуудын дунджаас 3-4 дахин бага байгаа юм. Иймд нийслэл Улаанбаатар хотын ногоон байгууламжийн хэмжээг нэмэгдүүлж, иргэдийн эрүүл, ая тухтай амьдрах нөхцөлийг бүрдүүлэх, орчны бохирдлыг бууруулах хэрэгцээ шаардлага тулгарч байна.

Хотуудад дэлхийн хүн амын талаас илүү хувь нь оршин суудаг бөгөөд эрчим хүчнийхээ 75%-ийг хэрэглэж нийт хүлэмжийн хийн 80%-ийг ялгаруулдаг.

Хотын “дулааны арал”-ууд нь Антарктид тивээс бусад бүх тивд дэлхий даяар тархсан үзэгдэл (Wong et al., 2013) учраас нэгэнт дулааны арлыг нөлөөлөл ор мөргүй байхгүй болохгүй тул хүний эрүүл мэнд байгаль орчин, амьдрах орчин дахь сөрөг нөлөөллийг хот байгуулалт, хотын хөгжлийн ерөнхий төлөвлөгөөнд зайлшгүй хэрэгжүүлэх арга хэмжээ болгон тусгаж оруулах хэрэгтэй. Үүнд:

- Уур амьсгалд дасан зохицох чадвартай тогтвортой хотыг хөгжүүлэх,
- Ногоон байгууламжийн хэмжээ, талбайг нэмэгдүүлэх, барилга байгууламжийн дээврийг ногоон байгууламжаар тохижуулах,
- Барилгын материалыг байгальд ээлтэй эко материалаар бэлдэх, барих,
- Барилгын норм дүрмийн дагуу барилгажсан талбайн тодорхой хэсгийг ногоон байгууламжаар тохижуулах зэрэг болно.

### Дүгнэлт

Улаанбаатар хот жилээс жилд тэлж эрчимтэй хотжиж буй нь газрын гадаргын өөрчлөлттэй ямар хамааралтай байгаа эсэхийг судлахыг зорьсон. Тийм учраас хээрийн хэмжилт судалгааг цаг уурын автомат станцуудын мэдээтэй нэгтгэн Улаанбаатар хотын 3-р сарын бүтэн агаарын температурын мэдээллээр хотын дулааны арлын эрчимжлийг тодорхойлсон. Мөн газрын гадаргуутай ямар хамааралтай байгааг тогтоохын тулд янз бүрийн гадаргуу дээр хэмжилт хийн гадаргуун халалтыг арга зүйн дагуу тодорхой цагуудын давтамжтайгаар хийж гүйцэтгэсэн.

Хотын ялгаатай гадаргуун хэмжилт хийж үр дүнг харахад асфальт, төмөр, бетон шилэн материалууд хамгийн их халалттай байсан. Энэ хэмжилтээс асфальт гадаргууг бусад гадаргуутай харьцуулахад дунджаар  $3.4^{\circ}\text{C}$ -ээр илүү халж байгаа бол бетон гадаргуу бусад гадаргуугаас  $1.84^{\circ}\text{C}$ -ээр, шилэн гадаргуу  $3.68^{\circ}\text{C}$ -ээр илүү халж байна. Байгалийн чулуун гадарга болон ногоон байгууламжтай хэсгүүд сэрүүн бүрхэг үүлтэй үед хоорондын утга нь ойртож байна.

3-р сарын агаарын дундаж температурын боловсруулагдсан байдлаар хотын захаас хотын төв рүүгээ 2-3°C-ээр дулаарсан үзүүлэлттэй байна. Дулааны арал өвөл, хүйтэн үед илүү ажиглагддаг тул цаашид Улаанбаатар хотын дулааны арлын эрчимжлийг агаарын температурын бүтэн жилийн мэдээ ашиглан харьцуулсан судалгаа хийх боломжтой.

Улаанбаатар хотын дулааны арлын гурван хэмжээст загварчлалыг газрын гадаргуу буюу барилгажсан талбайтай харьцуулж үзэхэд хотын төв хэсэгт ус нэвчүүлдэггүй гадаргуу зонхилсон ба барилгажсан хэсэг илүү нягтрал ихтэй байгаагаас энэ хэсэгт дулааны арал ихсэж байгааг баталсан. Өдөржин халсан асфальт, бетон шил гэх мэт гадаргуу нь шөнөдөө аажмаар дулаанаа алддаг бол ногоон байгууламж хөрсөн гадаргуу нь дулаанаа хурдан шингээдэг болох нь тогтоогдсон.

### Ном зүй

1. Батжаргал, Г. (2014), *Хотжилтын агаарын температурт үзүүлэх нөлөө*. Ус цаг уурын хүрээлэн, 2014 оны бүтээлийн сан, х. 1-6
2. Ганболд, Б. (2014), Уур амьсгалд хотжилтын нөлөө. Магистрын зэрэг горилсон бүтээл, Монгол улсын их сургууль, Монгол улс.
3. ГЗБГЗЗГ. (2018), *Хот суурины газрын ногоон байгууламжийн судалгаа*. Бүс нутаг төлөвлөлтийн хэлтэс, Улаанбаатар хот.
4. ГЗБГЗЗГ. (2020), *Нийслэлийн Газар Зохион Байгуулалтын ерөнхий төлөвлөгөө*. Газар зохион байгуулалтын хэлтэс, Улаанбаатар хот.
5. Мөнхцэцэг, П. (2018), *Улаанбаатар хотын дулааны арлын судалгаа*. МУИС, Улаанбаатар хот, 7-11.
6. Хайсамбуу, Д. (2021), *Хот тосгоны төлөвлөлт, барилгажилт*, Монгол Улсын Барилгын Норм, Дүрэм, Барилга хот байгуулалтын яам, Улаанбаатар хот, 38-44.
7. Цагаан, П. Лакшми, Б. Одончимэг, И. Тунгалаг, Э. Ганбат, Ч. Есөнчулуу, Х. Золбаяр, Э. Отгон-Эрдэнэ, Х. Хулан, Ж. (2019), *Дүүргүүдийн өрсөлдөх чадварын тайлан*, Улаанбаатар хот, 10-11
8. Эрдэнэсүх С., Сандэлгэр Д., П.Мөнхцэцэг. *Улаанбаатар хотын дулааны арлын судалгаа*. МУИС, *Газарзүйн Асуудлууд*, Газарзүйн Онол Аргазүйн Сэтгүүл, №/Vol. 18(1), ISSN: 2312-8534, Улаанбаатар, 2018. Хууд 57-81.
9. Lo, C.P., and Quattrochi, D.A. (2003), *Land-Use and Land-Cover Change, Urban Heat Island Phenomenon, and Health Implications: A Remote Sensing Approach*, NASA.
10. Giannaros, T.M., and Melas, D. 2012. Study of the urban heat island in a coastal Mediterranean city: The case study of Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Research* 118: 103-120.
11. Gillani, A., and Rehman, S. (2019), *Appraisal of Urban Heat Island over Gujranwala and its Environmental Impact Assessment using Satellite Imagery (1995-2016)*, Remote Sensing group, Department of Space Science, University of Punjab, Quid-e-Azam Campus
12. Jiang, J., and Tian, G. (2010). *Analysis of the impact of Land use/ Land cover change on Land Surface Temperature with Remote Sensing*, School of Environment, Beijing Normal University. (572-573)
13. Kusaka, H. and Kimura, M. (2004). *Recent Progress on Urban Climate Study in Japan*, Center for Computational Sciences, University of Tsukuba 305-8572, Japan.
14. Yang, L., Qian, F., Song, D.S., and Zheng, K.J. (2016), *Research on Urban Heat –Island Effect*. *College of Architecture & Urban planning*, Tongji University 17(11)
15. Sumiya, E., Dorligjav, S., Purevtseren, M., Gombodorj, G., Byamba-Ochir, M., Dugerjav, O., Sugar, M., Batsuuri, B., and Tsegmid, B., (2023). *Climate Patterns Affecting Cold Season Air Pollution of Ulaanbaatar City, Mongolia*. *Climate* 11, 4.
16. Stewart, D. and Oke, T.R. 2012. *Local climate zones for urban temperature studies*. *Bulletin of the American Meteorological Society* 93(12): 1879-1900.
17. Voogt, J. (2014), *How researchers measure urban heat islands*, University of Western Ontario.
18. Wong, K. V., Paddon, A., and Jimenez, A. (2013). "Review of World Urban Heat Islands: Many Linked to Increased Mortality." *ASME. J. Energy Resource Technology*.135(2): 022101.