



ОРЧНЫ БОХИРДЛЫГ БУУРУУЛАХ
ҮНДЭСНИЙ ХОРОО



Цаг уур, орчны шинжилгээний газар
Засгийн газрын хэрэгжүүлэгч агентлаг



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

Umwelt
Bundesamt

“Улаанбаатар хотын агаарын чанарын хяналтын
төлөвлөлт, мониторингийн цаашдын хөгжил”-
д зориулсан зөвлөмж



Lohmeyer Consulting
Engineers GmbH & Co. KG
Air Quality, Climate, Olfactometry,
Aerodynamics, Environmental Software



University of Stuttgart
Institute of Combustion and
Power Plant Technology



Холбооны Бүгд Найрамдах Герман Улс (ХБНГУ)-ын Байгаль орчин
хамгаалал болон Цөмийн аюулгүй байдлын яамны

Зөвлөх Тусламжийн Хөтөлбөр (ЗТХ)

Төслийн дугаар: 85917

Төслийн нэр: Улаанбаатар хотын агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлт,
мониторингийн цаашдын хөгжилд зориулсан зөвлөмж (Монгол улс)

Хэрэгжих хугацаа: 2017 оны 10 сар – 2019 оны 11 сар

Улаанбаатар хотын агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлт, мониторингийн цаашдын хөгжилд зориулсан зөвлөмж (Монгол улс)

Lohmeyer GmbH & Co. KG
Мохрен гудамж 14, 01445 Радабеул

дипломын инженер Хэлмут Лорентз, цаг уурч Волфганг Ж. Мюллер

Проф. доктор Гүнтэр Баумбах, доктор Улрих Вогт

M.Sc. Андреас Эйсолд (Германы Байгаль Орчны газар)

Германы Байгаль Орчны агентлагийн нэрийн өмнөөс
мэйл хаяг: aap-info@uba.de

2019 оны 9 сар

Энэхүү хэвлэмэл нь “Улаанбаатар хотын агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлт, мониторингийн цаашдын хөгжилд зориулсан зөвлөмж (Монгол улс)” төслийн үр дүн юм. Төслийг Зүүн ба Төв Европ, Кавказ ба Төв Ази болон Европын холбооны улсуудтай хөрш зэргэлдээ бусад улс орнуудын байгаль хамгаалалд зориулсан ХБНГУ-ын Байгаль Орчны Яамны Зөвлөх Түслэмжийн Хөтөлбөр (ЗТХ)-өөр санхүүжүүлэв.

Энэхүү хэвлэмэлийн агуулгыг зохиогчид хариуцна.

Нүүр хуудасны зургийг: Х. Лоренц 2019



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

Хураангуй

Германы Байгаль орчны газар нь Монгол улсын Цаг Уур, Орчны Шинжилгээний Газар (ЦУОШГ)-тай хамтран Улаанбаатар хотын агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлт, агаарын чанарын мониторингийн үйл ажиллагааг цаашид хөгжүүлэхэд чиглэсэн зөвлөх тусламжийн төсөл боловсруулав. Төслийн гол зорилго нь агаарын чанарыг сайжруулахтай, ялангуяа өвлийн улиралд үүсдэг нарийн ширхэглэгт тоосонцрын агуулгыг бууруулахтай холбоотой үндэсний болон хотын хэмжээнд хэрэгжүүлж байгаа үйл ажиллагаануудыг дэмжих, зөвлөгөө өгөх юм.

Агаарын чанарын сүлжээ болон одоогийн байгаа ялгарлын эх үүсвэрүүдийн бүртгэл мэдээлэлд суурилсан агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлт нь ялгарлыг бууруулах олон төрлийн багц арга хэмжээнүүдийг хэрэгжүүлэх боломжийг хангадаг. Энэ төсөл нь ялгарлын эх үүсвэр болон орон зайн хувьд агаарын бохирдлыг бууруулахад нэн шаардлагатай зэрэглэл төлөвлөлтийг бууруулах арга хэмжээг төлөвлөхөд агаарын чанарын хяналт, хяналтын төлөвлөлийг сайжруулахад чиглэнэ.

Энэ зорилгын хүрээнд үндэсний ба хотын хэмжээний холбогдох байгууллагуудын мэргэжилтнүүдэд одоогийн байгаа өгөгдөл, мэдээнд хийх анализ шинжилгээг сайжруулах зөвлөгөө өгсөн. Монголын мэргэжилтнүүдэд одоогийн байгаа мониторингийн хөтөлбөрүүдээс гадна агаар бохирдуулагчдын агууламжийн эх үүсвэр мөн түүнчлэн бохирдуулагчдын тархалтад цаг уурын болон агаарын урсгалын нөлөө зэргийг тооцох боломжийг олгохын тулд загварчлалын аргыг хөгжүүлсэн. Төслийн үр дүнг харгалзан үзэж цаашдын хөгжүүлэлтэд зориулсан зөвлөмж хүргэж байна.

Kurzbeschreibung

Zusammen mit der National Agency for Meteorology and Environmental Monitoring der Mongolei entwickelte das Umweltbundesamt ein Beratungshilfeprojekt zur Weiterentwicklung der Luftreinhalteplanung und des Monitorings der Luftqualität in Ulan Bator. Ziel des Projektes war es die nationalen und städtischen Anstrengungen zur Verbesserung der Luftqualität zu unterstützen, besonders hinsichtlich der winterlichen Feinstaubbelastung.

Auf der Grundlage eines gut aufgebauten Messnetzes und von Inventaren der Emissionsquellen bietet die Luftreinhalteplanung ein Set von Emissionsminderungsmaßnahmen. Das Projekt zielte darauf ab, die Fähigkeiten zum Luftqualitätsmonitoring und zur Luftreinhalteplanung in Ulan Bator zu verbessern und so die Priorisierung von Luftreinhaltemaßnahmen zu ermöglichen.

Dazu wurden Mitarbeitende der nationalen und städtischen Behörden und Einrichtungen beraten, die mit dem bestehenden Luftmessnetz erhobenen Daten zielgerichteter für die weitere Analyse aufzubereiten. Ergänzend zu bestehenden Monitoringprogrammen wurde ein Modellierungsansatz entwickelt, mit dem die mongolischen Fachleute die Anteile verschiedener Emissionsquellen an der Luftschadstoffkonzentration sowie den Einfluss von Meteorologie und Luftströmungen auf die Ausbreitung der Schadstoffe abschätzen können. Ausgehend von den Erkenntnissen des Projektes wurden Schritte zur Weiterentwicklung erarbeitet.

Агуулга

1	Улаанбаатар дахь агаарын чанарын нөхцөл байдал	9
2	“Улаанбаатар хотын агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлт, агаарын чанарын мониторингийн үйл ажиллагааны цаашдын хөгжүүлэлт” төсөлд үзүүлэх зөвлөх тусламжийн зорилтууд	11
3	“Улаанбаатар хотын агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлт, мониторингийн цаашдын хөгжил” төсөлд зөвлөх тусламжийн үзүүлсэн үр дүнгүүд.....	14
3.1	Өргөтгөсөн дата анализ.....	15
3.2	Чанарын баталгаа – Тохируулга, баталгаажуулалт	17
3.3	Нэмэлт хэмжилтүүд.....	18
	Тойм ба зорилтууд	18
	Өртөг багатай идэвхигүй дээжлэгчид болон РМ сенсоров хэрэглээ, хэрэгжилт	22
	Өртөг багатай РМ сенсоруудаар хийсэн хөдөлгөөнт хэмжилтүүд.....	23
	Нэмэлт хэмжилтүүдээс хүрсэн үр дүн	23
3.4	Агаарын урсгалын симуляц болон агаарын бохирдуулагчдын тархалт.....	25
4	Агаарын чанарын менежментийн систем – Агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлт, мониторингийн цаашдын хөгжилд өгөх зөвлөмж.....	27
4.1	Агаарын чанарын мониторинг – хатуу мэдээллийн сан	27
	Чанарын баталгаажуулалт – Тохиргоо болон баталгаа	27
	Цаг уурын мэдээлэл.....	28
4.2	Агаарын чанарын хяналт – холбооны хэрэгслүүд.....	29
	Хот төлөвлөлтөнд зориулсан агаарын бохирдлын болон уур амьсгалын газрын зураг	29
	Үйл ажиллагааны төлөвлөгөөтэй хослуулсан дохиоллын систем	29
4.3	Агаарын чанарын төлөвлөгөө – Хамтын ажиллагаа	30
	Үр дүнтэй арга хэмжээнүүд.....	30
	Хот төлөвлөлтийн үйл ажиллагаанд агаарын чанарын асуудлыг хэрэгжүүлэх.....	31
5	Талархал.....	32

Зургийн жагсаалт

Зураг 1.1:	2019 оны агаарын чанарын станцуудын хэмжсэн дунджаар PM 10- ын сарын дундаж агууламжийг өмнөх онуудын тухайн үеийнхтэй харьцуулсан үзүүлэлт (10 – 4 сар хүртэл)	10
Зураг 2.1:	Агаарын чанарын нэгдсэн хяналтын менежментэд хүрэх системт арга барил, Lohmeyer 2019	12
Зураг 2.2:	Агаарын чанарын төлөвлөгөө буюу хөтөлбөрийн хэсэг байж болох бууруулах арга хэмжээнүүдийн жишээ, Lohmeyer 2019	13
Зураг 3.1:	Агаарын чанарын станцууд ба төслийн хүрээн дэх нэмэлт хэмжилтийн цэгүүдийн байршлууд (2019 онд төслийн явцад Сэлбэ гол агаарын чанарын хөндийн урсгалын судалгааны нэмэлт Z- байршлууд (ягаан)), а-НАБТГ-ын станцууд (ногоон), U-ЦУОШГ-ын станцууд (шар)	15
Зураг 3.2:	2018 оны Бохирдлын-сарнай, салхины чиглэл (%) -ээс хамаарсан PM10 агууламж (мкг/м ³)-ийн интервалын давтамжийн тоо. а4 станц (зүүн, баруун өмнөд) ба U8 станц (баруун, зүүн өмнөд)-ууд нь газрын зургийн гадна талаас дотор тар луу зөөгдсөн.	16
Зураг 3.3:	U8 станцын бохирдлын-rose, 2018 оны өдөр болон шөнийн цаг, салхины чиглэл (%) -ээс хамаарсан PM10 агууламж (мкг/м ³)-ийн интервалын давтамжийн тоо.....	17
Зураг 3.4:	ЦУОШГ-ы дээвэр дээрх PM10-ийн гравиметрийн дээжлэлтийн сургалт (Зургийг: Г. Баумбах 2019).....	18
Зураг 3.5:	“Цэцэрлэг”-Z3-ийн дээвэр дээрх хэмжилтүүд. (Зургийг: Г. Баумбах 2019).....	20
Зураг 3.6:	Хэмжилтийн цэг Z3 (Цэцэрлэг”) дээрх PM ₁₀ агууламж (мкг/м ³) (зураасаас) болон адсорбцлогдсон ПАН-ийн агууламж (нг/м ³) (баганаар) [Khulan Tsermaa, 2019]	20
Зураг 3.7:	“Дамбадаржаа” Z4, “Баянхошуу” Z7 (= а6) and “Цэцэрлэг” Z3 гурван хэмжилтийн цэгүүд дээрх Бензо[а]пирэний агууламж (нг/м ³) [Khulan Tsermaa, 2019]	21
Зураг 3.8:	Хэмжилтийн зургаан цэг дээрх ВТХ-ийн дундаж агууламж (мкг/м ³) (Khulan Tsermaa, 2019)	23
Зураг 3.9:	Дээд: Өртөг багатай сенсор ашиглан Улаанбаатар хотод PM 10 тоосонцрын хөдөлгөөнт хэмжилт хийсэн жишээ (өнгөний шугам нь тоосонцрын агууламжийн түвшинг илэрхийлнэ), Доод: нэг, хоёрдугаар график харгалзан PM10 агууламж ба машины хурд зайнаас хамаарсан хамаарал.....	24
Зураг 3.10:	МЕТЕОКАРТ GIS ашигласан хүйтэн агаарын урсгалын симуляц, Lohmeyer 2019.....	25
Зураг 3.11:	Томоохон барилгын ард байршсан U5 хяналтын станцын байршил (Зургийг: Г. Баумбах 2018)	26
Зураг 4.1:	Германы Хессайн мужийн Байгаль орчин, Геологийн Газар (HLNUG)-ын системд заасан тохируулгын стратеги, 2018.....	28

List of abbreviations

ЦУОШГ	Цаг уур, орчны шинжилгээний газар
ЗТХ	Зөвлөх тусламжийн хөтөлбөр
АЧИ	Агаарын чанарын индекс
AUSTAL2000	Германы тархалтын загвар
BaP	Бензо(а)пирен
BaPeq	Бензо(а)пирений хоруу чанарын эквивалент
БТК	Бензол, Толуол, Ксилол
БОХЗТЛ	Байгаль орчин, хэмжил зүйн төв лаборатори
GIZ	Германы олон улсын хамтын ажиллагааны агентлаг Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
HLNUG	Хессайн мужийн Байгаль орчин Геологийн агентлаг, Germany
IARC	International Agency for Research on Cancer
JICA	Японы олон улсын хамтын ажиллагааны байгууллага Japan International Cooperation Agency
KOICA	Солонгосын олон улсын хамтын ажиллагааны байгууллага Korea International Cooperation Agency
LIDAR	Гэрлийн детект
МУИС	Монгол Улсын Их Сургууль
NO₂	Азотын давхар исэл
ПАН	Полицагирагт ароматик нүүрсустөрөгчид
PM₁₀	Бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор (диаметр)< 10 мкм)
PM_{2.5}	Нарийн ширхэглэгт тоосонцор (диаметр< 2.5 мкм)
SO₂	Хүхрийн давхар исэл, мкг/м ³
УБ	Улаанбаатар

1 Улаанбаатарын агаарын чанарын нөхцөл байдал

Сүүлийн жилүүдэд Монгол улсын нийслэл Улаанбаатар хотын оршин суугчдын тоо өссөөр байгаа бөгөөд улсын нийслэлд нийт хүн амын бараг тал нь амьдарч байна. Хот тасралтгүй өсч, өргөжиж байгаагийн зэрэгцээ нэг талаас дулаан хангамж, цахилгаан, усны хэрэгцээ шаардлага нэмэгдэж, нөгөө талаас хотын бохирын систем, хатуу хог хаягдлыг зайлуулах, түүнийг зөв зохистой боловсруулах зэрэг сорилтуудтай тулгарч байна. Ялангуяа Улаанбаатар хотын эргэн тойрны уулсын энгэрээр нэмэгдэж байгаа гэр хороолол нь зөвхөн хот төлөвлөлтөд тулгарч буй асуудал биш юм. Хамгийн наад захын асуудал нь тасралтгүй нэмэгдэж байгаа тээврийн хэрэгсэл, замын түгжрэл зэрэг асуудал агаарын чанарт ноцтой асуудал үүсэхэд хувь нэмэр оруулж байгаа ба агаарын бохирдлын улмаас хүмүүсийн эрүүл мэндэд түгшүүрт харанга дэлдэж байна.

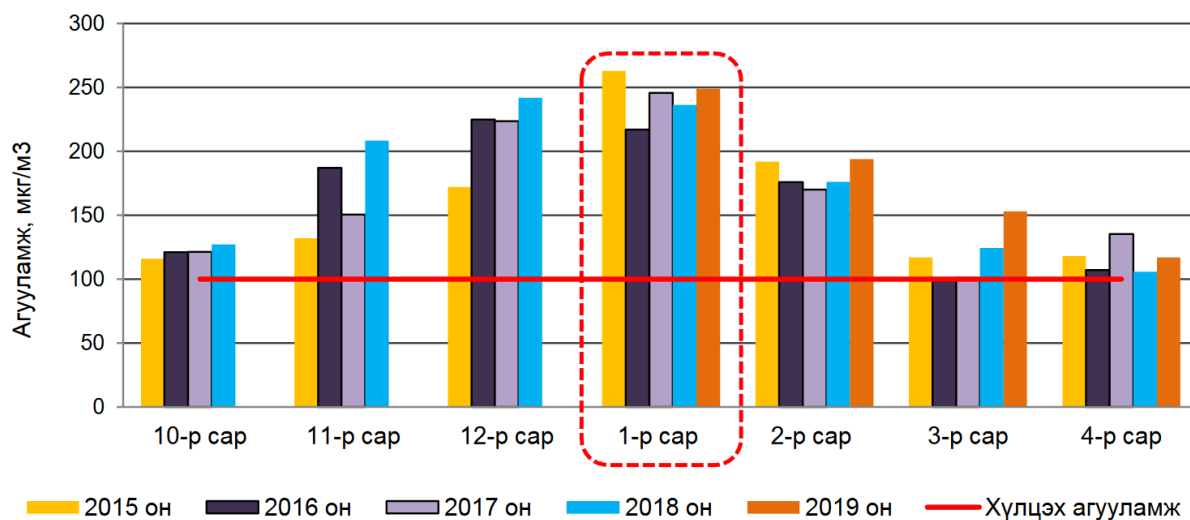
Улаанбаатар нь эрс тэс уур амьсгалтай бөгөөд зуны улирал нь дулаан, богино байдаг бол өвлийн улирал нь хүйтэн, урт байдаг. Өдөр шөнийн болон өвлийн зуны температурын ялгаа нь дэлхийд хамгийн ихэд тооцогдохоор хэмжээнд бөгөөд Улаанбаатар нь дэлхийн хамгийн хүйтэн нийслэл хот юм. Өвлийн улирлын сарын дундаж температур -25°C , өдрийн хамгийн бага температур -30°C хүрэх нь элбэг.

Тиймээс өртөг энергийн хувьд хэмнэлттэй, найдвартай дулаан хангамж нь маш чухал асуудал байдаг. Монголд түгээмэл орших нүүрсний орд, нүүрс олборлолт нь улсын эдийн засагт чухал үүргийг гүйцэтгэдэг. Тиймээс ч Улаанбаатарын дулаан, цахилгааны хэрэгцээний дийлэнх хувийг нүүрс түлдэг томоохон станцууд, гэр байшингийн зуух хангадаг. Нүүрсний шаталтаас үүдэн, ялангуяа өвлийн улиралд агаар мандал дахь температурын инверсийн үзэгдэл нь бидний “утаа” гэж ярьдаг агаар мандлын доод хэсэгт агаарын бохирдлыг эрс нэмэгдүүлдэг. Энэ нь Улаанбаатар хот дэлхийн хамгийн хүйтэн нийслэл гэгдэх шалтгаан болохоос гадна хамгийн их тоосонцруудын бохирдол энд хэмжигддэгийн шалтгаан болдог юм.

Хот төлөвлөлтийн ийм сорилтот нөхцөлд агаарын чанарын асуудал дээр олон тооны олон улсын дэмжлэг, туслалцааны ажлууд хэрэгжиж байгаагаас дурдвал::

- ▶ Нэгдсэн хотын хөгжлийн хөтөлбөр, Германы олон улсын хамтын ажиллагааны нийгэмлэг GIZ (2006-2012)
- ▶ Улаанбаатар дахь агаарын чанарын мониторинг, Германы олон улсын хамтын ажиллагааны нийгэмлэг GIZ (2008-2011)
- ▶ Агаарын мониторинг болон Эрүүл мэндэд үзүүлэх суурь нөлөө, Дэлхийн банк (2008-2009)
- ▶ Халаалтын соёлыг сайжруулснаар агаарын бохирдлыг бууруулах нь, Солонгосын олон улсын хамтын ажиллагааны агентлаг KOICA (2008-2009)
- ▶ Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлыг бууруулах хяналтын чадавхийг бэхжүүлэх төсөл, Японы олон улсын хамтын ажиллагааны агентлаг JICA (Үе шат 1: 2010-2011, Үе шат 2: 2012-2017, Үе шат 3: 2018-2020)
- ▶ Монголын агаарын бохирдол: Цаашдын үйл ажиллагааны боломжууд, Нэгдсэн Үндэсний Байгууллагын хөгжлийн хөтөлбөр UNDP (2019)

Тэгсэн ч өвлийн улиралд Улаанбаатар хотын агаар дахь бохирдуулагчдын агууламж хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөөгүй байх утгаас их байгаа нь Зураг 1.1-ээс харагдаж байна. Харамсалтай нь эх үүсвэрийн тусгай ялгарлын факторуудыг сайжруулаа ч шаталт, замын хөдөлгөөн тасралтгүй давж нэмэгдсээр байна. Эцэст нь ялгарлыг бууруулах үр ашигтай арга хэмжээнүүдийг яаралтай хэрэгжүүлэх шаардлагатай. Хот төлөвлөлт болон хөгжлийн үе шатанд хамаатай агаарын чанарын менежментийн нэгдсэн үйл ажиллагаа нь хамгийн хэрэгцээтэй ажил болох нь харагдаж байна.



Зураг 2. Хүйтний улирлын PM10 тоосонцрын сарын дундаж агууламж, 2015-2019 он

Зураг 1.1: 2019 оны агаарын чанарын станцуудын хэмжсэн дунджаар PM10-ын сарын дундаж агууламжийг өмнөх онуудын тухайн үеийнхтэй харьцуулсан үзүүлэлт (10 – 4 сар хүртэл)¹

¹ Эх сурвалж: [http://agaar.mn/files/article/738/UB%20hotiin%20hvitnii%20ulirliin%202015-2019.%201-4.%2010-12-r%20sar%20\(all\).pdf](http://agaar.mn/files/article/738/UB%20hotiin%20hvitnii%20ulirliin%202015-2019.%201-4.%2010-12-r%20sar%20(all).pdf), хандалт: 16/09/2019

2 “Улаанбаатар хотын агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлт, агаарын чанарын мониторингийн үйл ажиллагааны цаашдын хөгжүүлэлт” төсөлд үзүүлэх зөвлөх тусламжийн зорилтууд

Зөвлөх тусламжийн төслийн ерөнхий зорилго нь Улаанбаатарын агаарын чанарыг сайжруулахад ялангуяа өвлийн улирал дахь нарийн ширхэглэгт тоосонцрын бохирдлыг бууруулахад үндэсний болон хотын зүгээс авч байгаа арга хэмжээнүүдийг дэмжихэд чиглэнэ. Агаарын чанарын хэмжилтийн сүлжээ ба одоогийн байгаа ялгарлын эх үүсвэрүүдийн бүртгэл дээр суурилсан агаарын чанарын төлөвлөлт нь олон төрлийн бууруулах арга хэмжээнүүдийг хэрэгжүүлэх боломжийг хангаж байна. Улаанбаатарын хөгжлийг тодорхойлдог улс төр, эдийн засаг, нийтийн ашиг сонирхлын бусад салбаруудаас гадна агаарын бохирдол нь төрийн хөтөлбөрийн хэлэлцэх асуудлын тэргүүн эгнээнд багтдаг.

Энэ төсөл нь ялгарлын эх үүсвэр болон орон зайн хувьд агаарын бохирдлыг бууруулахад нэн шаардлагатай зэрэглэл тогтоож бууруулах арга хэмжээг төлөвлөхөд агаарын чанарын хяналт, хяналтын төлөвлөлийг сайжруулахад чиглэнэ. Бусад орнуудад өмнөх туршилтаар батлагдсан агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлтийн батлагдсан алхмуудыг (Зураг 2.1) Улаанбаатар хотын өвөрмөц нөхцөлд тохируулж суурилуулах хэрэгтэй. Энэхүү ажлын схем нь тодорхой газар нутгийн хэмжилт, тоон загварчлалд суурилсан үнэлгээгээр эхэлж байгаа бөгөөд Агаарын Чанарын нэгдсэн Төлөвлөлт буюу Хөтөлбөрийг бий болгох бууруулах арга хэмжээг тодорхойлоход чиглэсэн байна.

Ажлын схемд тусгагдсан бүхий л алхамд олон нийтийн өргөн мэдээлэл, оролцоо чухал. Улаанбаатар хотын цэвэр агаарын бодлогын үйл ажиллагааны цар хүрээнд зөвхөн уур амьсгал, цаг агаарын нөхцлийг тодорхойлох бус өсөн нэмэгдэж буй хот, хүн амын хэрэгцээг тодорхойлох нь ч мөн чухал. Агаарын чанарын салбар дахь шинжлэх ухааны үр дүн, ололт, дүгнэлтийг үндэсний болон хотын бодлогод хэрэгжүүлэх, тэдгээрийн харилцан үйлчлэлийг сайжруулах, агаарын чанарын төлөвлөлт, мониторингийн цаашдын хөгжлийн гол цэгүүдийг тодорхойлохын тулд эхний нөхцөл байдлыг маш нарийн шинжилж үзэх шаардлагатай байна. Арга хэмжээний үр нөлөөг ажлын схемд дурьдсанаар давталтын үнэлгээгээр дахин шалгах хэрэгтэй.

Дээр дурьдагдсан төслүүдээс гарсан үр дүн мөн түүнчлэн Улаанбаатартай ижил төстэй газарзүйн нөхцөл байдалтай дэлхийн бусад улс орнуудын туршлагаас харахад ялгарлыг бууруулах арга хэмжээнүүдэд зэрэглэл тогтоон сонгохыг чиглэлээ болгох боломжтой гэж үзэж байна. Суурин эх үүсвэрүүд, замын хөдөлгөөний сүлжээ, тэдгээрийн зохицуулалт болон сайжруулсан түлш, хот төлөвлөлт гэх зэрэг бусад арга хэмжээнүүдийг багтаасан агаарын бохирдлыг бууруулах арга хэмжээнүүдийн жишээнүүдийг бүхий л оролцогч талууд, олон нийт болон шийдвэр гаргагчидтай хамтран хэлэлцэх шаардлагатай (Зураг 2.2-г үз).

Агаар бохирдуулагчдын талаас илүү хэт өндөр агууламжийг үүсгэж байгаа Улаанбаатар хотын захын болон төвийн дүүргүүдээс гарах ялгарал байгаа бол энэ нөхцлийг цаашид сайжруулахад агаарын чанарын ямар хэмжилт, загварчлалын сайжруулалт, хөгжүүлэлт хийж болох вэ гэдэг нь төслийн гол асуултууд юм.



Зураг 2.1: Агаарын чанарын нэгдсэн хяналтын менежментэд хүрэх системт арга барил, Lohmeyer 2019

Германы цэвэр агаарын мэргэжилтнүүдийн багийн гол даалгавар нь энэ асуултуудад хариулт олохын тулд агаарын чанарын мониторингийг цаашид хөгжүүлэх хүрээнд холбогдох үндэсний болон хотын захиргаа, байгууллагууд (голдуу Улаанбаатарт ялангуяа Цаг уур, орчны шинжилгээний газар, ЦУОШГ болон Нийслэлийн агаарын бохирдолтой тэмцэх газар, НАБТГ)-ын мэргэжилтнүүдэд агаар бохирдуулагчдын орон зайн болон цаг хугацааны тархалтыг тодорхойлох, хянахад нь аргазүйн дэмжлэг үзүүлэх явдал байсан. Агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлтийн цаашдын хөгжилд бууруулах арга хэмжээнүүдийг эрэмбэлэхэд тулгуур болох аргачлалд (Зураг 2.2-г үз):

- ▶ Статистик программын “R” системийг ашиглан агаарын чанарын хэмжилтийн болон цаг уурын элементүүдийн хугацаан цуваанд дүн шинжилгээ хийх
- ▶ Улаанбаатарын одоогийн байгаа агаарын чанарын хэмжилтийн сүлжээ, дата менежментийг оновчтой болгох
- ▶ Цаг уур болон агаарын чанарын нэмэлт хэмжилтүүд

- ▶ МЕТЕОКАРТ GIS² -г хэрэглэн цаг уурын нөхцөл (хүйтэн агаарын урсгал)-ийг загварчлах
- ▶ Эх үүсвэрийн ялгарлын тоо бүртгэлд анализ хийх
- ▶ Бүс нутгийн тархалтын загвар AUSTAL2000 (Германы Байгаль орчны агентлаг хөгжүүлсэн³)-г ашиглан агаар бохирдуулагчдын болон агууламжийн тархалтыг загварчлах зэрэг орж байна.



Зураг 2.2: Агаарын чанарын төлөвлөгөө буюу хөтөлбөрийн хэсэг байж болох бууруулах арга хэмжээнүүдийн жишээ, Lohmeyer 2019

² more information: <http://www.lohmeyer.de/en/content/research-development/software-development/meteokart-gis>

³ <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/air/air-quality-control-in-europe>

3 “Улаанбаатар хотын агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлт, мониторингийн цаашдын хөгжил” төсөлд зөвлөх тусламжийн үзүүлсэн үр дүнгүүд

Улаанбаатарт хотод болон түүний эргэн тойронд агаарын чанарын хэмжилтийн сүлжээ нь ЦУОШГ болон НАБТГ-ын дор ажилладаг. Хэмжилтийн датануудыг цуглуулж, онлайнаар түгээдэг (<http://www.agaar.mn>) ба үүнээс гадна өөр хэд хэдэн байгууллага хэмжилтийн харуулуудыг ажиллуулж байна.

Станц бүр дэх хугацааны цуврал хэмжилтүүдийн найдвартай байдал, станцууд болон олон улсын хэмжилтүүд хоорондын харьцуулагдах чадварыг хангахын тулд маш олон тогтвортой, байнгын давтамжтай ажлуудыг хийх шаардлагатай байна. Хэмжих багажуудад тогтмол тохируулга хийх зайлшгүй шаардлагатай бөгөөд энэ нь тохируулгын хийнүүд, багажны шаардлагатай хэсгүүдийг солих зэргээр үргэлж санхүүжилт шаардагдана. Тиймээс Байгаль орчин хэмжил зүйн төв лаборатори (БОХЗТЛ) нь хэмжилтийн станцуудын сүлжээний хүрээнд хийгдэх хэмжилтүүдийн чанарын баталгааг хариуцдаг нэгж юм.

Түүнчлэн бууруулах боломжит арга хэмжээг тодорхойлох, янз бүрийн бууруулах арга хэмжээнүүдийн нөлөөлөл, агаарын бохирдлыг бууруулахад өмнө авч хэрэгжүүлсэн ажлын нөлөөллийн шинжилгээ хийхэд хэмжилтийн найдвартай, тасралтгүй цуваа зайлшгүй шаардлагатай.

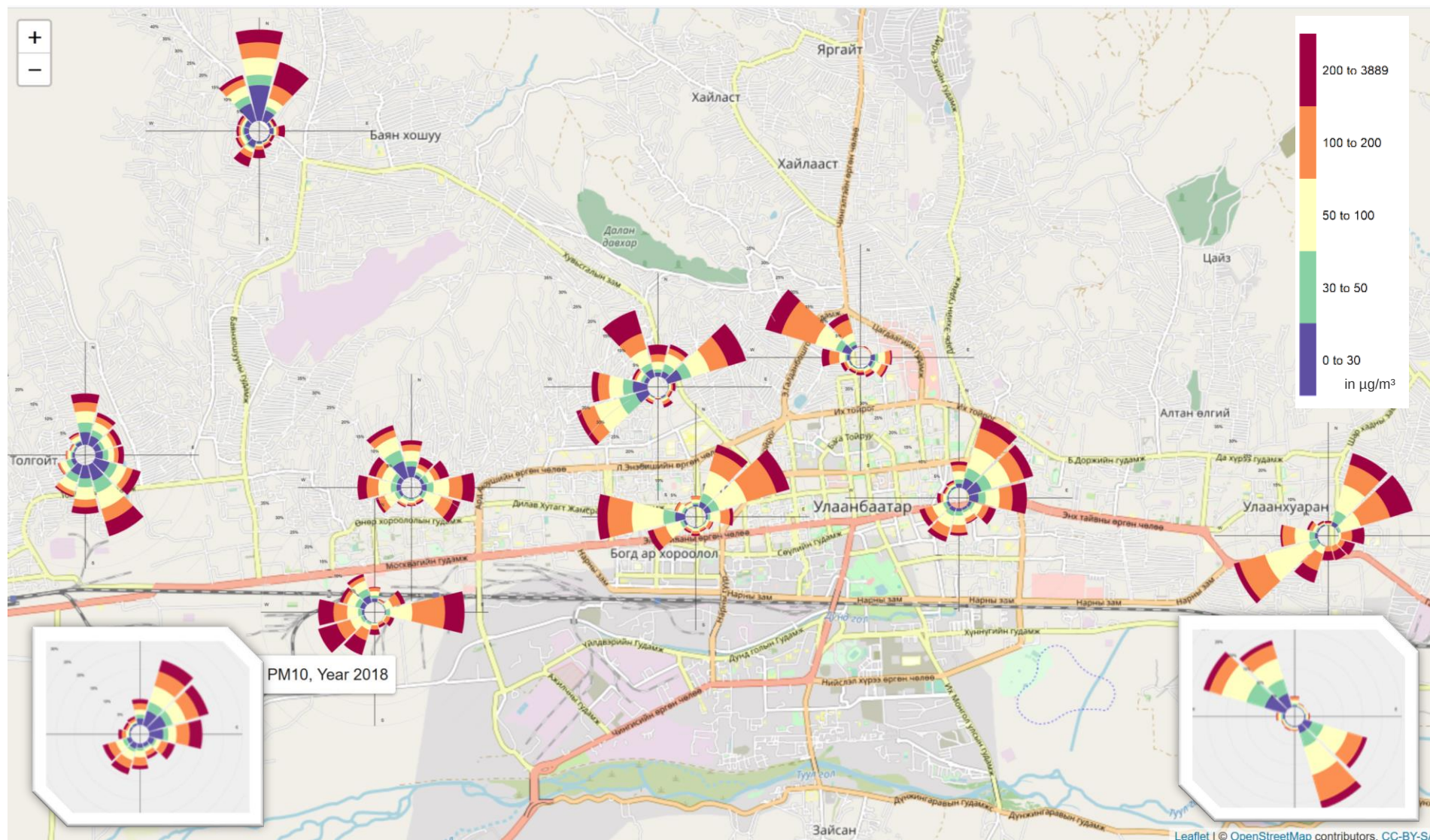
Энэ төслийн хүрээнд гурван сэдвийг хөндсөн:

- ▶ Хэмжилт, хэмжилтийн станцуудын сүлжээ, дата менежментийн чанарын баталгаа
- ▶ Үзэл баримтлалын загвар, төлөвлөлт, богино хугацааны нэмэлт хэмжилт
- ▶ Онцгой их утаатай үеүүдийн агаарын урсгал болон бохирдуулагчдын тархалтыг загварчлах

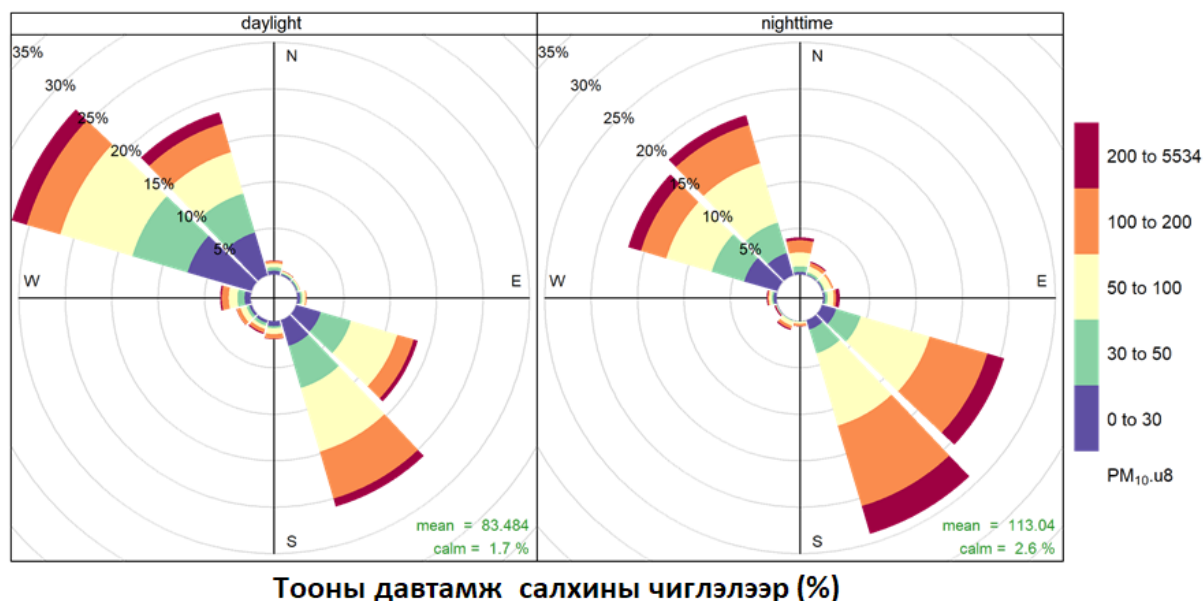
Өвлийн улиралд хотын төв рүү их хэмжээний бохирдлыг зөөдөг цаг уурын өвөрмөц нөхцөл тогтмол үүсдэг. Агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлтийг дэмжих ажлын хүрээнд цаг агаарын нөхцөл бүрдсэн үеийн агаар бохирдуулагчдын тархалт, эх үүсвэр дээр шинжлэх ухааны үүднээс нарийвчилсан шинжилгээ хийх зэргээр өмнө дурдсан байгууллагуудын мэргэжилтнүүдийг сургалтад хамруулж, ур чадварыг дээшлүүлсэн. Гэсэн хэдий ч эдгээр сургалтууд, харилцан яриа, хэмжигдсэн датаны дүн шинжилгээ болон тархалтын загварчлалд хэрэглэгдэх ялгарлын дата зэргээс хэд хэдэн асуудал байгааг олж харсан юм. Багаж, тоног төхөөрөмж, хэмжилт болон тархалтын загварчлалд зориулсан үйлдлийн системүүдэд цаашдын санхүүжилт шаардлагатай байгааг мөн цаг уурын хүчин зүйлүүд, ялгарлын эх үүсвэрүүд болон ялгарлыг бууруулах арга хэмжээний үр ашиг дээр цаашдын нарийвчилсан судалгаа шаардлагатай байгаа нь харагдлаа.

Улаанбаатар нь уулсаар хүрээлэгдсэн ба хотын оршин суугчдын нилээд хэсэг нь хотын хойд хэсэгт голын хөндий, уулын энгэрээр гэр хорооллын бүсэд тархан суурьшсан байдаг. Одоогийн байгаа агаарын чанар, цаг уурын хэмжилтүүдийн цэгүүд болон тус төслийн хүрээнд хийгдсэн нэмэлт хэмжилтийн цэгүүдийн байршлыг Зураг 3.1-д үзүүлэв.

Улаанбаатарт орон нутгийн ялангуяа ерөнхийдөө хойноос урд зүгт чиглэсэн уул-хөндийн салхины систем агаарын урсгал давамгайлж орон нутгийн ялгарлын зөөгдөл энэ системээр тодорхойлогддог. Энэ төслийн хүрээнд хийгдсэн агаарын чанарын, цаг уурын нэмэлт хэмжилтүүдийн цэгүүд (Z-байршлууд) нь голдуу Сэлбэ голын хөндийд байрласан. Энэ хэсэг газрыг мөн агаарын урсгалын загварчлалд мөн авч үзсэн.



Зураг 3.2: 2018 оны Бохирдлын-сарнай, салхины чиглэл (%) -ээс хамаарсан PM10 агууламж ($\text{мкг}/\text{м}^3$)-ийн интервалын давтамжийн тоо. а4 станц (зүүн, баруун өмнөд) ба U8 станц (баруун, зүүн өмнөд)-ууд нь газрын зургийн гадна талаас дотор тал руу зөөгдсөн.



Зураг 3.3: U8 станцын бохирдлын-rose, 2018 оны өдөр болон шөнийн цаг, салхины чиглэл (%) -ээс хамаарсан PM₁₀ агууламж (мкг/м³)-ийн интервалын давтамжийн тоо

Агаарын чанарын мониторингийн станцуудын эргэн тойронд ялгарлын эх үүсвэрүүд агаарын урсгалаар тархан нөлөөлж болох эсэхийг харгалзан үзэж, тэдгээрийн байршлыг маш нарийн шалгах шаардлагатай байна. Нэмж дурьдахад, концентрацийн босоо тархалт нь температурын инверсийн үзэгдлээс хамаардаг учраас өндөрлөг газруудад бохирдлын мэдээлэл шаардлагатай юм. Өөрөөр хэлбэл бохирдуулагчийн агууламжийн босоо тархалт нь температурын инверс байгаа эсэхийг тодруулж өгдөг. Мөн нарийн ширхэглэгт тоосонцроос гадна Улаанбаатар хотын дотор азотын давхар исэл (NO₂)-ийн их агууламжийг хэмжсэн.

Сургалтуудын нэг чухал хэсэг нь өгөгдлийн боловсруулалт хийх найдвартай байдлыг хангахад агаарын чанарын станцуудын түүхий дата (жилд 1.5 сая нэгжээс дээш тооны)-ны найдвартай байдлыг шалгах оновчтой хурдан аргыг танилцуулж нэвтрүүлэх байв.

3.2 Чанарын баталгаа – Тохируулга, баталгаажуулалт

Агаарын чанарын мониторингийн бүх датаг шалгах нь тохируулгын янз бүрийн түвшин, дэлхийн хэмжээний химийн стандарт журмуудтай харьцуулахад суурилдаг. Ерөнхийдөө БОХЗТЛ нь мониторингийн станцуудын багажны тохируулгыг сар тутам хийдэг ба багажны зарим хэсгийг засах буюу сольсны дараагаар тохируулгыг хийдэг. Газ анализаторууд нь автомат тэг функцтэй байдаг бөгөөд өдөр бүр шөнийн турш ажилладаг. Шаардлагатай багаж, төхөөрөмж бүхий лавлагаа лаборатори байгаа ч үүнийг ажиллуулахын тулд баталгаажсан стандарт туршилтын хийнүүд мөн дамжуулах стандартаар ашиглах зөөврийн шингэрүүлэх эсвэл нэвчүүлэх системүүд шаардлагатай байна.

Нарийн ширхэглэгт тоосонцрын хяналтыг тоосонцрын гравиметрийн лавлагаа аргатай харьцуулж чанарын баталгааг хийх хэрэгтэй. Дөрвөн жилийн өмнө Японы олон улсын хамтын ажиллагааны агентлаг (JICA)-аас РМ анализаторуудыг гравиметрийн лавлагаа хэмжилтүүдтэй харьцуулан хийсэн байсан. Энэ төслийн сургалтын хөтөлбөрийн үеэр гурван шинэ өртөг багатай РМ дээжлэгчийг дөрвөн гравиметрийн РМ10 дээжлэгч (партисол)-тэй харьцуулах хэмжилтийг ЦУОШГ-ын дээвэр дээр явуулсан. Зураг 3.4 -д гурван өртөг багатай РМ дээжлэгч (партисол дээж авагчдийн дээр байрласан байна)- ийн тохируулгад гурван (нийт дөрвөөс) гравиметрийн партисол дээжлэгч ашиглаж буй сургалтын явцыг харуулсан байна. Мөн дөрвөн

партисол дээжлэгч хоорондын тоосонцор дээжлэх хазайлтыг тодорхойлохын тулд энэ зэрэгцээ хэмжилтийг явуулсан.



Зураг 3.4: ЦУОШГ-ын дээвэр дээрх PM10-ийн гравиметрийн дээжлэлтийн сургалт (Зургийг: Г. Баумбах 2019)

3.3 Нэмэлт хэмжилтүүд

Тойм ба зорилтууд

Төслийн нэг хэсэг болох нэмэлт хэмжилтүүд дээрх сургалт нь дараах зорилтуудтай байсан. Үүнд:

- ▶ Бохирдуулагчдын орон зайн тархалтын талаар илүү мэдээллийг олж авах, ялангуяа маш олон хүмүүс амьдардаг хэдий ч автомат мониторингийн станцууд байдаггүй гэр хорооллын бүсүүдийн агаарын чанарын мэдээлэл
- ▶ Олон цэгүүдэд тараагдаж, хэрэглэгдэг тодорхой тооны өртөг багатай идэвхигүй дээжлэгч нар болон өртөг багатай РМ сенсорүүдийн тусламжтайгаар яаж шаардлагатай мэдээллийг олж авахыг үзүүлэх (мөн цаашид автомат мониторингийн станцуудыг суурилуулах боломжит бохирдлын гол цэгүүдийг олох зорилготой байсан).
- ▶ Агаарын нарийн ширхэгт тоосонцор (PM10, PM2.5)-т адсорбцлогдсон хорт хавдар үүсгэгч олон цагирагт үнэрт нүүрсустөрөгчид (өөрөөр полиароматик нүүрсустөрөгчид, ПАН) зэрэг эрүүл мэндэд ноцтой хортой нөлөөтэй ч хараахан хэмжигдээгүй байгаа бодисуудын талаархи мэдээллийг олж авах
- ▶ Агаар бохирдуулагчид, температурын инверсийн давхаргуудын төлөв байдал болон бохирдуулагчдыг Сэлбэ голын хөндийгөөр хотын төв хэсэг рүү зөөвөрлөх хүйтэн агаарын урсгалын хоорондын харилцан үйлчлэлийг олж мэдэх (хэмжилтүүдэд тулгуурлан загварчлах).

Нэмэлт хэмжилтүүдийг явуулснаар гарч болох боломжуудыг харуулах үүднээс гэрийн халаалтаас үүсэх агаарын бохирдлыг судлах эрчимжүүлсэн сургалтуудыг ЦУОШГ, БОХЗТЛ болон Монгол Улсын Их Сургууль (МУИС)-тай хамтран зохион байгуулсан. Эхлээд

мониторингийн кампанит ажлын стратегийг боловсруулж, Сэлбэ голын хөндийг гол судлах хэсэг болгож сонгосон. Тогтвортой налуу бүхий хөндийн бүтэц, шигүү суурьшсан хүн амын нягтрал нь нэмэлт химийн параметруудийг багтаасан жишиг судалгааны загвар боловсруулахад тохиромжтой байсан.

Сургалтыг дараах сэдвүүдийн хүрээнд зохион байгуулсан. Үүнд:

- ▶ РМ10 гравиметрийн багажийг (байгаа Партисол багажуудыг ашигласан) ажиллагаанд оруулж, цаашдын ПАН-ийн шинжилгээнд зориулж хэд хэдэн цэгт дээжлэлтийг явуулсан.
- ▶ ПАН-ийн лабораторын шинжилгээг Монголын Шинжлэх Ухааны академийн Хими, Хими технологийн хүрээлэнтэй хамтран гүйцэтгэсэн.
- ▶ Өртөг багатай РМ дээжлэгч багажуудыг нарийн ширхэглэгт тоосонцрын хөдөлгөөнт хэмжилтүүдэд зориулж тохируулга хийн, хэрэгжүүлсэн.
- ▶ SO₂, NO₂ and БТК (Бензол, Толуол, Ксилолууд)-ийн идэвхигүй дээжлэгчдийг олон цэгт тараан байршуулж, дээжүүдийг лабораторид шинжилсэн.
- ▶ Бохирдлын ачааллыг хотын бусад хэсгүүд рүү зөөж байгаа шөнийн хүйтэн агаарын урсгалыг тодорхойлохын тулд сонгосон цэгүүдэд одоо байгаа нэг болон шинэ нэг нийт хоёр ултрасоник салхины сенсоруудыг байршуулж, хэмжилтийг явуулсан.
- ▶ Температурыг автоматаар бичиж авдаг сенсоруудыг Сэлбэ голын хөндийн ёроолоос эхлэн налуу дагуу хэд хэдэн өндөрт мөн хөндийтэй зэрэгцээ уулын орой дээр байршуулж, хэмжилтийг хэрэгжүүлсэн. Эдгээр мониторингийн цэгүүд дэх босоо тархалт нь температурын инверсийн нөлөөгөөр үүссэн давхаргажилтын нөлөөг маш нарийн тодорхойлох хамгийн эхний алхам юм (Зураг 3.1 дэх Z3, Z12, Z10, Z14 цэгүүд).
- ▶ Монголын үндэсний олон нийтийн радио телевизийн цамхаг дээрх бохирдуулагчдын болон температурын босоо хэмжилтүүд зэрэг ажлууд байв.

РМ10 болон Олон цагирагт үнэрт нүүрсустөрөгчид -ПАН

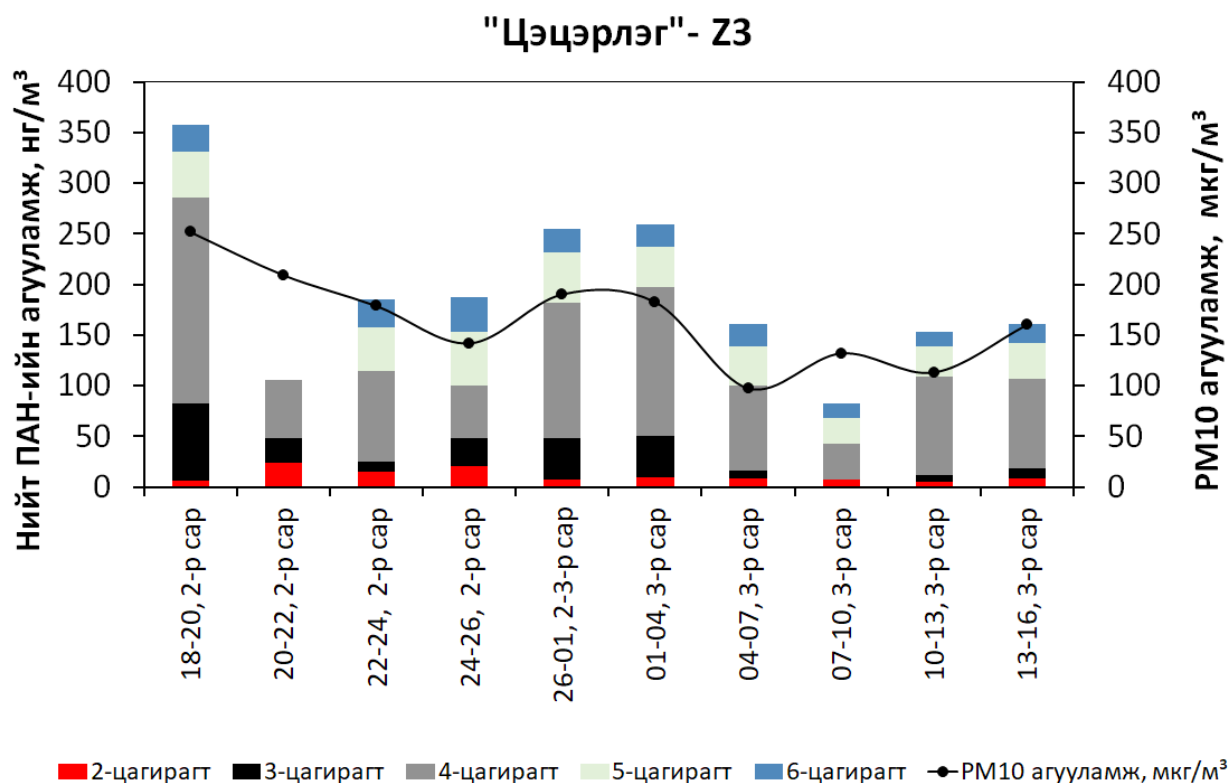
ПАН-ийн шинжилгээнд зориулж РМ₁₀ дээжүүдийг “Цэцэрлэг (5 буудал 248-р цэцэрлэг)” – Z3, “Дамбадаржаа (ШУТИС-ын зуухны туршилтын лаборатори)”- Z4 болон “Баянхошуу”- Z7 (агаарын чанарын станц =а6, Зураг 3.1-г үз) гэсэн гурван цэгт авсан. Энд жишээ болгож хэмжилтийн цэг Z3-аас гарсан үр дүнгүүдийг харуулж байна. Зураг 3.5-д Партисол РМ 10 дээжлэгч нь хоёр өртөг багатай РМ дээжлэгчтэй цуг “Цэцэрлэг”-ийн дээвэр дээр байршуулсан байгааг үзүүлж байна.

Зураг 3.6-д 10 удаагийн дээжлэлтийн РМ10 – ийн агууламжийг харуулжээ (зураасаар). Цуглуулсан РМ10-ийн дээжинд шинжилгээ хийж, тоосонцорт адсорбцлогдсон ПАН-ийн агууламжийг тодорхойлогдсон өөр, өөр ПАН-ийн нийлбэр агууламжаар илэрхийлжээ (багана график). Дээжлэлтийг филтэрт ПАН шинжлэхэд хангалттай байхаар агаарын тоосонцрыг хоёроос дээш өдрөөр цуглуулж авсан.

Эндээс хэмжилтийн ихэнх үед ПАН-ийн агууламж нь РМ10 тоосонцрын концентрацитай хамааралтай байгааг харж болно. Энэ нь энэ цэг дээр РМ₁₀ их агууламж нь тухайн үед ПАН-ийн агууламж ихсэж байгааг илэрхийлж байна.



Зураг 3.5: “Цэцэрлэг”-Z3-ийн дээвэр дээрх хэмжилтүүд. (Зургийг: Г. Баумбах 2019)

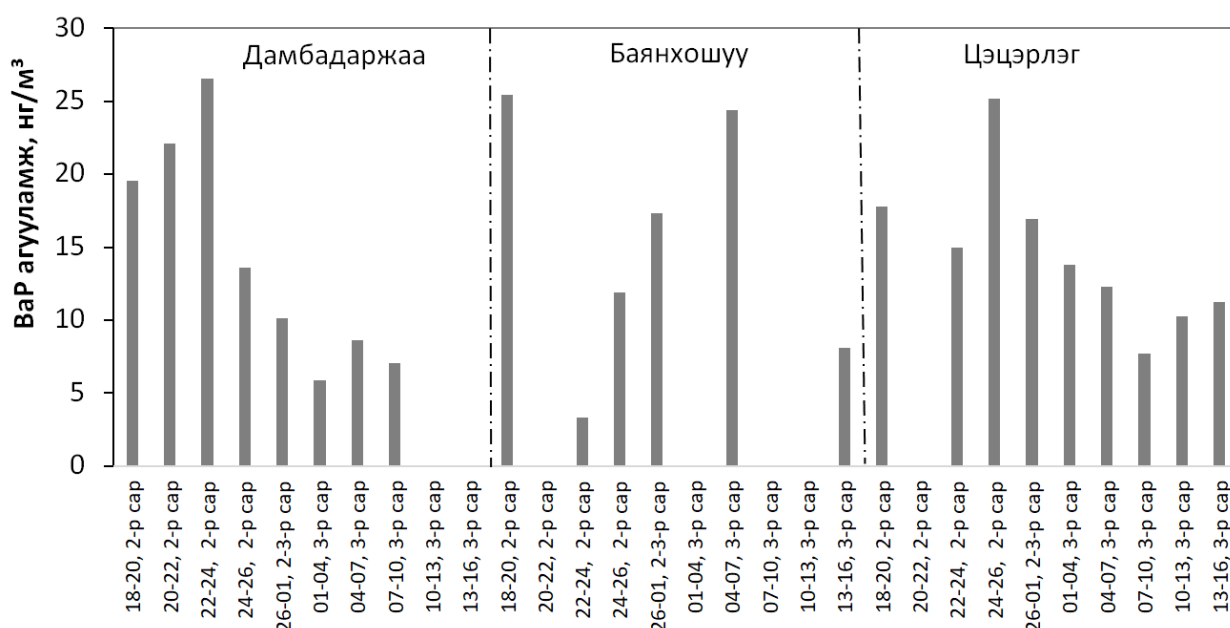


Зураг 3.6: Хэмжилтийн цэг Z3 (Цэцэрлэг”) дээрх PM10 агууламж (мкг/м³) (зураасаас) болон адсорбцлогдсон ПАН-ийн агууламж (нг/м³) (баганаар) [Khulan Tsermaa, 2019]

Бензо[а]пирэн (BaP) нь хамгийн хортой хорт хавдар үүсгэгч ПАН бөгөөд Зураг 3.7 -д Z4, Z7 болон Z3 хэмжилтийн гурван цэгүүд дээрх BaP агууламжийг харуулсан байна. Европд BaP-ийн жилийн дунджийг 1нг/м^3 байхаар тогтоосон байдаг бол Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага (ДЭМБ)-аас 0.12нг/м^3 утгыг 100,000 хүн тутамд нэг хорт хавдрын тохиолдол үүсгэх эрсдэлтэй гэж үзсэн байна (буюу 1нг/м^3 агууламжтай үед 100,000 хүн тутамд 8.7 хорт хавдрын тохиолдол үүсгэх эрсдэлтэй).

Хэмжигдсэн BaP утгууд жилийн дундаж утгууд биш ч гэсэн эндээс зөвлөгдсөн зорилтот утгуудаас харьцангуй их агууламжтай байгаа нь харагдаж байна.

Бензо[а]пирэн (BaP) нь хамгийн өндөр хорт хавдар үүсгэх чадвартай ПАН бөгөөд Олон улсын хорт хавдрын судалгааны агентлаг (IARC) -аас бусад ПАН-ийг BaP эквивалент фактороор жишиж, тооцсон байдаг. ПАН-ийн агууламжийг тэдгээр фактороор үржүүлсний дараагаар бүгдийг нь BaP агууламж дээр нэмж, тооцох бөгөөд нийлбэр нь Бензо[а]пирэний хоруу чанарын эквивалент (BaPeq)-аар илэрхийлэгдэнэ.



Зураг 3.7: “Дамбадаржаа” Z4, “Баянхошуу” Z7 (= а6) and “Цэцэрлэг” Z3 гурван хэмжилтийн цэгүүд дээрх Бензо[а]пирэний агууламж (нг/м^3) [Khulan Tsermaa, 2019]

2019 оны 2-3 сарын хооронд хэмжигдсэн бүх ПАН-ийн хувьд дундаж BaPeq -ийг хазайлттай нь тодорхойлж үр дүнг олон улсын бусад судалгааны дүнтэй харьцуулан, Хүснэгт 3.1-д үзүүлжээ.

Судалгааны эдгээр үр дүнгээс харахад Сэлбэ голын хөндийн орчмын хүн ам агаарын тоосонцрын бохирдолд өртөхдөө Хятад улсын маш их бохирдолтой хотынхтой ижил хэмжээний бүхий эрүүл мэндэд хортой, хорт хавдар үүсгэгч ПАН-д өртдөг байна. Бусад дурьдагдсан бүх судалгаанд агууламж нь харьцангуй бага байсан.

Хүснэгт 3.1: Янз бүрийн судалгаагаар тодорхойлогдсон Бензо[а]пирэний хоруу чанарын эквивалент [Khulan Tsermaa, 2019]

Судалгааны цэг	ВаРeq (нг/м³)	Хугацаа	Эх сурвалж
Улаанбаатар	32±17	2-3-р сар 2019	Энэ судалгаа
Тяньжин, Хятад	29.7±15.1	3-р сар 2014	Jing нар., 2018
Тяньжин, Хятад	38.8±11.3	4-р сар 2008 – 1-р сар 2009	Shi нар., 2010
Детенхаусен, Герман	2.6	11-р сар 2005–3-р сар 2006	Barl нар., 2010
Нагасаки, Япон	1.3	1997/1998	Wada нар., 2001
Атен	2.0	Өвөл 1996	Marino нар., 2000
Банкок	2.1	11-р сар 2002–4-р сар 1 2003	Norramit нар., 2005
Ром	2.5	1996/1997	Menichini нар., 1999
Копенхаген	6.3	1-р сар –3-р сар 1992	Nielsen нар., 1996

Өртөг багатай идэвхигүй дээжлэгчид болон РМ сенсоровын хэрэглээ, хэрэгжилт

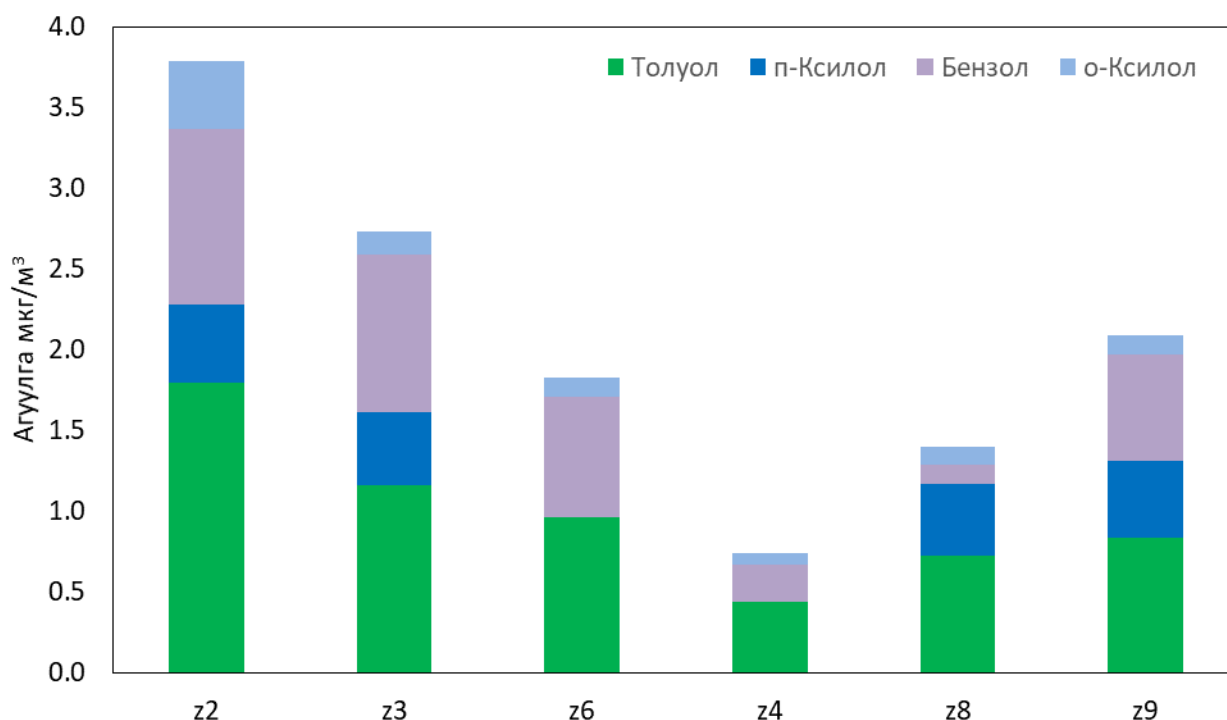
Өртөг багатай диффузив дээжлэгчдийг, өртөг багатай сенсоруудтай хослуулснаар хотын агаар бохирдуулагчдын орон зайн болон цаг хугацааны тархалтыг илүү сайн ойлгоход тусладаг.

Улаанбаатар хотын янз бүрийн байршлууд дахь мониторингийн станцуудаар хийгдэж байгаа байнгын тогтмол хэмжилтүүд нь агаар бохирдуулагчдын агууламжийн цаг хугацааны төлөв байдал мөн урт хугацааны туршид тэдгээрийн хөгжлийг тодорхойлоход маш чухал. Энэ нь мөн түлшийг “илүү цэвэрхэн” түлшээр орлуулах зэрэг ялгарлын митигацийн арга хэмжээнүүд агаарын чанарт хэр мэдэгдэхүйц нөлөө үзүүлж байна вэ гэдгийг харахад чухал юм.

Мониторингийн станцуудын сүлжээнд нэмэлтээр өртөг багатай идэвхигүй дээжлэгчид болон сенсоровын хэрэглэх нь бохирдуулагчдын орон зайн тархалтын илүү сайн ойлгох, цаашид хэмжилт хийх шаардлагатай цэгүүдийг тодорхойлох боломжийг олгодог.

SO₂, NO₂ болон БТК (Бензол, Толуол, Ксилолууд)-ын өртөг багатай идэвхигүй дээжлэгчдийг бохирдлын түвшин өөр өөр байх бараг бүх Z-хэмжилтийн цэгүүдэд байршуулсан. БТК дээжүүдийн анализ МУИС-ын Хүрээлэн буй орчны хими, Инженерчлэлийн лабораторид хийгдсэн бөгөөд жишээ болгож хэмжилтийн 6 цэг дээрх БТК-ийн агууламжийг Зураг 3.8. -д үзүүлэв. БТК нь дэгдэмхий органик нэгдлүүд бөгөөд хийн төлөвт оршдог. Эдгээр нь шаталтын процессоос ялангуяа тээврийн хэрэгслийн шаталтат хөдөлгүүрээс ялгардаг. Замын хөдөлгөөний ачаалал ихтэй, агааржуулалт муутай газар болох Баянгол зочид буудлын ойролцоо (Z13) БТК дээжлэгчээр дээж авсан. Энэ болон бусад хэмжилтийн үр дүнгүүд болон өртөг багатай РМ сенсоруудын үр дүнгүүд цаашид боловсруулагдана.

Бензол нь хорт хавдар үүсгэгч гэж мэдэгдсэн бөгөөд Европын холбооноос 5 мкг/м³-ийг жилийн дундаж зорилтот утга болгон зарласан байдаг. Мөн 100,000 хүн тутамд 1 хорт хавдрын тохиолдол үүсгэх эрсдэлтэй утга нь 1.7 мкг/м³ (буюу 5 мкг/м³ үед 100,000 хүн тутамд 3 хорт хавдрын тохиолдол үүсгэх эрсдэлтэй).



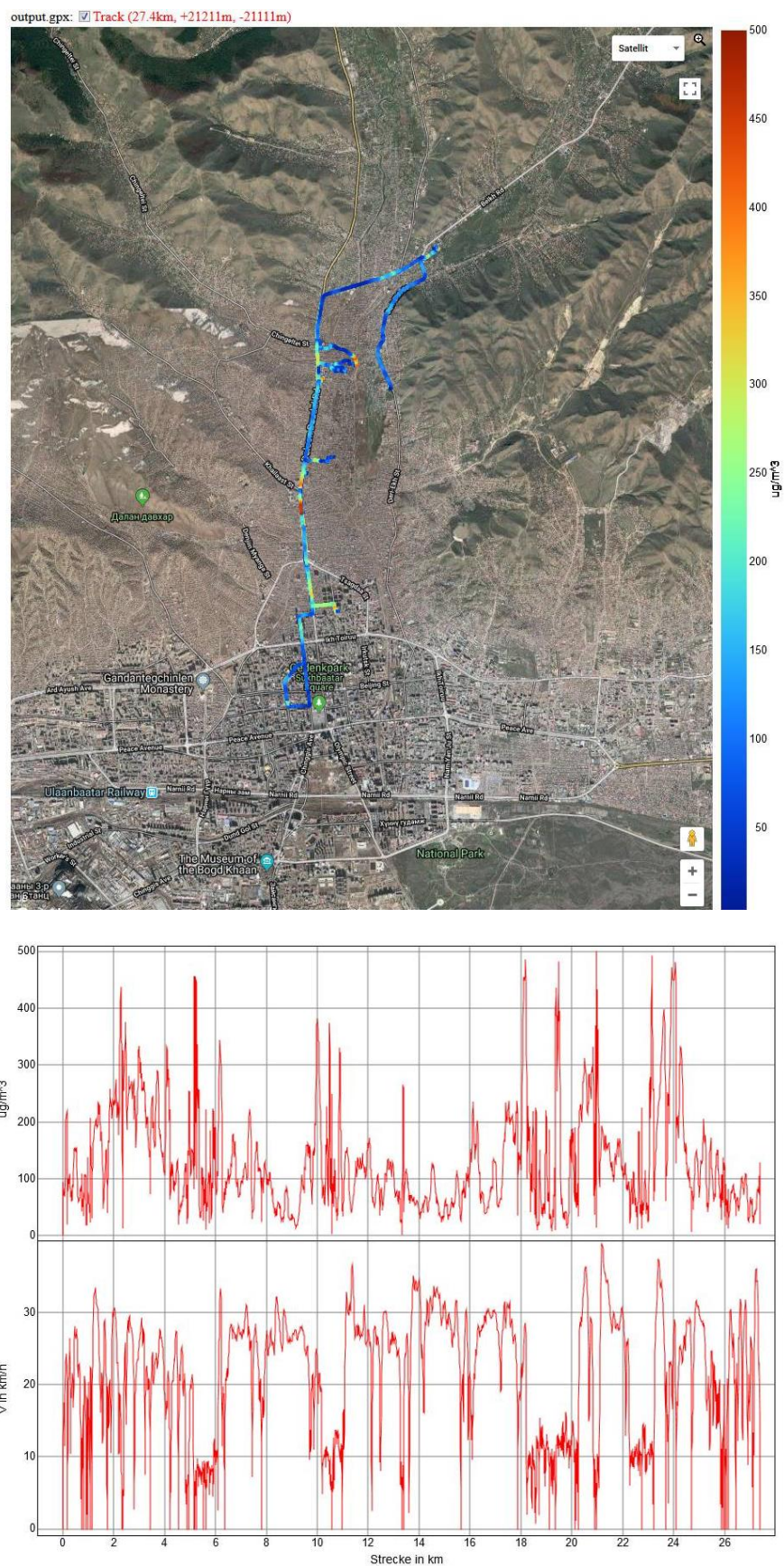
Зураг 3.8: Хэмжилтийн зургаан цэг дээрх ВТХ-ийн дундаж агууламж (мкг/м³) (Khulan Tsermaa, 2019)

Өртөг багатай РМ сенсоруудаар хийсэн хөдөлгөөнт хэмжилтүүд

Сургалтын үеэр өртөг багатай РМ сенсорууд хөдөлгөөнт хэмжилтүүд хийхэд мөн ашиглагдсан. Сенсорууд машины дээвэр дээр суурилуулсан бөгөөд хэмжилтэд нөлөөлөхгүйн тулд машин бага хурдаар (ойролцоогоор 30 км/цаг) ялгаатай замуудаар явж, хэмжилтийг хийсэн. Хэмжилтийг Улаанбаатар хотын төвөөс Сэлбэ голын хөндий хүртэл явуулсан. Зураг 3.9-д харагдаж байгаа маршрутын өнгө болон зургийн баруун гар талд байгаа графикийн өнгө нь 500 мкг/м³ максимум утга хүртэлх тоосонцрын агууламжуудын өөрчлөлтийг харуулж байна. Зай болон хугацааны дунджийг тооцож, өөр өөр өнгүүдээр нарийн ширхэглэгт тоосонцрын агуулгыг илэрхийлсэн байна. Байнгын давтан хэмжилтүүд дээрээс агаарын нарийн ширхэглэгт тоосонцрын орон зайн тархалтын маш нарийн үр дүнг гаргаж авна.

Нэмэлт хэмжилтүүдээс хүрсэн үр дүн

- ▶ Хүн ам агаарын тоосонцрын бохирдолд өртөхдөө мөн давхар эрүүл мэндэд хортой, хорт хавдар үүсгэгч ПАН нэгдлүүдийн их агууламжид өртдөгийг нэмэлт хэмжилтүүдийн үр дүнгээс тогтоосон бөгөөд, эдгээрийг олон улсын судалгааны тодорхойлогдсон түвшингүүдтэй харьцуулсан.
- ▶ Идэвхигүй дээжлэлтийн аргаар ВТХ, NO₂ болон SO₂ бохирдуулагчдын орон зайн тархалтыг нэмэлт хэмжилтүүдээр харуулсан.
- ▶ Идэвхигүй дээжлэлтийн аргыг ашиглан Сэлбэ голын хөндийд температурын инверс тогтсон үеийн бохирдуулагчдын тархалтад шөнийн нөхцөл байдал яаж нөлөөлөхийг ээлжит хэмжилтийн кампанит ажлаар илүү нарийн судлах шаардлагатай байна.
- ▶ Нэмэлт хэмжилтийн практик сургалт нь Монголын талын хамтрагчдыг өртөг багатай сенсор болон дээжлэгчдийг ашиглан нэмэлт хэмжилтүүдийг хийх, боломжтой байгаа лабораторийн тоног төхөөрөмжийг ашиглан нарийн ширхэглэгт тоосонцруудын дээжийг шинжлэх боломжийг олгож, дэмжсэн.

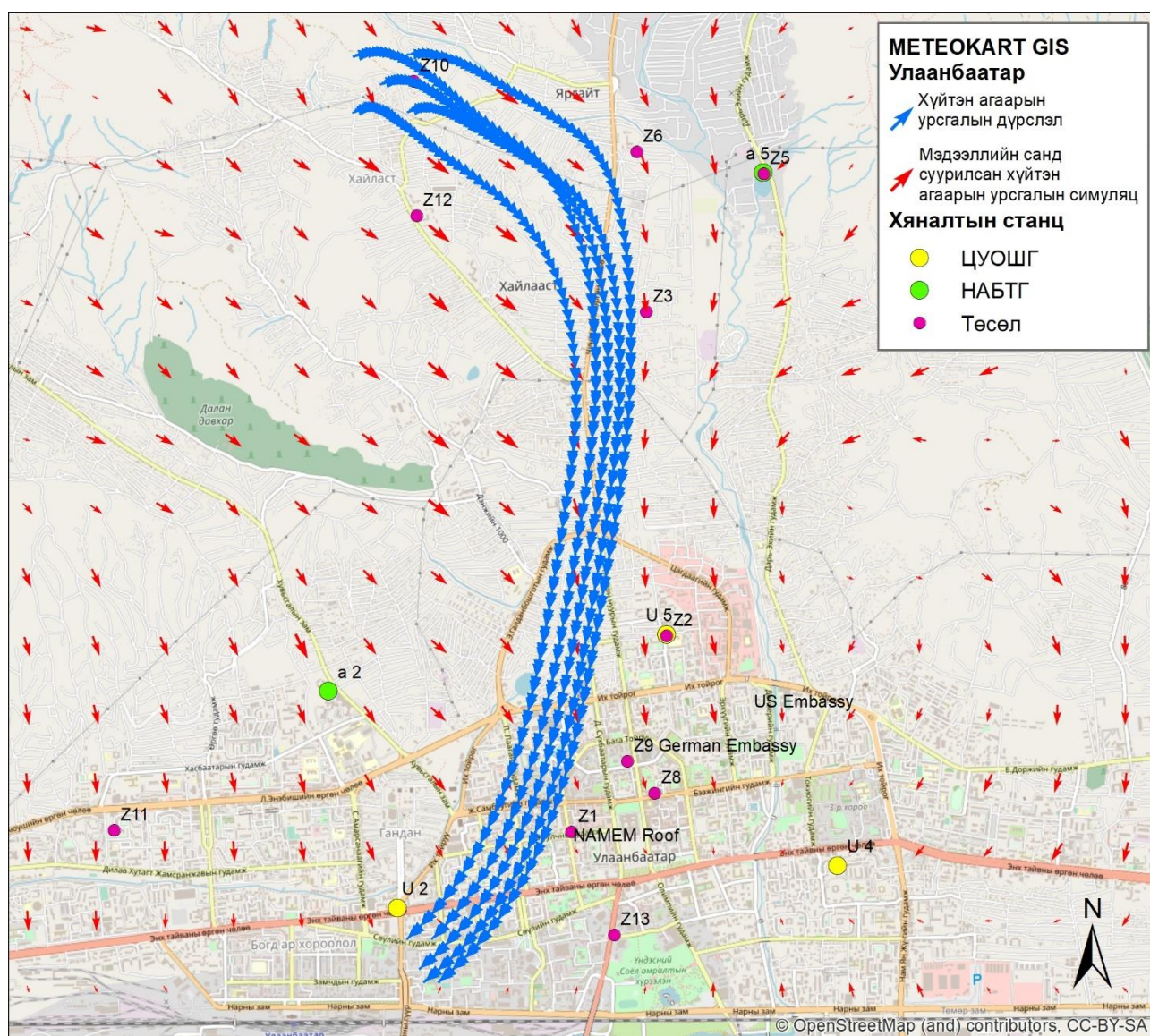


Зураг 3.9:

Дээд: Өртөг багатай сенсор ашиглан Улаанбаатар хотод PM10 тоосонцрын хөдөлгөөнт хэмжилт хийсэн жишээ (өнгөний шугам нь тоосонцрын агууламжийн түвшинг илэрхийлнэ), Доод: нэг, хоёрдугаар график харгалзан PM10 агууламж ба машины хурд зайнаас хамаарсан хамаарал

3.4 Агаарын урсгалын симуляц болон агаарын бохирдуулагчдын тархалт

Уул-хөндийн салхины системтэй Улаанбаатарын цаг уурын өвөрмөц нөхцөл нь агаарын бохирдлын орон зайн тархалтад ихээхэн нөлөөлдөг. Ялангуяа байнга тохиолддог хүйтэн агаарын урсгал (cold air flow)-ын нөхцөл нь Улаанбаатар хотын хойд хэсгээр байрлах гэр хорооллоос ялгарах агаар бохирдуулагчдыг хотын төв рүү зөөхөд хувь нэмэр оруулдаг. Ялангуяа өвлийн улиралд заримдаа хэдэн өдрөөр эсвэл бүр хэдэн долоо хоногоор ч тогтвортой байдаг температурын инверс нь өндөр агууламжтай агаарын бохирдлыг газрын гадарга орчим барьдаг. Эдгээр нөлөөллүүдийг тодорхойлохын тулд GIS системд суурилсан METEOKART GIS цаг уурын дата системийг Улаанбаатарын хувьдтохируулж туршсан. METEOKART GIS нь хүйтэн агаарын урсгал, орон зайн хувьд харилцан адилгүй цаг уурын жилийн статистикуудыг харуулах хэрэгслийг агуулдаг (Зураг 3.10-г үз). Цаашлаад METEOKART GIS нь агаарын бохирдлын тархалтын загваруудад оруулах цаг уурын оролтын интерфэйсийг хангаж өгдөг.



Зураг 3.10: METEOKART GIS ашигласан хүйтэн агаарын урсгалын симуляц, Lohmeyer 2019

Төслийн үеэр Нийслэлийн агаарын бохирдолтой тэмцэх газар (НАБТГ)-аас эх үүсвэрийн ялгарлын тоо бүртгэлийг эрчимтэйгээр өргөжүүлэх ажлыг эхлүүлсэн. Сайн дурын ажилтнууд олон тооны мэдээллийг цуглуулсан. Сайжруулсан мэдээллийг ашиглан боломжит бохирдлыг бууруулах арга хэмжээнүүдийг илүү сайн тооцоолох тархалтын загварчлалыг хийж болно. Тус

төслийн хүрээнд явуулсан сургалтанд эх үүсвэрийн ялгарлын тоон мэдээллийг бүс нутгийн тархалтын AUSTAL2000-д загвар хэрхэн оруулах, түүнийг METEOKART GIS-ийн хүйтэн агаарын урсгалын загварчлалын системтэй хэрхэн хослуулах аргуудыг багтаасан.

Сургалтаар METEOKART GIS болон AUSTAL2000 системүүдийг ашиглах заавар, хэрэглээний талаар сургаж ЦУОШГ болон НАБТГ-ын компьютерүүд дээр суулгасан. Жишээлбэл, хот төлөвлөлтөд зориулж METEOKART GIS ашиглан цаг агаарын мэдээллийг хялбар байдлаар дүрслэх боломжтой.

AUSTAL2000 тархалтын загвараар эргэн тойрондоо үйлдвэр, цахилгаан станцуудын гадаад орчны агаар бохирдуулагчдын нэмэлт ачааллыг мөн тооцоолж болно. Мөн энэхүү систем нь үнэрийн стрессийг үнэртэй цагийн давтамжаар илэрхийлэн тооцоход тохиромжтой байдаг. Хүлцэх агууламжийн утгын үнэлгээний систем Германд хэрэгжиж байгаа бөгөөд цаашид Монголд хэрэглэгдэж болох юм.

Сэлбэ голын хөндийн нэмэлт хэмжилтүүд болон хүйтэн агаарын урсгалыг хааж байгаа өндөр барилгуудыг судалсны үндсэн дээр агаарын чанарын хяналтын станц U5 (=Z2) (Зураг 3.11-г үз) орчимд бохирдуулагч бодисын тархалтыг судлав. Энэ судалгаанд, хүйтэн агаарын урсгал, агаар бохирдуулагч бодисын тархалтын симуляцийн үр дүнд хүйтэн агаарын урсгалыг хот төлөвлөлтөд харгалзан үзэх зайлшгүй шаардлагатай гэсэн анхны дүгнэлтийг гаргасан.



Зураг 3.11: Томоохон барилгын ард байршсан U5 хяналтын станцын байршил (Зургийг: Г. Баумбах 2018)

4 Агаарын чанарын менежментийн систем – Агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлт, мониторингийн цаашдын хөгжилд өгөх зөвлөмж

4.1 Агаарын чанарын мониторинг – хатуу мэдээллийн сан

Одоо хэрэгжиж байгаа агаарын чанарын мониторингийн горимоос гадна төслийн үр дүнг харгалзан цаашид хэд хэдэн алхам хийхийг зөвлөж байна.

Боломжит бохирдлыг бууруулах арга хэмжээг олох, өмнө авч хэрэгжүүлж байсан агаарын бохирдлыг бууруулах арга хэмжээний нөлөөллийг тооцохын тулд тодорхой эх үүсвэрийн ялгаралд тохирсон цаашдын бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг авч үзэх шаардлагатай. Ялангуяа автомат хяналтын станцаар тоноглогдоогүй байгаа зарим гэр хорооллын дүүргүүдэд бохирдлын ачааллыг цаашид судлах шаардлагатай байна. Сэлбэ голын хөндийн сургалтанд харагдсанаар тэнд ПАН, ВТХ зэрэг эрүүл мэндтэй холбоотой бохирдуулагчдыг тодорхойлох зэрэг нарийн хэмжилтүүд хийх хэд хэдэн боломж байна. Өртөг багатай мониторингийг бодлогыг нэвтрүүлж, хөгжүүлэх нь агаарын чанарын нөхцлийг орон зайн болон цаг хугацааны өөрчлөлтийг харуулахад маш чухал ажил юм.

Үүнээс гадна бохирдолтой агаарын тархалт, зөөгдлийг тайлбарлахын тулд агаар бохирдуулагчийн агууламжийн тасралтгүй, байнгын хэмжилтүүддээ цаг уурын параметруудийг давхар хэмжиж байх шаардлагатай. Ялгарлыг бууруулах арга хэмжээний гүйцэтгэлийн хяналт буюу бодлого мониторингийн бодлоготой уялдаж, хамт явах ёстой. Үүгээр тасралтгүй ажиллах хэмжилтийн станцууд болон түр зуурын хэмжилтүүд, хэмжилтийн цэгүүдийн хэрэгцээг тодорхойлж болох юм.

Агаарын урсгалын симуляц, агаар бохирдуулагчдын тархалт хийх нь агаарын бохирдлын нөхцөл байдал, ялгарлын эх үүсвэрүүд дээр орон зайн болон цаг хугацааны өөрчлөлтийн талаар дүн шинжилгээ хийхэд ихээхэн ач холбогдолтой. Агаарын бохирдлын ретроспектив дүн шинжилгээг батлахын тулд тоон загварын үр дүнг хэмжилтийн мэдээтэй харьцуулж баталгаажуулах хэрэгтэй. Агаарын бохирдлын хяналтын төлөвлөлтөнд зохих хэрэгслүүдийг багтаасан програм хангамж болон сайн бэлтгэгдсэн, зохих мэдлэг, туршлагатай боловсон хүчин зайлшгүй шаардлага юм.

Чанарын баталгаажуулалт – Тохиргоо болон баталгаа

Цаашдын хөгжлийн бүх сэдвүүд болон одоогийн агаарын чанарын сүлжээ (ЦУОШГ болон НАБТГ)-ний шуурхай ажлууд нь чанарын баталгаажуулалт бөгөөд бүх дата олон улсын стандартуудад нийцэх ёстой. Сүлжээнүүд багаж төхөөрөмжийн хяналт, багажны тохируулга, чанарын баталгаажуулалт, дата цуглуулах систем болон датаг боловсруулах талаар “техникийн мэдээллийн солилцоо”-г өргөжүүлэх хэрэгтэй.

Одоогийн хийгдэж байгаа үйл ажиллагааны горим болон техник, багажийг өргөжүүлэхэд цаашдын туслалцаа авахыг зөвлөж байна. Ядаж Үндэсний Лавлагаа Лабораторийг санхүү болон боловсон хүчээр дэмжих зайлшгүй шаардлагатай байна.

Чанарын баталгаажуулалтын нэг хэсэг болох өгөгдлийн замналын тохируулгын стратегийг нэгтгэсэн байдлаар Зураг 4.1-д үзүүлээ.



Зураг 4.1: Германы Хессайн мужийн Байгаль орчин, Геологийн Газар (HLNUG)-ын системд заасан тохируулгын стратеги, 2018

Чанарын баталгаажуулалтад мөн хэмжигдсэн датаны чанарын хяналт ба өгөгдлийн баталгаажуулалт нэмэгдсэн байх шаардлагатай:

- ▶ Мониторингийн станц дээрх багажуудыг тогтмол шалгах автомат функцууд, жишээлбэл 23 цаг тутам:
 - Тодорхойлогдсон хязгаараас гарсан тохиолдолд төв рүү автомат дохиолол өгөх
 - Туршилтын хийг шалгах автомат функцууд
- ▶ Хяналтын картан дээрх дата шалгах функцийн бичилт, үүнийг хазайлт ба тодорхойгүй байдлын тооцоололд ашиглаж болно
- ▶ Бүх мониторингийн станцын дата байнга онлайнаар бүртгэгдэж байдаг хяналтын төв дэх өдөр бүрийн үнэмшилт чанарын хяналт

Цаг уурын мэдээлэл

Температур, чийгшил, салхины босоо профайл болон бусад цаг уурын мэдээлэл нь бохирдлын тархалтад дүн шинжилгээ хийх, түүнийг тодорхойлоход маш чухал юм. Одоогийн хэрэглэж байгаа LIDAR болон өдөр тутмын Rawinsound хэмжилтүүд нь газрын гадарга орчмын профайлыг өндрийн хувьд нарийн гаргах боломжгүй байна. Гэрийн яндангийн утаа нь газрын гадаргаас дээш 10 метр дотор ялгардаг, харин уурын зуухнуудын утаа нь 40 метр дотор ялгардаг. Эдгээр яндангуудаас гарч байгаа утааны тархалтад газрын гадарга орчмын температурын инверс нөлөөлдөг.

Сургалтаар МҮОНТ-ийн цамхаг дээр 100 метр хүртэл босоо хэмжилтийг явуулсан. Баллонт хэмжилтүүд, цахилгаан станцаас гарах утааны видео бичлэгийг хийх зэрэг бусад боломжуудыг туршиж үзэх хэрэгтэй. Нисэх онгоцны буудал дээр хэмжигдэж байгаа нэмэлт датаг ашиглах боломжийг шалгах хэрэгтэй ба үүнийг магадгүй Монгол болон Солонгосын Цаг уурын байгууллага (КМА)⁴-аас хамтран хэрэгжүүлж буй Дэлхийн Цаг уурын байгууллагын (WMO) төслийн хэсэг байдлаар агаарын чанарын сүлжээний мэдээллийн санд нэгтгэж болох юм.

⁴ Modernization of the Aviation Meteorological Services of Mongolia, <https://public.wmo.int/en/projects/modernization-aviation-meteorological-services-mongolia>

Эдгээр мэдээлэл нь агаарын бохирдлын орон зайн болон босоо тархалтын чанарын баталгаанд илүү ашиг тустай юм.

4.2 Агаарын чанарын хяналт – холбооны хэрэгслүүд

Онлайнаар харах боломжтой байдаг Улаанбаатарын Агаарын чанарын индекс (АЧИ)-ээс гадна агаар бохирдуулагч бодисуудын концентраци, эрүүл мэндийн нөлөөлөл болон цаашид нийтэд мэдээлэх хэрэгсэл, бодлогын зөвлөгөө зайлшгүй хэрэгтэй.

Хот төлөвлөлтөд ашиглах нэг хэсэг болгож уулын хөндий дэх агаарын урсгалыг тодорхойлохын тулд хүйтэн агаарын урсгалын загварчлалын METEOKART GIS зэрэг системийг хэрэглэх шаардлагатай. Агаарын урсгал болон хэмжилтийн мэдээнд тулгуурласан тархалтын загварыг хослуулсанаар эх үүсвэрүүдээс гарч байгаа ялгарлын тархалтыг хянах, хэмжилтийн станцууд дээрх бохирдлуудын эзлэх хувийг тооцоолох боломжийг олгоно (Зөвшөөрлийн журмын нэг хэсэг болгон ашиглахыг зөвлөж байна).

Хот төлөвлөлтөнд зориулсан агаарын бохирдлын болон уур амьсгалын газрын зураг

Дунд хугацааны үйл ажиллагаанд зохих өөрчлөлт оруулах, түүнчлэн хот төлөвлөлт, тухайлбал, дуу шуугианыг бууруулах, хэт халуун хүйтний стресс, бусад хүрээлэн буй орчны асуудлууд, уур амьсгал, агаарын бохирдлын газрын зураг боловсруулах зэргээр агаарын чанарын хяналтын төлөвлөлт, хөгжлийг хамтад нь авч үзэхэд төслийн хүрээнд явуулсан сургалтын мэдээлэлд тулгуурлах нь зүйтэй юм. Жишээлбэл агаарын урсгал удаашрах нь ялангуяа өвлийн утаатай үед агаарын бохирдлыг ихэсгэхэд хувь нэмрийг оруулдаг учир дээр дурдсан мэдээлэлд үндэслэн шөнийн хүйтэн агаарын урсгалд үзүүлэх нөлөөллийг тусгаж өгч шинэ барилга байгууламжуудыг төлөвлөх шаардлагатай.

Газрын зургууд нь хот төлөвлөлтөд чухалд тооцогдох уур амьсгал, агаар бохирдуулагчдын тархалтын мэдээллийн ач холбогдлыг онцолж өгнө. Тэдгээр нь агаарын урсгалаар бохирдлын ялгаал хаанаас гарч хаашаага, бохирдол хаанаас хотын төв рүү зөөгдөж буйг, эсвэл эсрэгээрээ мөн агаар бохирдуулагчдын орон зайн болон цаг хугацааны тархалтыг жишээлбэл хөндийн ялгаатай өндрүүдэд тодорхойлоход туслана. Үүнээс гадна илүү үр дүнтэй бууруулах арга хэмжээг тодорхойлохын тулд ялгарлыг бууруулах өөр өөр арга хэмжээнүүдийн нөлөөг тооцоолох боломжийг олгоно. Агаарын бохирдлыг хот даяар бууруулахад тухайн хэсэг газарт хамгийн үр дүнтэй байх арга хэмжээнүүдийг тодорхойлоход тустай юм.

Үйл ажиллагааны төлөвлөгөөтэй хослуулсан дохиоллын систем

Богино хугацаанд агаарын бохирдуулагчдын агууламжийн нэгээс гурав хоногийн урьдчилсан мэдээгээр хэрэглэгчдийг хангах шаардлагатай. Цаг агаарын урьдчилсан мэдээнд суурилсан агаар бохирдуулагчдын агууламжийн тоон загварчлалыг хэрэглээ талаас нь өөрөөр Утааны анхааруулах систем, Утааны дохиоллын систем, эсвэл РМ дохиоллын систем гэж нэрлэдэг. Дэлхийн олон оронд эдгээртөрлийн анхааруулах системүүд ажилладаг.

Холбогдох эх үүсвэрүүдээс гарах ялгарлыг бууруулах, хүлээгдэж байгаа РМ-ын хэт өндөр агууламжаас зайлсхийх үйл ажиллагааны төлөвлөгөөтэй хослосон ийм мэдээллийн системийг бий болгох нь цаашдын зөвлөх тусламжийн нэг хэсэг болох юм. Богино хугацааны урьдчилсан мэдээний тоон загварчлалыг суурилуулах, тохируулах, мөн хамгийн үр дүнтэй шаардлагатай арга хэмжээг үнэлэхэд одоогийн нөхцөл байдлын дүн шинжилгээ, мөн түүнчлэн холбогдох боловсон хүчнийг сургасан загварчлалын хэрэгслүүдэд цаашдын хөрөнгө оруулалт хийхийг зөвлөж байна. Цаашдын зөвлөх тусламж дараах үйл ажиллагаануудад туслаж болно. Үүнд:

- Утаа их үеийн шалтгааныг тодорхойлох дүн шинжилгээ хийх

- ▶ Холбоотой цаг уурын параметруудийг тодорхойлох
- ▶ Эрт зарлах богино хугацааны урьдчилсан мэдээг тохируулах
- ▶ Үр дүнтэй, тохирсон арга хэмжээнүүдийг эрэмбэлэх
- ▶ Яаралтай арга хэмжээнүүд хамгийн үр дүнтэй байх газруудыг эрэмбэлэх
- ▶ Үйл ажиллагааны журмыг тогтооход туслах зэрэг багтана

Дохиоллын нөхцөл байдлаас зайлсхийх үйл ажиллагааны төлөвлөгөөний энгийн эерэг нөлөө нь ерөнхийдөө агаарын бохирдлыг бууруулах үр дүнтэй арга хэмжээнүүдэд нөлөөлөлд өртсөн бүх хүмүүс, оролцогч талуудын хир зэрэг үр дүнтэй хүлээж авч буй байдал юм. Энэ нь бүр ялгарлыг хориглох бүс, замын хөдөлгөөний хязгаарлалт гэх мэт түгээмэл бус арга хэмжээг хүлээж авахад ч хүргэж болдог.

4.3 Агаарын чанарын төлөвлөгөө – Хамтын ажиллагаа

Үйл ажиллагааны туршлага дээр суурилсан нарийвчилсан мэдээллийн солилцоог эрчимжүүлэх нь Улаанбаатар болон олон улсын оролцогч талууд аль алинд хэрэгтэй байх нь харагдаж байна.

Улаанбаатарын цэвэр агаарын нэгдсэн стратегийг гаргаж авахын тулд агаарын чанарын хэмжилтийн сүлжээний мэдээллийг ашиглах, хотын доторх агаарын бохирдлын тархалтын тоон симуляци эх үүсвэрийн орон зайн, цаг хугацаанаас хамаарсан шинжилгээг хийх, ялгарлыг бууруулах үр дүнтэй арга хэмжээнүүдийг олж хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна. Улаанбаатар хотыг бүхэлд нь хамарсан, цаг уурын өвөрмөц нөхцлийг симуляц хийх боломжтой мөн хэвтээ чиглэлд сайн нарийвчлалтай тархалтын загварчлал хэрэгтэй. LASAT⁵ шиг Лагранжийн тархалтын загвар, ProWiMo⁶ шиг 3-н хэмжээст бүхий мезо-хэмжээст загварыг хослуулахыг санал болгосон.

Боломжит арга хэмжээнүүдийг олон нийтийн оролцоотойгоор бүх оролцогч талуудтай хэлэлцэх зайлшгүй шаардлагатай байна.

Үр дүнтэй арга хэмжээнүүд

Хэмжсэн дата болон агаарын бохирдлын тархалтын симуляцаас олж авсан дүгнэлтийн хэрэглэгчид ээлтэй байдлаар үзүүлэх нь баримтад тулгуурласан хэлэлцүүлэг, шийдвэр гаргах үйл явцыг явуулахад тусална. Агаарын бохирдлыг бууруулахын тулд ялгарлыг бууруулах арга хэмжээг цаашид үнэлэх, чиглэл болгох шаардлага байна.

Мэдээж ганц арга хэмжээ ганцаараа бүх асуудлыг шийдэж чадахгүй. Эх үүсвэрийн ялгарал, цаг уурын нөхцөл байдлыг харгалзаж Улаанбаатарын дүүргүүдэд газарзүй болон бусад нөхцөл байдалд нарийвчилсан шинжилгээ хийх нь орон зайн хувьд ялгаатай үйл ажиллагааны төлөвлөгөөг хөгжүүлэхэд тусална. Шуурхай арга хэмжээ авах зайлшгүй шаардлагатай байгаа учраас зөвхөн шинэ барилга байгууламж эсвэл метро зэрэг урт хугацааны үйл ажиллагаанууд биш мөн үр дүнтэй, хурдан хэрэгжих боломжтой богино хугацааны арга хэмжээнүүд хэрэгтэй байна.

Гэр хорооллоос гарах ялгаралтыг бууруулах богино хугацааны боломжит арга хэмжээнүүд бол гэрийн дулаалга мөн суулгагдсан зуухнуудыг электростатик шүүлтүүрээр тоноглох зэрэг арга хэмжээнүүд байж болох юм. Гэрийг сайн дулаалснаар нүүрсний хэрэглээ 50% хүртэл буурах боломжтой. Гэрийн давхар бүрээсийг ашиглах боломжийг нарийвчлан судлах шаардлагатай. Мөн түүнчлэн, дүүрэг бүрт хугацааны хувьд галлагааны хуваариар РМ агууламжийн хэт их утгыг бууруулах боломжийг цаашид судлах шаардлагатай байна.

⁵ <https://www.janicke.de/en/lasat.html>

⁶ <http://www.lohmeyer.de/en/content/about-us/work-methods/numerical-models/prowimo>

Хот төлөвлөлтийн үйл ажиллагаанд агаарын чанарын асуудлыг хэрэгжүүлэх

Энэхүү төслийн хүрээнд хийгдсэн нэмэлт хэмжилтүүдийн анхдагч үр дүнгүүдээс гарсан хүйтэн агаарын загварчлал, тархалтын симуляц зэрэг одоогийн боломжит хэрэгслүүд болон бодит мэдээллүүд нь одоо хэрэгжиж байгаа JICA “Монгол улс: Улаанбаатар хотын хот төлөвлөлтийн сайжруулалт” (I хэсэг: Хот төлөвлөлтийн гарын авлага⁷, JICA, 2016 ба II хэсэг: Улаанбаатар хот – мастер төлөвлөгөө 2030⁸, JICA, 2019) төсөл дээр тулгуурлаж хот төлөвлөлтийн үйл ажиллагааны нэмэлт хэсэг болж болох юм.

⁷ <https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/47039/47039-001-dpta-en.pdf>

⁸ http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11937158_02.pdf

5 Талархал

Хамрагдсан байгууллагуудын бүх хамтрагчиддаа ялангуяа Жадамбаагийн Батбаяр (ЦУОШГ), Ганбатын Гантуяа (ОББҮХ-АА), Шагдарын Нямдаваа (ЦУОШГ), Балдоржийн Бархасрагчаа (БОХЗТЛ), Лувсандоржийн Нармандах (НАБТГ), Цэрэн-Очирын Соёл-Эрдэнэ (МУИС), Цэрмаагийн Хулан (МУИС) нарт нарийвчилсан хэлэлцүүлэг, сургалт, ажлын бүхий л хэсэгт өөриймсгөөр хандан, маш сайн хамтран ажилласанд нь талархал илэрхийлье.

Мөн магистрын судалгааны ажлаа энэхүү зөвлөх тусламжийн төслийн хамтын ажиллагаагаар гүйцэтгэсэн Цэрмаагийн Хуланд түүний судалгааны сонгогдсон үр дүнгүүдийг энэ товхимолд танилцуулахыг зөвшөөрсөнд тусгайлан талархал илэрхийлье.