

Department of Meteorology

CLIMATE NEWS LETTER

පටුන

1. Measuring Atmospheric Energy Fluxes Using Scintillation Technology
2. ආපදා කළමනාකරණයේ නව සංකල්පය: පෙර අපේක්ෂිත ක්‍රියාමාර්ග (Anticipatory Action)
3. ගෝලීය උණුසුම අඩු කිරීම සඳහා වායුගෝලයෙන් කාබන් ඩයොක්සයිඩ් ඉවත් කිරීම සහ සූර්ය විකිරණ කළමනාකරණය
4. Global Warming Vocabulary
5. Harnessing AI, ML, and Deep Learning for Advanced Weather Forecasting
6. Natural Disaster Infographics
7. Temperature Changes in Sri Lanka: Evidence of a Warming Climate (1975-2024)
8. Previous Month highlights (Month of October 2025)
9. Seasonal and Monthly Rainfall Forecasts from November 2025 to January 2026
10. Temperature Forecast for the months of November 2025 to January 2026
11. Climate Change Contaminants
12. Clean Earth for Kids
13. Sustainable Agriculture
14. Global Weather Forecast

Climate Change and Research Division,
Department of Meteorology,



383, Bauddhaloka
Mawatha,
Colombo-07.

TP : 0112 689 396

Fax :0112 698 311

Measuring Atmospheric Energy Fluxes Using Scintillation Technology

What Is Atmospheric Scintillation?

Have you ever observed the shimmering or wavy appearance of air above a heated asphalt surface? This phenomenon is known as scintillation, or more specifically atmospheric optical scintillation. The effect arises due to refractive index fluctuations in the air. On a hot day, the asphalt surface heats the adjacent air layer, causing it to expand and become low-density, while the overlying cooler air remains higher density. These contrasting air parcels continually mix through turbulent convection, producing rapid spatial and temporal variations in air density. Because the refractive index of air is directly related to its density, light passing through these fluctuating layers experiences continuous, uneven refraction. This results in the apparent “shivering” or mirage-like distortion of objects viewed across the heated surface.

Scintillation for Measuring Heat Fluxes:

Sensible and latent heat fluxes can be determined using atmospheric scintillations. This technique, known as the scintillometer method, relies on a device called a scintillometer, which includes a transmitter and a receiver. The transmitter emits a light beam across a fixed path, while the receiver detects the signal after it passes through the turbulent air. By analyzing the fluctuations in the intensity of the received beam relative to the transmitted one, it is possible to derive both sensible heat flux and latent heat flux.



© Oscar Hartogensis, Wageningen University & Research

How the Scintillometer Works:

The transmitter and receiver of a scintillometer are typically separated by distances ranging from a few hundred meters to several kilometers (0.1–10 km). Because of this long optical path, the instrument provides area-averaged estimates of surface energy fluxes. A Large Aperture Scintillometer (LAS) is used to measure the path-averaged sensible heat flux, while combining an LAS with a microwave scintillometer allows the retrieval of latent heat flux. As the names suggest, the LAS employs a transmitter with a large aperture, whereas the microwave scintillometer uses a point-source transmitter.

Advantages of Scintillometer over Point Sources :

The scintillometer method offers several advantages over the eddy covariance technique for estimating surface fluxes. Because scintillometers provide area-averaged measurements, they are particularly effective in heterogeneous environments, where point-based observations may not adequately represent the landscape. The technique also benefits from a much larger measurement footprint, capturing fluxes over broader spatial scales. Additionally, flow distortion is minimal due to the bell-shaped weighting function of the scintillometer, which reduces the influence of local disturbances near the instrument. These characteristics make scintillometers especially well-suited for urban flux measurements, where surface variability is high and traditional methods are often limited.

References:

Jacobs, C., Elbers, J., Broksma, R., Histogenesis, O., Moors, E., Márquez, M. T. R. C., & van Hove, B. (2015). Assessment of evaporative water loss from Dutch cities. Building and environment, 83, 27-38.

C.G.Premachandra
Meteorologist
Katunayake International Airport

ආපදා කළමනාකරණයේ නව සංකල්පය: පෙර අපේක්ෂිත ක්‍රියාමාර්ග (Anticipatory Action)

ඉතා මැන කාලයේදී ලෝකය පුරා මෙන්ම ශ්‍රී ලංකාව තුළද ගංවතුර, වියළි කාල හෝ නියඟය, නාය යාම්, සුළි කුණු වැනි ස්වභාවික විපත් වැඩිවෙමින් තිබේ. සාම්ප්‍රදායික ආපදා කළමනාකරණය ප්‍රධාන වශයෙන් යම් ආපදාවක් සිදුවූ පසු සහන සැලසීම එනම් ප්‍රතික්‍රියාත්මක ක්‍රමවේදයක් වූ අතර, විපත් සිදුවීමෙන් පසු විපතට පත් වූවන්ට උදව් කිරීම සිදු විය. කෙසේ වෙතත්, පාරිසරික, කාලගුණික හා දේශගුණික ආපදා නිරතුරුව ඇතිවීම සහ ඒවායේ නිවුනාව වැඩිවීමත් සමඟ එවැනි පසු-ප්‍රතිචාර ක්‍රමයන් නිසා බොහෝ විට ජීවිත හා දේපල හානි වී පසුව ප්‍රතිසාධනයට විශාල වියදම් වැය වේ. මෙම ගැටලුවට විසඳුමක් ලෙස ලෝක ආපදා කළමනාකරණ ක්ෂේත්‍රය “පෙර අපේක්ෂිත ක්‍රියාමාර්ග” (Anticipatory Action / AA) නමැති නව සංකල්පයක් ලෝකය පුරා ප්‍රචලිත කරමින් පවතී.

පෙර අපේක්ෂිත ක්‍රියාමාර්ග යනු විපත් සිදුවීමට පෙර, විද්‍යාත්මක අනාවැකි හෝ අවදානම් සාදක මත පදනම්ව සැලසුම් කර ඇති පූර්ව ක්‍රියාමාර්ග ක්‍රියාත්මක කිරීමයි. මෙහි අරමුණ වන්නේ විපත් ඇති වීමට පෙරම ජනතාව සහ ඔවුන්ගේ සම්පත් ආරක්ෂා කිරීමයි. සත්‍ය වශයෙන්ම මෙම පෙර ක්‍රියාමාර්ග ගැන අදහස පුරාණ කාලයේ දී පැවතුණි. උදාහරණයක් ලෙස ගම්වල වියළි සමයට පෙර ජලය ගබඩා කිරීම, වැසි කාලය පැමිණීමට පෙර වියළි දර රැස්කිරීම හෝ ගංවතුර පිළිබඳ වූ පැරණි අත්දැකීම් අනුව ඉහල බිම් වල ගොඩනැගිලි ඉදිකිරීම වැනි ක්‍රියාමාර්ග දැක්විය හැක.

නමුත් වඩා සංවිදානාත්මකව සහ විද්‍යාත්මක ආකෘතියක් අනුව පෙර අපේක්ෂිත ක්‍රියාමාර්ග 2000 දශකයේ පමණ ආරම්භ වූ බව සැලකිය හැක. ඊට හේතුව එවකට බොහෝ ස්වභාවික විපත් හදුනා ගැනීමට හේතු වන කාලගුණ අනාවැකි, දත්ත විශ්ලේෂණ හා පරිසර නිරීක්ෂණ තාක්ෂණය දැඩි ලෙස වර්ධනය වීමයි.

2008 – 2010 කාලය තුළ ලෝක ආහාර වැඩසටහන (WFP) සහ රතු කුරුස සමාජය (Red Cross) වැනි ආයතන විසින් අනාවැකි මත පදනම් වූ මූල්‍ය සැලසුම් “Forecast-based Financing (FbF)” යන සංකල්පය පරීක්ෂා කිරීමට ආරම්භ කළහ.

ජර්මන් රතු ක්‍රොස් (German Red Cross) සහ දේශගුණ කේන්ද්‍රය (Climate Centre) විසින් අනාවැකි මත පදනම් වූ අරමුදල් නිදහස් කිරීමේ ක්‍රමවේද සංවර්ධනය කළහ.

2015 වන විට එය ලෝක ප්‍රතිපත්ති මට්ටමක අනාවැකි මත පදනම් වූ පෙර ක්‍රියාමාර්ග (Forecast-based Early Action / FbA) හෝ පෙර අපේක්ෂිත ක්‍රියාමාර්ග (Anticipatory Action / AA) ලෙස පිළිගන්නා ලදී.

මෙය ආපදා කළමනාකරණය ‘පසු ප්‍රතිචාර’ මට්ටමේ සිට ‘පෙර සූදානම’ මට්ටමකට නැංවූ විශාල පියවරක් විය. සෙන්ඩායි ප්‍රතිපත්ති රාමුව Sendai Framework (2015–2030) සහ පැරිස් ගිවිසුම (Paris Agreement, 2015) මෙය තවදුරටත් ශක්තිමත් කළහ.

අද දින වන විට මේ මගින් ලෝක ආපදා කළමනාකරණ ක්ෂේත්‍රයේ වෙනසෙන් වර්ධනය වන ප්‍රවණතාවක් ඇති වී ඇත. එය ජීවිත බේරීම, වියදම් අඩු කිරීම, සහ ජීවනෝපාය ආරක්ෂා කිරීම සඳහා බොහෝ උපකාරී වන අතර පෙර අපේක්ෂිත ක්‍රියාමාර්ග යනු විපත් සිදුවීමට පෙර, විද්‍යාත්මක අනාවැකි හෝ අවදානම් සාදක මත පදනම්ව සැලසුම් කර ඇති පූර්ව ක්‍රියාමාර්ග ක්‍රියාත්මක කිරීමයි. මෙය කොටස් තුනකින් සමන්විතය:

1. අනාවැකි හා මුල් අනතුරු ඇඟවීම් පද්ධති
2. පෙර සැලසුම් කළ ක්‍රියාමාර්ග
3. පෙර සකස් කළ මූල්‍ය ආධාර

මේ වන විටද සමහර රටවල් මෙම ක්‍රියා මාර්ගය භාවිතයත් සමඟ හදුනාගත් ඉතා වැදගත් කරුණු කිහිපයකි.

පෙර ආරක්ෂාව: අනතුරක් සිදුවීමට පෙර ජනතාවට ඒ සඳහා සූදානම් වීමට මූල්‍ය ගෙවීම්, ආහාර, හෝ ආරක්ෂිත ස්ථාන ලබා දීමෙන් විපතේ බලපෑම අඩු කළ හැක.

වියදම් ඉතිරි කිරීම: පර්යේෂණ පෙන්වන්නේ පෙර ක්‍රියාමාර්ගයකට වියදම් වූ එක් ඩොලරයක් විපතට පසුව වියදම් වන ඩොලර් 6ක් පමණ ඉතිරි කරන බවයි.

වේගවත් ප්‍රතිචාර: පෙර සැලසුම් සහ අරමුදල් නිසා ක්‍රියාමාර්ග වේගයෙන් ගත හැක.

ප්‍රතිරෝධ ශක්තිය වැඩි කිරීම: ජනතාව සහ ප්‍රාදේශීය අධිකාරීන් විපත් වලට වඩා සූදානම් වේ.

මානසික හා සමාජීය හානිය අඩු කිරීම: විපතේදී අභිවිම් අඩු වීමෙන් මිනිසුන්ගේ මානසික අසහනය.

ඒ අනුව, මෙය ප්‍රතිචාරාත්මක ක්‍රමයක් වඩා වාසිදායක, ශක්තිමත් සහ පෙර සැලසුම් සහිත ක්‍රමයක් බවට හදුන්වා දිය හැක. මේ නිසා අද වන විට බොහෝ රටවල් මෙය ක්‍රියාත්මක කරමින් ඇත. පහත් දැක්වෙන උදාහරණ පෙන්වන්නේ, පෙර අපේක්ෂිත ක්‍රියාමාර්ග ලෝකය පුරා ව්‍යාප්තවී ඇති බවයි.

බංග්ලාදේශය: ගංවතුර සහ සුළි කුණුව සඳහා අනාවැකි මත පදනම් වූ මූල්‍ය ක්‍රමයක් (Forecast-based Financing) භාවිතා කරමින් ජනතාවට ගෙවීම් හා ආරක්ෂිත නවාතැන් ලබා දෙයි.

නේපාලය: නාය යාම් සහ මෝසම් ගංවතුර සඳහා “පෙර අපේක්ෂිත” ක්‍රමවේදය පාවිච්චි කරයි.

ඉතියෝපියාව හා කෙන්යාව: වියළි කාලයට පෙර කෘෂිකාර්මික සහ පශු සම්පත් ආරක්ෂණ ක්‍රියාමාර්ග ගනී.

මොන්ගෝලියාව: “Dzud” ලෙස හැඳින්වෙන ඉතා සිසිල් තත්ත්වයට පෙර ගොවීන්ට සහන ලබා දේ.

පෙරු සහ ඊක්වදෝර්: එල්නිනෝ (El Niño) ගංවතුර සඳහා පෙර ක්‍රියාමාර්ග ගනී.

පෙර අපේක්ෂිත ක්‍රියාමාර්ග සඳහා ටොනාම වදගත් සහ අත්‍යවශ්‍ය කරුණ වන්නේ අරමුදල් සහ තාක්ෂණික සහය වන අතර මේ සඳහා පෙල ගැසී සිටින ගෝලීය මට්ටමේ ප්‍රධාන ආයතන මෙසේය:

IFRC – International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (ජාත්‍යන්තර රතු කුරුස සංගමය) අනාවැකි මත පදනම් වූ මූල්‍ය ක්‍රමයක් (Forecast-based Financing) ක්‍රමය සංවිධානය කරයි.

FAO – Food and Agriculture Organization (එක්සත් ජාතීන්ගේ ආහාර හා කෘෂිකාර්මික සංවිධානය): කෘෂිකාර්මික හා ආහාර ආරක්ෂණ ක්ෂේත්‍ර සඳහා පෙර ක්‍රියාමාර්ග අනුගමනය කරයි.

OCHA – UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (එක්සත් ජාතීන්ගේ මානවීය මටයුතු සම්බන්ධ කාර්යාලය) : අරමුදල් ලබා දෙයි.

WFP – World Food Programme (ලෝක ආහාර වැඩසටහන) : අනුමානිත ආහාර හිඟතාවන්ට පෙර මුදල් සහ ආහාර සහන ලබා දේ.

German Red Cross, UK Aid, EU (ECHO): විශාල වශයෙන් අරමුදල් සහයා ලබා දෙන පුරෝගාමී දායකයින්ය.

ශ්‍රී ලංකාවට ගංවතුර, වියළි කාල, නාය යාම්, සුළි කුණු වැනි බොහෝ අවදානම් තිබෙන බැවින්, මෙවැනි ක්‍රියාමාර්ග අවශ්‍යය. ඒ සඳහා ගෙන ඇති ක්‍රියාමාර්ග බොහොමයකි. කාලගුණවිද්‍යා දෙපාර්තමේන්තුව විශ්වාසනීය කාලගුණ අනාවැකි සපයන අතර, එය පෙර ක්‍රියාමාර්ග සඳහා මූලිකම දත්තය වේ. කාලගුණවිද්‍යා දෙපාර්තමේන්තුව, ආපදා කළමනාකරණ මධ්‍යස්ථානය, ආපදා සහනසේවා කාර්යාලය, ජාතික ගොඩනැගිලි පර්යේෂණ කාර්යාංශය සහ ශ්‍රී ලංකා වාරිමාර්ග දෙපාර්තමේන්තුව මූලික කරගනිමින් ජාත්‍යන්තර රතු කුරුස සංගමය, ලෝක ආහාර වැඩසටහන, එක්සත් ජාතීන්ගේ ආහාර හා කෘෂිකාර්මික සංවිධානය සහ තවත් ආයතන ගනනාවක් විසින් අන්තර් ආයතනික සහයෝගීතාවක් මත පෙර අපේක්ෂිත ක්‍රියාමාර්ග සංකල්පය යටතේ රටේ ආපදා කළමනාකරණ සැලසුම්වලට දායකත්වය ලබා දෙමින් සිටී. මේ යටතේ විවිධ නියමිත ව්‍යාපෘති සිදු කරමින් වඩා සාර්ථක සහ කාර්යක්ෂම ආකාරයට ආපදා සඳහා “පෙර ක්‍රියාමාර්ග” සංකල්පය ආදේශ කරමින් සිටින අතර විශ්වවිද්‍යාල සහ පර්යේෂණ ආයතනත් කාලගුණ අනාවැකි මත පදනම්ව ක්‍රියාත්මක කළ හැකි ප්‍රේරක පද්ධති (Trigger system) සංවර්ධනය කරමින් සිටී.

එනමුත් තවමත් දත්ත හිඟය, අරමුදල් අඩුපාඩුව, සහ ආපදා මත පදනම් වූ අනාවැකි කරනය (Impact based forecast) දියුණු කිරීම වැනි අභියෝග ඇත. කෙසේ වුවද පරිසර වෙනස්වීම් හා කාලගුණ තත්ත්වය තවදුරටත් විපත් වැඩි කරන බැවින්, ශ්‍රී ලංකාවට අවශ්‍ය වන්නේ පසු ප්‍රතිචාර ක්‍රමයෙන් පෙර ක්‍රියාමාර්ග ක්‍රමයකට හැකි ඉක්මනින් මාරු වීම ය.

එ සඳහා –

- ජාතික හා ප්‍රාදේශීය විපත් සැලසුම්වලට පෙර ක්‍රියාමාර්ග (Anticipatory Action) එකතු කළ යුතුය.
- විශ්වාසනීය අනාවැකි මත පදනම් වූ ප්‍රේරක පද්ධති යාන්ත්‍රණය (trigger mechanism) සංවර්ධනය කළ යුතුය.
- ප්‍රාදේශීය අධිකාරීන් හා ජනතාව සුහුණු කළ යුතුය.
- ස්ථීර අරමුදල් මූල්‍ය පද්ධතියක් ස්ථාපිත කළ යුතුය.
- රජය, විද්‍යාඥයන් සහ මානවීය ආයතන අතර සහයෝගය වැඩි කළ යුතුය.

පෙර අපේක්ෂිත ක්‍රියාමාර්ග (Anticipatory Action) යනු විපත් කළමනාකරණයෙහි විප්ලවයකි. විපතකට පසු ක්‍රියා කිරීම වෙනුවට, එය විද්‍යාව හා ප්‍රධාන වශයෙන් ස්වභාවික විපත් සඳහා නිවැරදි අනාවැකි භාවිතා කරමින් විපත් පැමිණීමට පෙර දැනුවත්වීම මගින් ආපදා අවම කර ගැනීම අරමුණු කරයි. මේ වන විට මෙම ක්‍රමයට අනුකූල වූ ලෝකයේ රටවල් දැක්වූ ප්‍රවණතාවයන් අනුව මෙය ජීවිත බේරීමේ, වියදම් ඉතිරි කිරීමේ හා ප්‍රතිශක්තිමත් සමාජයක් ගොඩනැගීමේ ක්‍රමවේදයක් වේ. ශ්‍රී ලංකාවටද මෙය සම්පූර්ණයෙන් ක්‍රියාත්මක කිරීම තුළින් තාක්ෂණය, දැනුම හා සැලසුම්වල භාවිතා කරන ආපදා වලට ශක්තිමත්ව මුහුණ දෙන නව යුගයකට පිවිසීමට හැකි වේ.

වමන්ද ද සිල්වා
ජෝෂ්ඩ කාලගුණ විද්‍යාඥ
ප්‍රධාන කාලගුණ විද්‍යා කාර්යාලයය - කොළඹ

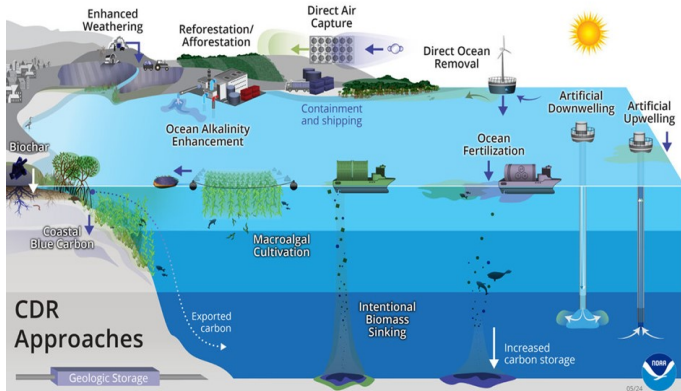


ගෝලීය උණුසුම අඩු කිරීම සඳහා වායුගෝලයෙන් කාබන් ඩයොක්සයිඩ් ඉවත් කිරීම සහ සූර්ය විකිරණ කළමනාකරණය

දශක ගණනාවක සිට දේශගුණික විපර්යාසවල ප්‍රතිවිපාක අවම කිරීමේ ක්‍රම ලෙස පෘථිවි පරිසරය මහා පරිමාණයෙන් හැසිරවීම සඳහා යෝජනා ඉදිරිපත් කර ඇත. එනම් භූ ඉංජිනේරු විද්‍යාව (Geo Engineering) ලෙස හැඳින්වෙන සූර්ය විකිරණ කළමනාකරණය සහ හරිතාගාර වායු ඉවත් කිරීම පිළිබඳ සාකච්ඡා වේගින් පවතී.

භූ ඉංජිනේරු විද්‍යාව (දේශගුණික ඉංජිනේරු විද්‍යාව ලෙසද හැඳින්වේ) යනු දේශගුණික විපර්යාසයන්ට විශේෂයෙන් ගෝලීය උණුසුමට ප්‍රතිරෝධය දැක්වීම සඳහා නිර්මාණය කර ඇති පෘථිවියේ දේශගුණික පද්ධතියට මහා පරිමාණයෙන් වන මැදිහත්වීමකි. එය හරිතාගාර වායු ඉවත් කිරීමෙන් හෝ සූර්යය කිරණ පරාවර්තනය කිරීමෙන් දේශගුණික පද්ධතියේ උණුසුම අඩු කිරීම අරමුණු කරගත් පුළුල් ප්‍රවේශයන් සමූහයකි.

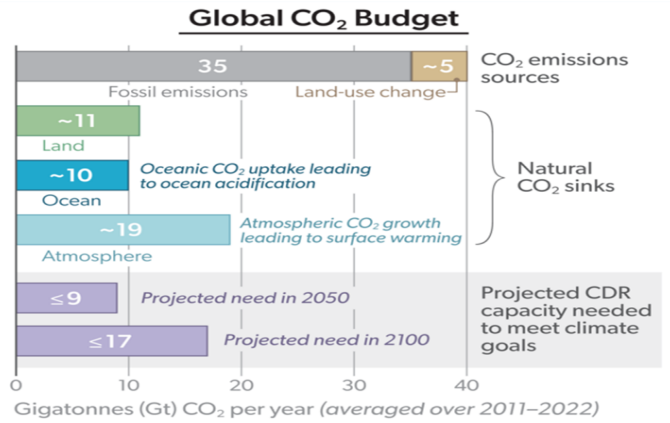
1. වායුගෝලයෙන් කාබන් ඩයොක්සයිඩ් ඉවත් කිරීම (Carbon Dioxide Removal- CDR)



රූපය .1 ගොඩබිම් සහ සමුද්‍ර CDR ප්‍රවේශයන් NOAA).

දේශගුණික ඉලක්ක සපුරා ගැනීම සඳහා හරිතාගාර වායු විමෝචනය පමණක් අඩු කිරීම ප්‍රමාණවත් නොවන නිසා වායුගෝලයේ වැඩිපුර පවතින කාබන් ඩයොක්සයිඩ් (Carbon dioxide) ඉවත් කිරීම (CDR) කෙරෙහි විද්‍යාඥයින් අවධානය යොමු කරන්නන්ට විය. වනාන්තරවල, කෘෂිකාර්මික පද්ධතිවල හෝ භූ විද්‍යාත්මක ගබඩා කිරීම, ජෛව අභුරු (bio char) නිෂ්පාදනය සහ සාගරයේ CO₂ ගබඩා කිරීම සමඟ සෘජු වායු ග්‍රහණය (Direct Air Capture-DAC) හරහා වායුගෝලීය CO₂ (හෝ වෙනත් හරිතාගාර වායු) ඉවත් කිරීම අරමුණ වී ඇත.

ගෝලීය උණුසුම අවම කරලීම සඳහා පැරිස් ගිවිසුම මගින් අවධාරණය කරන ශුද්ධ ශුන්‍යයේ (Net Zero) අවශ්‍යතාවය එනම් මෙම සියවසේ දෙවන භාගයේදී (2050) හරිතාගාර වායු විමෝචන ප්‍රභවයන් (source) සහ විමෝචන නිධිවල (sink) අතර තිරසාර සමතුලිතතාවයක් ඇති කර ගැනීමට අවශ්‍ය කරයි. 2050 වන විට ගෝලීය උෂ්ණත්වය වැඩිවීම 1.5°C හෝ 2°C සීමාවේ තබා ගැනීමට නම් CO₂ ශුද්ධ ශුන්‍ය කිරීමේ අවශ්‍යතාවය දේශගුණික විපර්යාස පිළිබඳ අන්තර් රාජ්‍ය මණ්ඩලය (IPCC) ද අවධාරණය කරයි. ඉලක්කය සපුරා ගැනීමේදී අනෙකුත් සියලුම අඩු කිරීමේ උපාය මාර්ග උපරිම කළ පසු CO₂ අවශේෂ විමෝචනය පියවා ගැනීමට ක්‍රමයක් ලෙස හරිතාගාර වායු අල්ලා ගැනීමේ සහ **ඉවත් කිරීමේ** (CDR) යෝජනා කරයි.



රූපය .2 පැරිස් ගිවිසුමේ ඉලක්ක සපුරා ගැනීම සඳහා අවශ්‍ය 2050 සහ 2100 සඳහා CDR විමෝචන නිධියේ ප්‍රක්ෂේපිත ප්‍රමාණයට සාපේක්ෂව CO₂ විමෝචන **සුඛවාසයක්** සහ ස්වාභාවික විමෝචන නිධිවල ආසන්න ප්‍රමාණය පෙන්වන 2022 සඳහා ගෝලීය කාබන් අයවැය (Friedlingstein et al., 2022 සහ Minx et al., 2018 මෙහිින් අගයන්).

කඩිනම් ක්‍රියා මාර්ගයක් ලෙස CDR අවශ්‍ය වීමට අනෙකුත් හේතූන් ලෙස කාලයක් සමඟ වායුගෝලීය CO₂ සාන්ද්‍රණයන් ක්‍රියාකාරීව අඩු කිරීම සඳහා සෘණ විමෝචනයන් කරා ළඟා වීම, හරිතාගාර වායු විමෝචනය අඩු කිරීමට අපහසු අංශ ලෙස කර්මාන්ත (වානේ, සිමෙන්ති, රසායනික ද්‍රව්‍ය) සහ දිගු දුර ප්‍රවාහනය (ඉවත් සේවා, නැව්ගත කිරීම, බර ට්‍රක් රථ) මෙන්ම කෘෂිකර්මාන්තය සැලකෙන අතර ඇතැම් කාර්මික ක්‍රියාවලීන් වැනි සමහර කර්මාන්තවලට විමෝචනය අඩු කිරීම පිරිවැය-ඵලදායී නොමැති අතර, ඒවා සමතුලිත කිරීමට CDR අවශ්‍ය වේ. අතීත කාර්මික ක්‍රියාකාරකම් වලින් විමෝචනය කරන ලද CO₂ තවමත් ගෝලීය උණුසුම වීමට බලපා ඇත. CDR මගින් එම ඉවත් කිරීම යෝජනා කරයි. ගෝලීය CDR දැවැන්ත ලෙස යෙදවීම අවශ්‍ය වන අතර, ව්‍යාපාරිකව දේශගුණික විපර්යාස වළක්වා ගැනීම සඳහා එහි අත්‍යවශ්‍යතාවය ඉස්මතු කරයි. නමුත් එය අනුපූරකයක් (compliment) මිස ආදේශකයක් නොවන බවද විද්‍යාඥයින් අවධාරණය කෙරේ. CDR භාවිතා කළ යුත්තේ විමෝචන අඩු කිරීම වෙනුවට නොවේ. විමෝචන"සෘණ (Negative emission) කරන එකම විසඳුම වායුගෝලයෙන් CO₂ පිටතට ගැනීම බැවිනි.

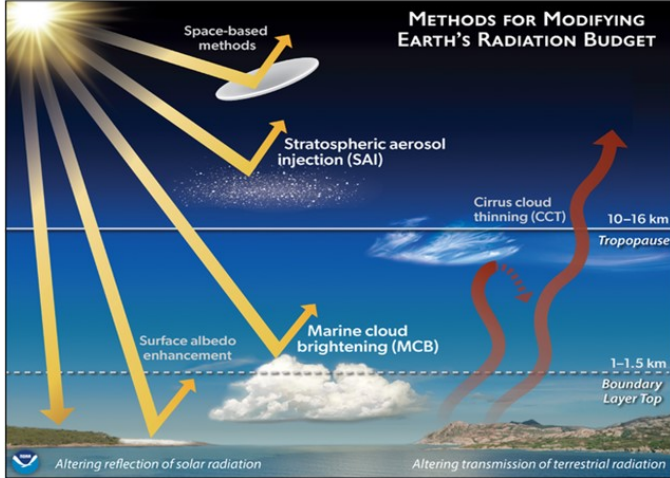
පහත ක්‍රම මගින් වායුගෝලයේ CO₂ ඉවත් කිරීම යෝජනා කරයි.

- වන වගාව, කලින් පැවති ප්‍රදේශවල ගස් සිටුවීම සහ වනාන්තර ප්‍රතිසංස්කරණය කිරීම පුළුල් ලෙස දන්නා ක්‍රමයකි. ගස් CO₂ අවශෝෂණය කර ගැනීමට සහ ඒවායේ ජෛව ස්කන්ධයේ (දැව, කොළ) සහ පසෙහි කාබන් ගබඩා කිරීමට ප්‍රභාසංස්ලේෂණය භාවිතා කරයි.
- පසෙහි කාබන් වෙන් කිරීම: වගා නොකරන ගොවිතැන හෝ ආවරණ හෝග භාවිතා කිරීම වැනි කෘෂිකාර්මික පිළිවෙත් වෙනස් කිරීමෙන් වගා බිම් සහ තෘණ බිම් පසෙහි ගබඩා කර ඇති කාබන් ප්‍රමාණය වැඩි කිරීම කළ හැකිය.
- "නිල් කාබන්" පරිසර පද්ධති (කඩොලාන, ලුණු වගුරු බිම්, මුහුදු තෘණ) ප්‍රතිසංස්කරණය කිරීමෙන් තෙත් ශාක ද්‍රව්‍ය සහ අවසාදිතවල කාබන් අවශෝෂණය කර ගබඩා කිරීමට ඒවායේ ස්වාභාවික ධාරිතාව වැඩි දියුණු කිරීම.
- වැඩි දියුණු කළ බනිජකරණය: මෙම ක්‍රමයට ඇතැම් පාෂාණ වර්ග තලා පසට හෝ සාගරයට එකතු කිරීම ඇතුළත් වේ. මෙම බනිජ ස්වාභාවිකවම වාතයෙන් CO₂ සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර එය ස්ථිර ගබඩා ආකාරයක් වන ස්ථායී කාබනේට් බනිජ (ගල්) බවට පරිවර්තනය කරයි.
- ජෛව අභුරු: මෙයට අඩු ඔක්සිජන් පරිසරයක කාබනික ද්‍රව්‍ය (ජෛව ස්කන්ධ) රත් කිරීම ඇතුළත් වන අතර එය පසට එකතු කළ හැකි ස්ථායී කාබන් (අභුරු) ආකාරයක් නිර්මාණය කරයි. කාබන් දිගු කාලීනව ගබඩා කරන අතරම පසෙහි ගුණාත්මක භාවය වැඩි දියුණු කරයි.
- සෘජු වායු ග්‍රහණය (Direct Air Capture-DAC): යන්ත්‍ර මගින් පෙරහන් හෝ රසායනික අවශෝෂක (ඇමයින ද්‍රාවණ වැනි) භාවිතා කර පරිසර වාතයෙන් සෘජුවම CO₂ ග්‍රහණය කර ගනී. ග්‍රහණය කර ගන්නා ලද CO₂ පසුව සම්පිඩනය කර බොහෝ විට ගැඹුරු භූගත ජලාශ / සාගර වල ස්ථිරවම ගබඩා කිරීම.
- කාබන් ග්‍රහණය සහ ගබඩා කිරීම සමඟ ජෛව ශක්තිය (BECCS): මෙම ප්‍රවේශය බලශක්ති භාවිතය සඳහා බෝග වගා කරයි. ජෛව ස්කන්ධය දහනය කිරීමේදී හෝ සැකසීමේදී නිකුත් කරන ලද CO₂ ග්‍රහණය කර භූගතව ගබඩා කිරීම.
- මූලාශ්‍ර කාබන් ග්‍රහණය: CDR ක්‍රමයක් නොවුවත් (එය පවතින වායුගෝලීය CO₂ ඉවත් කිරීමට වඩා නව විමෝචනය වළක්වන බැවින්), මෙම තාක්ෂණය වායුගෝලයට ඇතුළු වීමට පෙර බලාගාර වැනි විශාල කාර්මික ප්‍රභවයන්ගෙන් CO₂ ග්‍රහණය කිරීම.

- සාගර පාදක CDR: සාගරයේ ස්වාභාවික කාබන් (carbon sink) අවශෝෂණය වැඩි දියුණු කරන ක්‍රම, එනම් CO₂ අවශෝෂණය කර ගැනීමේ ධාරිතාව වැඩි කිරීම සඳහා සාගර ක්ෂාරීයතාව වැඩි දියුණු කිරීම වැනි ක්‍රම පිළිබඳ පර්යේෂණ කරමින් පවතී. නමුත් මෙම ප්‍රවේශයට සාගර ආම්ලිකකරණය වැනි පාරිසරික අවදානම් ඇත.

කෙසේ වුවද ගෝලීය ශුද්ධ-ශුන්‍යා දේශගුණික ඉලක්ක සපුරා ගැනීම සඳහා විමෝචන අඩු කිරීමේ සහ කාබන් ඉවත් කිරීමේ ක්‍රම දෙකෙහිම සංයෝජනයක් අත්‍යවශ්‍ය යැයි සැලකේ.

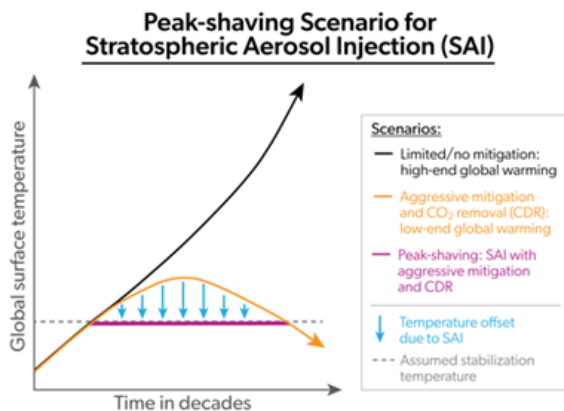
2. සූර්ය විකිරණ වෙනස් කිරීම /කළමනාකරණය (Solar Radiation Modification-/SRM)



රූපය .3 යෝජිත සූර්ය විකිරණ වෙනස් කිරීම /කළමනාකරණය ක්‍රම (මූලාශ්‍රය-NOAA)

පෘථිවිය සිසිල් කිරීම සඳහා හිරු එළිය පරාවර්තනය කිරීම මෙහිදී අරමුණු කරයි. සූර්ය විකිරණ කළමනාකරණය (SRM) යනු පෘථිවියේ උෂ්ණත්වය අඩු කිරීම සඳහා වැඩි හිරු එළියක් නැවත අභ්‍යවකාශයට පරාවර්තනය කිරීමෙන් හෝ පෘථිවියෙන් වැඩි අධෝරක්ත විකිරණ පිටවීමට ඉඩ දීමෙන් ගෝලීය සාමාන්‍ය මතුපිට උෂ්ණත්වය අඩු කිරීමට අදහස් කරන මහා පරිමාණ ක්‍රියාමාර්ග වේ.

මෙම ක්‍රමවලට කාබන් ඩයොක්සයිඩ් ඉවත් කිරීමේ (CDR) ක්‍රමවලට වඩා ඉක්මනින් මතුපිට උෂ්ණත්වය අඩු කිරීමට සහ දේශගුණික විපර්යාස නිසා ඇති වන සමහර අවදානම් අඩු කිරීමට හැකියාව ඇති බවට විශ්වාස කෙරේ. සූර්ය විකිරණ කළමනාකරණය(SRM), විකිරණ වෙනස් කිරීමේ පියවර හෝ සූර්ය හි ඉංජිනේරු විද්‍යාව ලෙසද හැඳින්වෙන අතර එයට සැලකිය යුතු ලෙස වෙනස් වන බොහෝ යෝජිත ක්‍රම ඇතුළත් වේ.



- ස්ත්‍රෝගෝලයට (stratosphere) කුඩා අංශු (aerosol) එන්නත් කිරීම (Stratospheric Aerosol Injection- SAI) මගින් පෘථිවිය වෙත එන හිරු එළියේ පරාවර්තනය වැඩි කිරීම සඳහා පරාවර්තක කුඩා අංශු ගණන වැඩි කිරීම සඳහා උපාය මාර්ගයකි.
- සමුද්‍ර වලාකුළු දීප්තිමත් කිරීම (Marine Cloud Brightening-MCB): පහළ වායුගෝලයේ සමුද්‍ර වලාකුළු වල පරාවර්තනය වැඩි කිරීම සඳහා සාගර කලාපවලට ඉහළින් පහළ වායුගෝලයට කුඩා අංශු (aerosol) එකතු කිරීමේ උපාය මාර්ගයකි.
- පෘෂ්ඨ දීප්තිමත් කිරීම මගින් පෘථිවියට ලැබෙන සූර්ය කිරණ වැඩි කොටසක් පරාවර්තනය කිරීම (මතුපිට Albedo වෙනස් කිරීම). උදාහරණයක් ලෙස සුදු වහලවල් හෝ භූමි ආවරණ වෙනස්කම් හරහා මතුපිට පරාවර්තනය වැඩි කිරීම.

- ඉහළ වායුගෝලයේ ඇතිවන Cirrus වලාකුළු තුනී කිරීම (Cirrus Cloud Thinning- CCT): පෘතුවියෙන් නිකුත් කරන දිගු තරංග අභ්‍යවකාශයට සම්ප්‍රේෂණය වැඩි කිරීම සඳහා ඉහළ උන්නතාංශ අයිස් වලාකුළු වල ගුණාංග වෙනස් කිරීම සඳහා උපාය මාර්ගයකි.

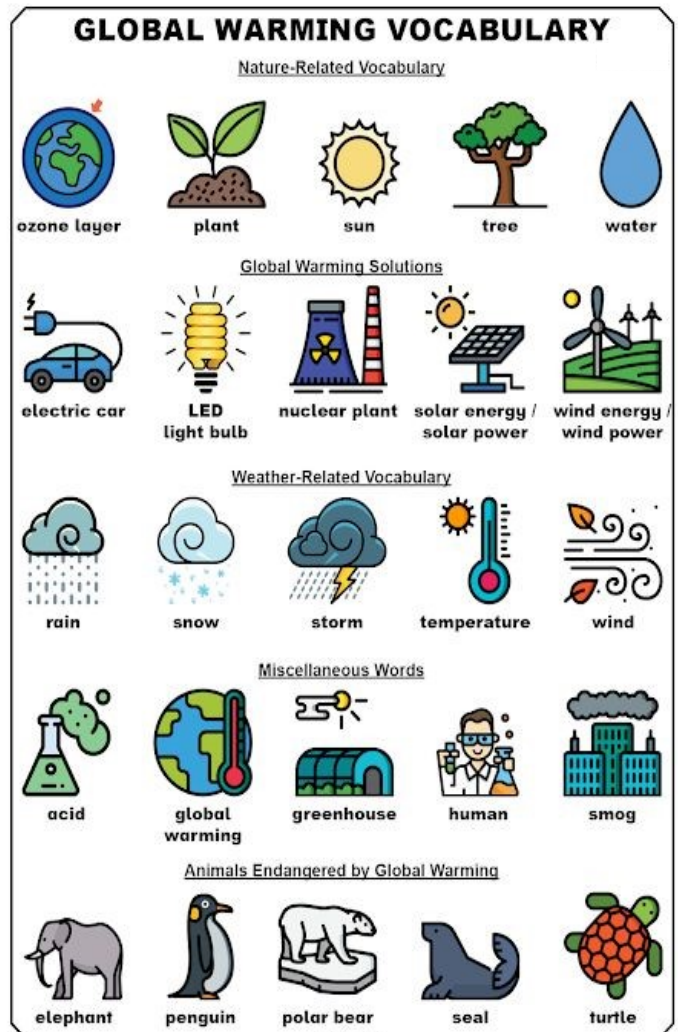
- අභ්‍යවකාශයේ හිරු ආවරණ තැබීම: පෘථිවිය වෙත පැමිණෙන සූර්ය විකිරණ පරාවර්තනය කිරීම සඳහා අභ්‍යවකාශයේ විශාල “දර්පණ” තැබීම සලකා බලයි.

දේශගුණික විපර්යාස මගින් සිදුවන හානිය සීමා කිරීම සඳහා කෙටි කාලීන විකල්පයක් ලෙස හි ඉංජිනේරු විද්‍යාව ප්‍රවර්ධනය කරන්නේ ස්වල්ප දෙනෙක් වුවද, විමෝචනය සීමා කිරීම සඳහා සාම්ප්‍රදායික උපාය මාර්ග සැලකිය යුතු විමෝචන අඩු කිරීමට අපොහොසත් වුවහොත් හෝ දේශගුණික ප්‍රවණතා ආන්තික හා අවදානම් පියවර ගැනීමට තරම් අධිපත වුවහොත් භාවිතා කළ හැකි පියවරක් ලෙස මෙම සංකල්පය මැනකදී වඩාත් බරපතල අවධානයක් ලබා ගනිමින් සිටී.

IPCC 7වෙනි ඇගයීම් වාර්තාවටද මේ පිළිබඳ ඇතුළත් කිරීමට IPCC තීරණය කර ඇත. මෙම යෝජිත සූර්ය විකිරණ කළමනාකරණ (SRM) ප්‍රවේශයන් සහ අදාළ පාලනය මෙන්ම ඒ පිළිබඳ සදාචාරාත්මක ගැටළු ඇතිවිය හැකි බවද විද්‍යාඥයින් පෙන්වා දෙයි. SRM පර්යේෂණ තවමත් එහි මූලික අවධියේ පවතී.

(මූලාශ්‍ර- NOAA Climate.Gov, IPCC-AR6, <https://netzeroclimate.org/>, LAB-TAG(BLOG)

ඒ ආර් පී වර්ණසූරිය,
අතිරේක අධ්‍යක්ෂ ජනරාල්,
කාලගුණ විද්‍යා දෙපාර්තමේන්තුව



Harnessing AI, ML, and Deep Learning for Advanced Weather Forecasting

Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), and Deep Learning (DL) are revolutionizing weather forecasting by complementing and enhancing traditional Numerical Weather Prediction (NWP) systems. These advanced technologies enable faster, more accurate, and higher-resolution predictions, particularly for extreme weather events, nowcasting, and localized forecasts. They are transforming how meteorologists process atmospheric data, detect complex patterns, and deliver actionable forecasts.

Weather forecasting has relied on NWP models such as the Weather Research and Forecasting model (WRF), the Global Forecast System (GFS), and ECMWF's Integrated Forecast System (IFS). These models use mathematical representations of atmospheric physics to simulate future weather states. While robust, NWP systems face notable challenges:

- **Computational cost:** High-resolution models require substantial supercomputing resources.
 - **Lead time:** Producing forecasts can take hours, limiting real-time application.
 - **Resolution limits:** Many models do not capture fine-scale weather events due to coarse grid spacing.
- AI, ML, and DL offer transformative solutions to these challenges by:
- Processing vast volumes of weather data from satellites, radars, and IoT sensors.
 - Recognizing patterns in complex datasets that traditional methods may overlook.
 - Producing forecasts at finer spatial and temporal resolutions, enabling precise localized predictions.
 - Accelerating computation to deliver near real-time forecasts and warnings.

AI + Weather Forecasting

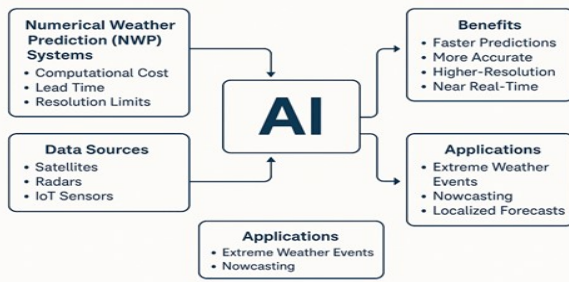


Figure 1: Conceptual diagram of AI + Weather Forecasting

AI, ML, and Deep Learning Approaches in Weather Forecasting

1. Machine Learning

Machine Learning algorithms such as Random Forests, Support Vector Machines (SVM), and Gradient Boosted Trees are being used for:

- Predicting precipitation and temperature anomalies.
- Nowcasting severe weather events.
- Improving parameterizations in NWP models.

Example: The Global Precipitation Measurement (GPM) mission uses ML to refine precipitation estimates from satellite data, increasing accuracy in rain forecasts globally.

2. Deep Learning

Deep Learning methods, including Convolutional Neural Networks (CNNs), Long Short-Term Memory (LSTM) networks, and Transformer architectures, excel in handling:

- Spatial data (satellite/radar imagery).
- Temporal sequences (hourly or daily weather observations).
- Multimodal datasets (combining atmospheric variables).

Example: CNN-based models have shown success in high-resolution precipitation nowcasting with lead times of up to six hours, achieving accuracy improvements of up to 20% compared to conventional models.

3. Hybrid Modelling

Hybrid approaches combine NWP models with ML algorithms to correct systematic biases and downscale forecasts. This synergy allows: Faster forecast generation, Improved resolution and local accuracy, and Enhanced prediction of extreme events.

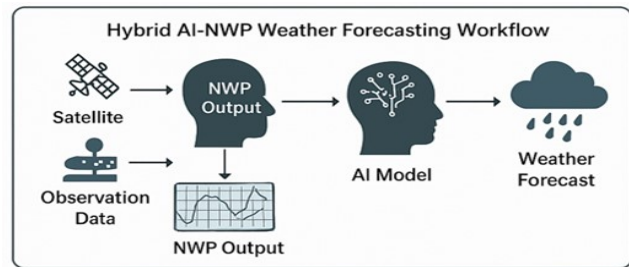


Figure 2: Hybrid AI-NWP Weather Forecasting Workflow

Applications and Case Studies

Lightning Prediction

Lightning forecasting benefits significantly from AI approaches. ML models can ingest parameters like Convective Available Potential Energy (CAPE), wind shear, humidity profiles, and radar reflectivity to predict lightning occurrence and intensity. ML-based lightning prediction models using ERA5 reanalysis data and Earth Networks lightning datasets can improve accuracy by over 15% compared to conventional methods.

Flood Forecasting

ML algorithms are increasingly applied to hydrological forecasting, combining rainfall predictions with river flow models. This enables improved flood warnings with higher spatial resolution, especially for urban catchments vulnerable to flash floods.

Seasonal Forecasting

Ensemble ML models are being developed to predict monsoon onset, intensity, and breaks in South Asia. Such models integrate climate indices like ENSO, Indian Ocean Dipole (IOD), and Madden-Julian Oscillation (MJO) with historical rainfall data for improved seasonal outlooks.

Extreme Weather Nowcasting

DL models nowcast thunderstorms, hail, and heavy rainfall events by analyzing sequences of radar data. This allows for alerts 1–6 hours in advance, enabling timely action to mitigate impacts.

Advantages of AI-Based Weather Forecasting

- **Faster predictions:** ML algorithms can produce forecasts in minutes compared to hours for NWP models.
- **Improved accuracy:** Especially for short-term and localized events.
- **Integration of multiple data sources:** AI systems can fuse data from satellites, weather stations, and numerical models.
- **Customization:** Forecasts tailored to local conditions and specific user needs.

Challenges and Limitations

Despite their potential, AI-driven forecasting systems face challenges:

- **Data scarcity:** High-resolution data availability is limited in many regions, including Sri Lanka.
- **Model transparency:** Deep learning models often function as “black boxes,” making interpretation difficult.
- **Computational demand:** Training sophisticated models requires significant resources.
- **Integration into operations:** Operationalizing AI models requires infrastructure, trained personnel, and real-time data flow.

AI and Weather Forecasting in the Sri Lankan Context

Sri Lanka is highly vulnerable to climate variability and extreme weather events such as monsoon floods, droughts, and lightning storms. AI offers promising applications for improving the country's meteorological services:

- **Lightning and thunderstorm forecasting:** Improving public and aviation safety and disaster preparedness.
- **Urban flood prediction:** Using high-resolution rainfall nowcasts for flood warning systems.
- **Monsoon onset prediction:** Enabling timely agricultural and water resource planning.
- **Heat Index monitoring:** Combining AI with satellite LST datasets to forecast urban heat risks.

Future Directions

Emerging trends in AI-based forecasting include:

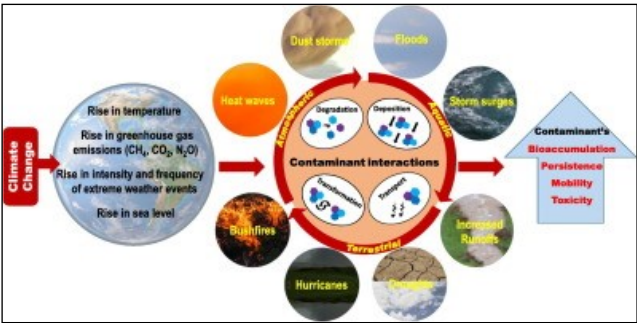
- **Explainable AI:** Improving model transparency to ensure trust and adoption by meteorologists.
- **Edge AI:** Deploying models on local weather stations and mobile devices for real-time forecasting in remote areas.
- **Climate change applications:** Using ML to improve long-term climate projections and assess compound hazards.
- **Global collaboration:** Sharing datasets and models across countries to improve regional forecasts.

AI, ML, and Deep Learning are reshaping meteorology. By complementing traditional numerical weather prediction, these tools offer faster, more accurate, and more localized forecasts. For Sri Lanka, integrating AI-based approaches into operational meteorology can improve preparedness for monsoon variability, lightning hazards and floods enhancing resilience to climate change.

References

1. ECMWF. (2025). *Artificial Intelligence Forecasting System (AIFS)*.
2. Frontiers in Environmental Science. (2025). *AI for Extreme Weather Prediction*.
3. Washington University. (2025). *AI Simulates Climate Dynamics*.

J.S.D.S. Premathilake
Senior Meteorologist
Katunayake International Airport



Temperature Changes in Sri Lanka: Evidence of a Warming Climate (1975–2024)

Abstract

Surface air temperature is one of the most reliable indicators of climate change. This study investigates temperature changes across Sri Lanka over the past five decades (1975–2024) using daily maximum and minimum temperature data from 15 synoptic meteorological stations. The Mann-Kendall trend test, Sen’s slope estimator, and Pettitt’s change point analysis were used to detect long-term trends and abrupt shifts in temperature time series. Results reveal statistically significant warming trends throughout the island, with stronger increases in minimum temperature compared to maximum temperature, leading to a decline in the diurnal temperature range (DTR). The analysis also indicates a major regime shift in the mid-1990s, consistent with global warming patterns. The year 2024 has been recorded as one of the warmest globally, further reinforcing the evidence that Sri Lanka is undergoing pronounced climatic warming. These findings highlight the urgent need for adaptive measures across climate-sensitive sectors including agriculture, health, and water management.

Keywords: Temperature trend, climate change, Mann-Kendall test, Sen’s slope, Sri Lanka, diurnal temperature range.

1. Introduction

Global mean surface temperatures have increased by approximately 1.2°C above pre-industrial levels, making the 2020s the warmest decade in recorded history. The year 2024 is projected to be one of the warmest years globally, driven by continued greenhouse gas emissions and intensified land-atmosphere feedbacks. These changes have far-reaching consequences, including heat stress, altered rainfall regimes, and ecosystem degradation.

Sri Lanka, located in the tropical Indian Ocean, has a monsoon-dominated climate that is highly sensitive to global temperature increases. The country’s diverse topography—from the central highlands to coastal plains—creates strong spatial variability in climatic responses. While rainfall variability has been studied extensively, long-term **temperature changes** have received less systematic attention. Understanding temperature behavior is vital, as it directly influences water balance, agricultural productivity, and human health.

This study extends earlier research on Sri Lanka’s air temperature variability, focusing exclusively on the detection of **climate change signals** using robust statistical methods. By analyzing temperature trends, seasonal variations, and abrupt changes from 1975 to 2024, this paper provides comprehensive evidence of ongoing warming and its regional characteristics.

2. Data and Methodology

Daily maximum (Tmax) and minimum (Tmin) temperature data from 15 synoptic meteorological stations were obtained from the Department of Meteorology, Sri Lanka. The study period (1975–2024) provides a 50-year continuous dataset suitable for assessing long-term climate signals. Data were quality-controlled for missing values and homogeneity using Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) and visual inspection.

2.1 Seasonal Categorization

The analysis was performed for both annual and seasonal scales, classified as follows:

- First Inter-monsoon (IIM): March–April
- Southwest Monsoon (SWM): May–September
- Second Inter-monsoon (2IM): October–November
- Northeast Monsoon (NEM): December–February

2.2 Statistical Analysis

Three non-parametric techniques were employed:

Mann-Kendall (MK) Test: Detects monotonic trends in temperature without assuming a specific distribution.

Sen’s Slope Estimator: Quantifies the magnitude of the detected trends (°C/year).

Pettitt’s Test: Identifies abrupt changes or regime shifts in time series.

The Diurnal Temperature Range (DTR) was computed as the difference between daily Tmax and Tmin. Statistical computations were performed in R, using the trend and changepoint packages.

3. Results

3.1 Long-term Temperature Trends

Both Tmax and Tmin exhibited statistically significant upward trends across most stations ($p < 0.05$). The rate of increase in Tmin ($0.025\text{--}0.055^{\circ}\text{C}$ per year) exceeded that of Tmax ($0.018\text{--}0.041^{\circ}\text{C}$ per year), reflecting stronger warming during night-time conditions. This asymmetric warming has caused a gradual reduction in DTR, especially in urban and lowland areas such as Colombo, Ratnapura, and Anuradhapura.

The warming trend is consistent with global temperature records and IPCC AR6 findings, which confirm enhanced nighttime warming in tropical regions.

3.2 Seasonal Variability

Seasonal analysis revealed marked differences between monsoonal periods. The First Inter-monsoon (March–April) and Southwest Monsoon (May–September) seasons displayed the strongest warming in Tmax, while Tmin increased significantly in all four seasons.

Season	Average Tmax Trend ($^{\circ}\text{C}/\text{yr}$)	Average Tmin Trend ($^{\circ}\text{C}/\text{yr}$)	DTR Change
1IM (Mar–Apr)	0.036	0.045	Decrease
SWM (May–Sep)	0.041	0.048	Decrease
2IM (Oct–Nov)	0.027	0.039	Slight decrease
NEM (Dec–Feb)	0.019	0.029	Stable

The reduction of DTR, particularly in the southwest and central provinces, suggests increased atmospheric moisture and urbanization effects that limit nocturnal cooling.

3.3 Detection of Abrupt Shifts

The Pettitt’s Test identified statistically significant change points between 1992–1996 for most stations. This shift coincides with a period of rapid global temperature acceleration and local land-use transformation, including expansion of urban centers and deforestation in lowland areas. The post-1995 period shows a distinct regime of accelerated warming across all temperature indices.

3.4 Spatial Distribution

Spatial trend mapping showed pronounced warming in north-central, western, and southern plains, with comparatively slower warming in central highlands (e.g., Nuwara Eliya). The spatial heterogeneity aligns with elevation gradients and urban heat island effects.

These spatial variations underscore the complex interaction between local geography, surface properties, and global climate forcing.

4. Discussion

The results clearly indicate that Sri Lanka is experiencing significant and widespread warming. The dominance of Tmin increases over Tmax suggests enhanced greenhouse gas concentrations and cloud cover changes, consistent with global trends. This pattern mirrors findings in South and Southeast Asia, where Tmin increases are often linked to higher humidity and suppressed nocturnal radiation loss.

The mid-1990s change point reflects a global climate regime shift observed in many parts of Asia. The accelerated warming after this period is attributed to both global anthropogenic

forcing and local environmental changes, such as deforestation and urban expansion. These combined effects amplify temperature anomalies and reduce diurnal variability.

Comparatively, the rate of warming in Sri Lanka ($0.02\text{--}0.05^{\circ}\text{C}/\text{year}$) is slightly below that of global averages in continental regions but still significant for an island nation. Given that 2024 ranks among the warmest years ever recorded globally, Sri Lanka’s long-term trend is part of the broader planetary warming signal.

5. Implications for Sri Lanka

Rising temperatures pose substantial challenges to multiple sectors:

Agriculture: Higher night-time temperatures affect rice and tea yields due to increased respiration and reduced grain filling.

Health: Heat stress and vector-borne diseases (e.g., dengue) are expected to rise under prolonged heat conditions.

Water Resources: Enhanced evapotranspiration may exacerbate dry-season water shortages.

Ecosystems: Shifts in temperature and humidity may disrupt biodiversity, particularly in sensitive montane ecosystems.

Developing early warning systems for heatwaves, integrating climate data into agricultural planning, and strengthening urban green infrastructure are essential for climate resilience.

6. Conclusion

This study presents comprehensive evidence of long-term warming trends in Sri Lanka based on 50 years of temperature observations. Both maximum and minimum temperatures show statistically significant increases, with the strongest signals in minimum temperature and a consistent decline in DTR. A notable regime shift around the mid-1990s marks a period of accelerated warming, consistent with global climate change trajectories.

These findings, combined with the record-breaking global warmth observed in 2024, confirm that Sri Lanka’s climate is undergoing significant transformation. Continuous monitoring, regional climate modeling, and proactive adaptation strategies are vital to mitigate the impacts of rising temperatures on ecosystems and society.

Acknowledgment

The author acknowledges the Department of Meteorology, Sri Lanka for providing access to long-term temperature data and the World Meteorological Organization (WMO) for global climate datasets used for comparison.

References

Mann, H.B. (1945). Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 245–259.

Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall’s tau. *JASA*, 63(324), 1379–1389.

Naveendrakumar, G. et al. (2018). Five decadal trends in averages and extremes of rainfall and temperature in Sri Lanka. *Advances in Meteorology*.

Premalal, K.H.S. & Punyawardena, R. (2013). Occurrence of Extreme Climatic Events in Sri Lanka.

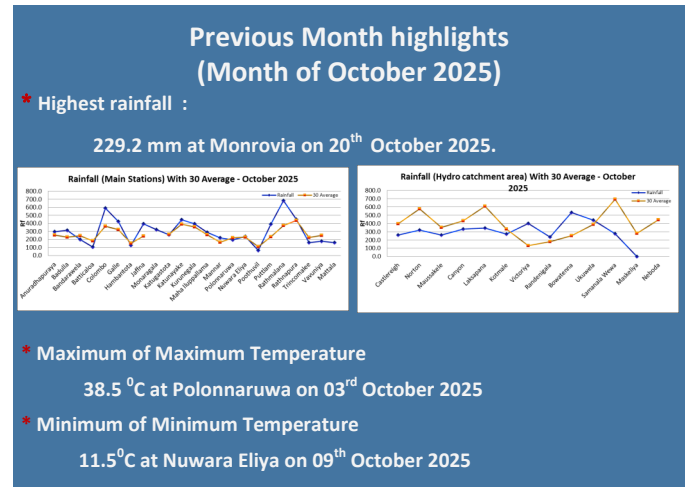
Zhi, X. et al. (2022). Detection of abrupt changes in temperature patterns in Asia. *Atmospheric Research*.

World Meteorological Organization (2024). State of the Global Climate 2024.

IPCC (2021). Sixth Assessment Report: The Physical Science Basis.

Jayawardena, I.M.S.P. et al. (2018). Recent trends in climate extreme indices over Sri Lanka. *American Journal of Climate Change*, 7(4), 586–599.

A.W.S.J. Kumara
Meteorologist
Department of Meteorology, Sri Lanka



Seasonal and Monthly Rainfall Forecasts from November 2025 to January 2026

This consensus Climate Outlook for November to January 2025/26 season over Sri Lanka has been developed through an expert assessment of the prevailing global climate conditions influencing the South Asian climate and seasonal forecasts from different climate models around the world. La Niña conditions are present and favored to persist through December 2025 - February 2026, with a transition to ENSO-neutral likely in January-March 2026. The negative Indian Ocean Dipole (IOD) event remains active, with the latest index value reaching -1.61°C for the week ending 26 October 2025. Most global models predict the negative IOD event to continue throughout the month of November, with a return to neutral in December. Careful consideration is also given to other regional and global factors as well as the intraseasonal variability of the region that can affect the rainfall and temperature patterns over the country.

Seasonal Rainfall Forecast for November-January 2025/26 (NDJ)

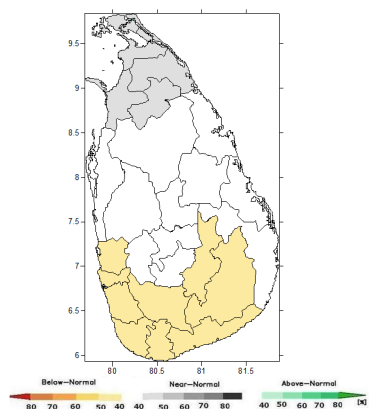


Fig 1: Consensus Probabilistic Monthly rainfall forecast for NDJ 2025/26

Near normal rainfalls are likely over Northern province and below normal rainfalls over western, Southern and Uva provinces and in Rathnapura district. There is climatological probability with having an equal probability for near or below or above normal rainfalls over remaining areas of the country during the NDJ 2025/26 period.

Monthly Rainfall Forecasts for November, December and January 2025/26

For the month of November 2025

There is a probability of having near normal rainfalls over western and Northern provinces and below normal rainfall are likely over remaining areas of the country during the Month of November 2025.

However, there is a possibility of low-pressure areas, depressions and cyclones developing near the island and vicinity of Sri Lanka during this period, which could result in increased rainfall.

For the month of December 2025

There is a probability of having near normal rainfall over Northern province and below normal over Western, Southern and Uva provinces. There is a climatological probability with an equal probability of having near or below or above normal rainfalls over remaining areas of the country during the Month of December 2025.

However, there is a possibility of wavy type disturbances, depressions and cyclones developing near the island and vicinity of Sri Lanka during this period, which could result in increased rainfall

For the month of January 2026

There is a probability for near normal rainfall over most parts of the country during the Month of January 2025.

In addition to that, there is a possibility of wavy type disturbances, developing near the island and vicinity of Sri Lanka during this period, which could result in increased rainfall

Temperature Forecast for the months of November 2025 to January 2026

Seasonal Probabilistic Temperature Forecast for November 2025 to January 2026 (NDJ)

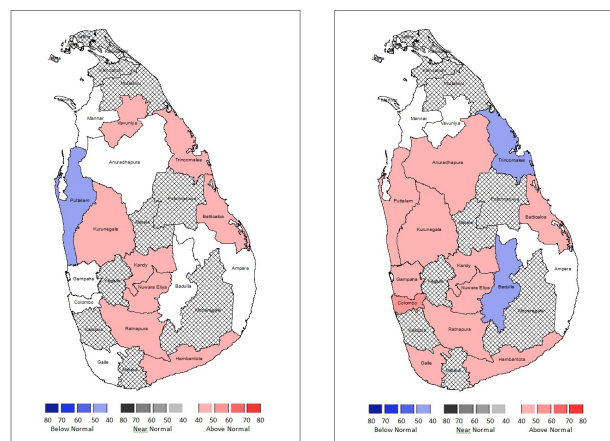


Fig 2:

Fig 2: provides the Probabilistic forecast for Maximum Temperatures for NDJ season 2025/26

Fig 3:

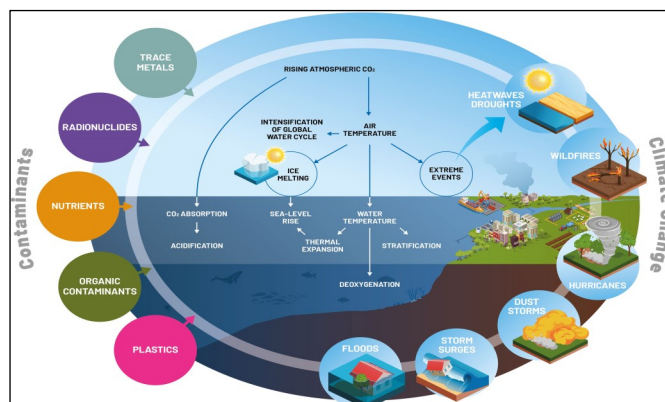
Fig 3: provides the Probabilistic forecast for Minimum Temperatures for NDJ season 2025/26

Fig 2 shows the probabilistic forecast for Maximum Temperatures during NDJ season 2025/26.

Accordingly, There is a higher chance of experiencing slightly above the normal Maximum Temperatures in Vavuniya, Trincomalee, Batticaloa, Kurunegala, Kandy, Nuwara-Eliya, Rathnapura and Hambantota districts and slightly below the normal Maximum Temperatures in Puttalam district (Fig 2) for the NDJ season 2025/26

Fig 3 provide the probabilistic forecast for Minimum Temperatures during NDJ season 2025/26.

Accordingly, there is a higher chance of experiencing slightly above the normal Minimum Temperatures in Puttalam, Kurunegala, Anuradhapura, Gampaha, Colombo, Galle, Kandy, Rathnapura, Nuwara-Eliya, Hambantota and Batticaloa districts and slightly below the normal Minimum Temperatures in Badulla and Trincomalee districts (Fig 3) during NDJ season 2025/26.





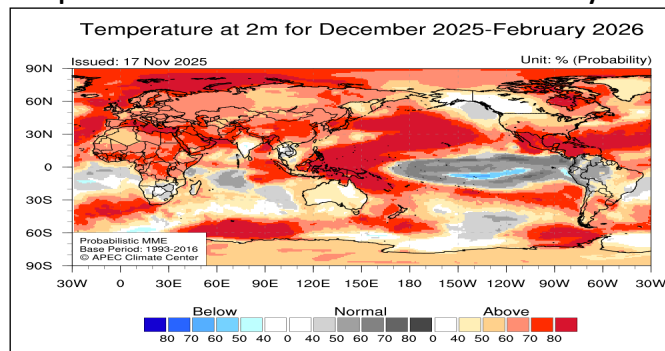
Global Weather Forecast

(Source: <https://apcc21.org/ser/outlook.do?lang=en>)

MME Seasonal Outlook for December 2025 ~ May 2026

- The APCC ENSO Alert suggests “Inactive”. La Nina is expected to be end in coming months.
- Above normal temperatures is mostly probable for the globe except for the central and eastern tropical Pacific, and some region in the other tropical oceans for December 2025 — May 2026.
- Above normal precipitation is predicted for the Arctic and adjacent region of northern continents, Western equatorial Pacific and subtropical north and south Pacific and central America. Below normal precipitation is predicted for the tropical Atlantic and western Indian Ocean, East Asia, equatorial central Pacific and off-equatorial eastern Pacific for December 2025 – February 2026. Similar pattern of precipitation with lower probability is expected during March – May 2026 except for central equatorial Pacific

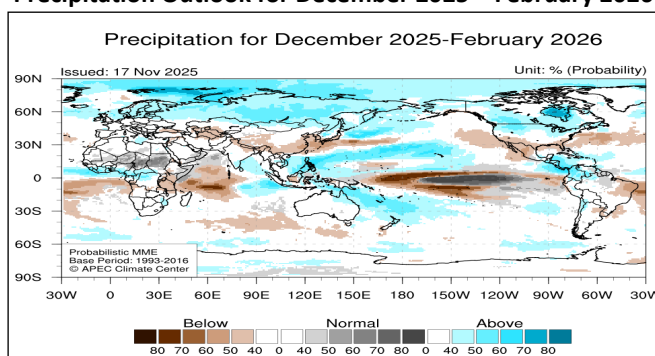
Temperature Outlook for December 2025 ~ February 2026



- Strongly enhanced probability for above normal temperatures is predicted for the Arctic sea, northeastern Atlantic, Mediterranean, central Africa, Middle East, Eastern Indian Ocean, South Asia except for India, East Asia and north Pacific, western tropical Pacific, southern USA, Caribbean, western subtropical North Atlantic. Enhanced probability for above normal temperatures is expected for Europe, Russia, Central Asia, North Africa, eastern Canada, northern USA, southern and eastern south America.
- Enhanced probability for near normal temperatures is predicted for the central to eastern subtropical Pacific and central tropical Indian ocean, northwestern South America.

- Enhanced probability for below normal temperatures is predicted for eastern equatorial Pacific.

Precipitation Outlook for December 2025 ~ February 2026



- Strongly enhanced probability for above normal precipitation is expected over Arctic sea. Enhanced probability for above normal precipitation is predicted for Central Russia, subtropical north Pacific, southwestern Pacific, Caribbean, western Canada. A tendency for above normal precipitation is expected for India, northern Europe, most of Russia, west Africa, Canada, northwestern South America.
- Enhanced probability for near normal precipitation is predicted for the central to eastern Africa, eastern equatorial Pacific.
- Strongly enhanced probability for below normal precipitation is predicted for the central and western equatorial Pacific and off-equatorial Pacific, equatorial western Indian Ocean. Enhanced probability for below normal precipitation is expected for eastern part of East Asia, equatorial Atlantic and eastern Brazil. A tendency for below normal precipitation is predicted for Central Asia, southern USA and Mexico.

