37 වෙළුම - 2 කලාපය 2020 අප්‍රේල් - ජූනි
ISSN 1391-0299

විදුරාව

ජාතික විද්‍යා පදනමේ විද්‍යා සඟරාව

හරිත අනාගතයකට පුනර්ජනනීය බලශක්තිය

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

විදුරාව

37 වෙළුම - 3 කලාපය
2020 ජූලි - සැප්තැම්බර්

සභාපති
මහාචාර්ය රංජිත් සේනාරත්න

අධ්‍යක්ෂ ජනරාල් (වැ.බ.)
ආචාර්ය තමාරා එෆ්. ඩයස්

ජාතික විද්‍යා පදනමේ විදුරාව ප්‍රචලිතකිරීම පිළිබඳ ක්‍රියාකාරී කමිටුව
ආචාර්ය ජයන්ත වත්තවිදානගේ (සභාපති)
ඉංජිනේරු නීල් අබේසේකර
ආචාර්ය වයි. ඩබ්: ආර්. අමරසිංහ
බී. ඩබ්: ජී. දිල්හානි
ආචාර්ය පී. බී. ධර්මසේන
ආචාර්ය ආර්. එම්. ධර්මදාස
මහාචාර්ය ජනිතා ඒ. ලියනගේ
මහාචාර්ය රෝහිණී ද සිල්වා
ආචාර්ය කුමාරි තිලකරත්න
එරින් විජේකෝන්
මහාචාර්ය මනූජ් සී. වීරසිංහ

සංස්කාරකවරු
තුසිත මලලසේකර - සිංහල
අසෝක ද සිල්වා - ඉංග්‍රීසි
එම්. තයාපරන් - දෙමළ

සංස්කරණ උපදේශකත්වය
ආචාර්ය පී. ආර්. එම්. පී. දිල්රුක්ෂි

විදුරාව සම්බන්ධීකරණය
අභිමානි රණතුංග
අපේක්ෂා හේරත්

අකුරු සැකසුම හා පිටු නිර්මාණය
ලක්ෂිකා පියුමි නිශ්ශංක

පිටකවරය
ලක්ෂිකා පියුමි නිශ්ශංක

ප්‍රකාශනය සහ මුද්‍රණය
ජාතික විද්‍යා පදනම
47/5, මේට්ලන්ඩ් පෙදෙස
කොළඹ 07

පිළිබිඹු මූලාශ්‍රයෝ: ලේඛකයන්/අන්තර්ජාලය

දුරකථනය: 2696771
ෆැක්ස්: 2694754
විද්‍යුත් ලිපිනය: vidurava@nsf.gov.lk

විදුරාව විද්‍යා සඟරාව ජාතික විද්‍යා පදනමේ වෙබ් අඩවිය වන www.nsf.gov.lk හි අන්තර්ගත කොට ඇත.

පටුන

2 කතුවැකිය

3 නූතන ලෝකයේ බලශක්තිය
මහාචාර්ය ජේ.බී. ඒකනායක

10 බලැති චලිතය පාලනය: පුනර්ජනනීය බලශක්තියේ සහ මානව ශිෂ්ටාචාරයේ නොදුටු නියමුවා
ආචාර්ය එම්. පී. බී. ඒකනායක

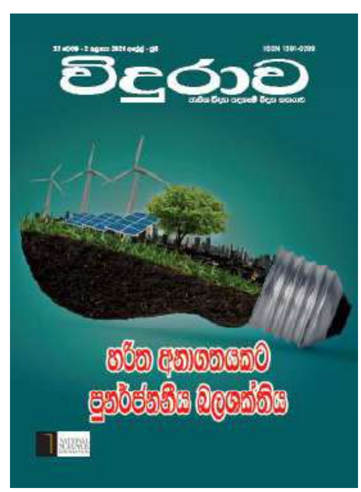
16 පුනර්ජනනීය බලශක්තියේ භූ-දේශපාලනය
ආචාර්ය ජී. එම්. ආර්. අයි. ගොඩලියද්ද

20 පුනර්ජනනීය බලශක්තිය සමග සරල ධාරාවේ පුනරාගමනය
මහාචාර්ය ජේ.බී. ඒකනායක

24 අඩු කාබන් සීමා වූ ලෝකයක් සඳහා හරිත සන්නිවේදනය
ආචාර්ය එස්.ඒ.එච්.ඒ. සුරවීර

29 පුනර්ජනනීය බලශක්ති අධ්‍යාපනය: පෙරපාසලේ සිට විශ්වවිද්‍යාලය දක්වා
ආචාර්ය එච්.එම්.වී.ආර්. හේරත්

32 ලැබූ දැනුම විමසමු



© ජාතික විද්‍යා පදනම-ශ්‍රී ලංකාව

ISSN 1391-0299

මෙම ප්‍රකාශනයෙහි අඩංගු ලිපිවල අන්තර්ගතය එම ලිපි සැකසූ ලේඛකයන්ගේ අදහස් වන අතර ජාතික විද්‍යා පදනම ඒ හා සම්බන්ධව වග කියනු නොලැබේ.

කතුවැකිය

පුනර්ජනනීය බලශක්තිය

සිඳියැමක් කිසිදා ඇති නොවනු ඇතැයි සිතා සිටි තෙල් ලිං සිඳී යමින් ඇත. ස්වභාවික වායු ඇත්තේ ද සීමිත ප්‍රමාණයකි. ගල් අඟුරු නිධිද නිමා වෙමින් පවතියි. න්‍යෂ්ටික බලය අදටත් අසීමිත බව පෙනුනද එය නිපදවීම අසීරුය. එසේම මිනිසා ඇතුළු සත්ව සහ ශාක ප්‍රජාවට සෞඛ්‍යමය හානි ඇතිකිරීමට එය සමත්ය. කාර්මික විප්ලවයෙන් පසුව මිනිසාට ජවය සහ බලය සැපයූ පොසිල ඉන්ධන මෙසේ ක්‍රම ක්‍රමයෙන් අපෙන් සමුගන්නා විට හෙට අප මෙම අභියෝගයට මුහුණදෙන්නේ කෙසේද?

මිනිසා දැන් ආපසු හැරී බැලීමට සූදානම්ය. පසුම්බියේ මුදල් නැතිවිට කැටය කැඩීමේ සිරිතට මිනිසා යොමුව සිටිති. නමුත් සිහි නුවණින් විමර්ශනය කරන විට ඇත්තේ කැටයක් නොව නිධානයකි. මෙම නිධානය වර්තමාන විද්‍යාඥයින් දකින්නේ පුනර්ජනනීය බලශක්තිය ලෙසය. නැතිනම් "රිනිවබල් එනර්ජි" ලෙසය. මෙම නිධානය සපයා දෙන්නේ එකම ආකාරයක වස්තු සම්භාරයක් නොවේ. ජලය, සුළං, සූර්ය, උදම්, භූ තාපය, ජෛව ස්කන්ධ ආදී වශයෙන් සම්පත් සමූහයක් මිනිසා ඉදිරියේ ඇත. විද්‍යාඥයින් හමුවේ පවත්නා කාර්යභාර්ය වන්නේ මේ සුනෙත්‍ය බලශක්ති ප්‍රභව ලාභදායී හා කාර්යක්ෂම ලෙස පරිහරණය කළ හැකි පරිද්දෙන් එකලස් කර ගැනීමය.

මේ අතරින් ජලය ආශ්‍රිතව විදුලිය නිපදවීම අපට අමුත්තක් නොවේ. එදා ඉංජිනේරු විමලසුරේන්ද්‍ර මැතිඳුන්ගේ මූලිකත්වයෙන් කඩා හැළෙන දිය ඇළිවලින් විදුලිය නිපදවීම කොතරම් සාර්ථක වූයේද යත් අදටත් අපට අවශ්‍ය විදුලි ශක්තියෙන් 30% - 60% ක් නිපදවනුයේ ඒ ආශ්‍රයෙනි. එහෙත් මෙම සම්පත්ද තවදුරටත් සංවර්ධනය කළනොහැකි තරම්ය. වර්තමාන විද්‍යාත්මක හා තාක්ෂණ දැනුම තුළින් ජලයෙන් තවත් බොහෝ විදුලිය නිපදවිය හැකි මං පවතී. ජලය තැනී ඇති ඔක්සිජන් සහ හයිඩ්‍රජන් යන මූලද්‍රව්‍ය වෙතින් හයිඩ්‍රජන් වෙන්කර ගතහොත් එය මහා ඉන්ධන සම්පතක් වනු නිසැකය. ලෝකයේ 2/3 කට වගකියන මහා සාගර හමුවේ මෙම ප්‍රයත්නය එළදැරීම මිනිසාගේ ඉන්ධන සිහිනයට මව්තකරවන සුළු විසඳුමක් ගෙන දෙනු ඇත. එයට අමතරව මහා සාගරවල තරංග බලය සහ උදම් ක්‍රියාකාරිත්වයද මිනිසාගේ ශක්ති දොළදුක සන්සිඳවීමට අත් උදව් සපයනු නිසැකය.

අද දවසේ ඇති දැනුම හරහා අපට අසීමිත ලෙස බලශක්තිය නිපදවාගත හැකි මහඟුම ප්‍රභවය වන්නේ සූර්යයාය. මේ වනවිටත් සූර්ය බලය විදුලිය ඇතුළු බලශක්ති අවශ්‍යතා සපුරාලන ජයග්‍රාහී මාවතට එළැඹ ඇත. හෙට අනිද්දා වනවිට සූර්ය ඉන්ධන සූර්යකෝෂ හරහා පමණක් නොව විවිධාකාරයෙන් අප අතපත්වනු නොඅනුමානය.

ගත සිත සනසවමින් හමායන පවන්රැල්ල නැතිනම් සුළං ද හෙට දවසේ බලශක්ති පිපාසාව නිවීමට සැදී පැහැදෙමින් සිටිනු පෙනේ. විශේෂයෙන් තද සුළං හමන වෙරළබඩ හා වෙනත් ප්‍රදේශවල පිහිටුවන සුළං බලාගාර මෙරටද දැන් යථාර්ථයක් බවට පත්වෙනු ඇති.

මිහිකත තුළින් පැනනගින භූ තාපය අද මෙරට අප දන්නේ "උණු වතුර ලිං" පැවතීම මතය. එහෙත් මෑතදී විද්‍යාඥයින් සොයාගෙන ඇති යම් තාකෂණයන් තුළින් භූ තාපයද කදිම බලශක්ති ප්‍රභවයක් බවට පත්කර ගත හැක. ශ්‍රී ලංකාව හරිත විමානයකි. මෙරට ඇති මෙම ජෛව ස්කන්ධ සම්පත නිසියාකාරව කළමනාකරණය කරගැනීම තුළින් ද අපට අවශ්‍ය බලශක්ති ප්‍රමාණයෙන් යම් ප්‍රතිශතයක් නිපදවාගත හැකි බව දැන් ප්‍රායෝගිකව සනාථ කර ඇත. ග්ලිරිසීඩියා වැනි මේ සඳහා වඩා සුදුසු ශාක වර්ග ක්‍රමවත්ව වගා කිරීමට පියවර ගැනීම එනිසා වැදගත්වේ.

ලෝකයේ බොහෝ රටවල් අපතේ යන සම්පත් වන කුණු කසල බලශක්තිය නිපදවීමට යොදා ගැනීම බරපතළ ගැටළු දෙකකට පිළිතුරු සපයයි. ඒ එක්රැස්වන කුණු කසල හිතකර ලෙස ඉවත් කිරීම සඳහාත් අවශ්‍ය බලශක්තිය නිපදවා ගැනීමට ඉඩ සලසනු සඳහාත්ය. මේ ආකාරයෙන් පුනර්ජනනීය බලශක්තිය අපගේ බලශක්ති අවශ්‍යතා සපුරාලීමට යොදාගත හැකි ආකාරය මෙවර "විදුරාව" කලාපය සවිස්තරව ඉදිරිපත් කර ඇත.

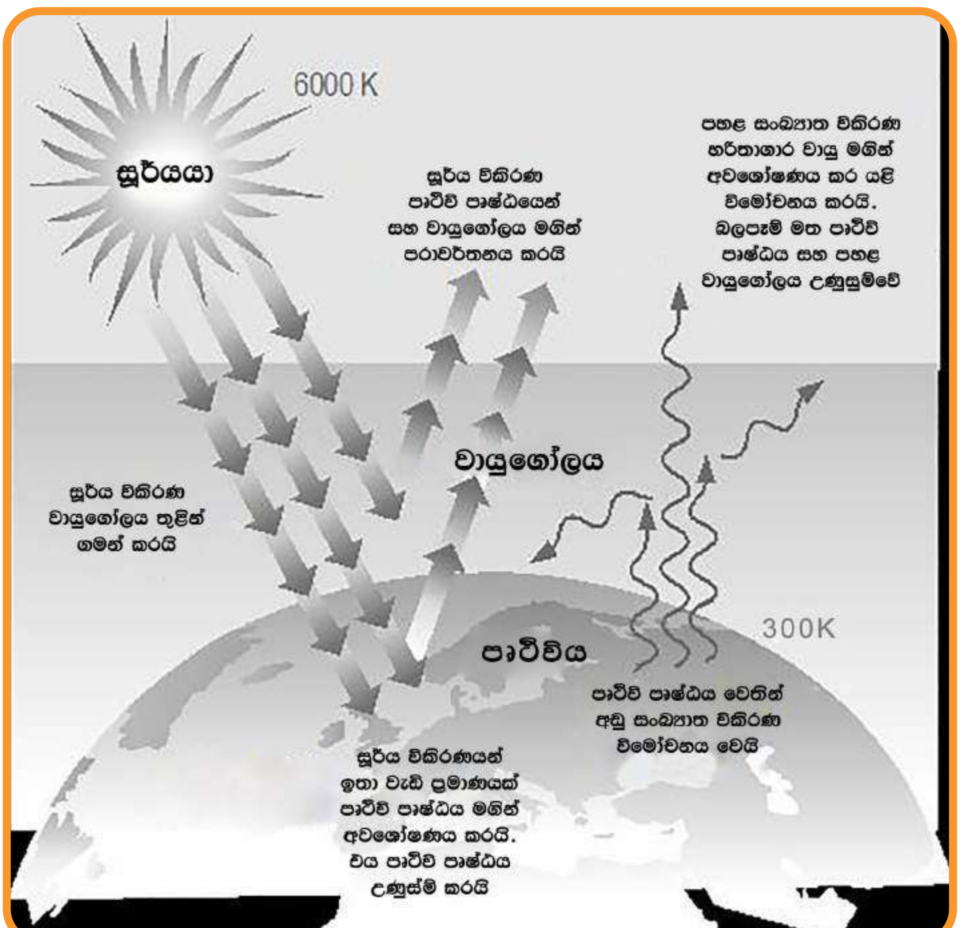
තුසිත මලලසේකර

නූතන ලෝකයේ බලශක්තිය

මහාචාර්ය ජේ.බී. ඒකනායක

නූතන සමාජයේ පැවැත්ම බෙහෙවින් රඳා පවතින්නේ ආහාර පිසීම, උණුසුම, සිසිලනය, ආලෝකකරණය යනාදිය සඳහා අවශ්‍ය ශක්තිය ලැබීම මත ය. වර්තමානයේ බොහෝ ශක්තිය ලබාගන්නේ ගල් අඟුරු, තෙල් සහ ගෑස් වැනි පොසිල ඉන්ධන දහනය මගිනි. පසුගිය වසර 25 තුළ ලෝක බලශක්ති ඉල්ලුම වසරකට සියයට 2.5 ක පමණ වේගයකින් අඛණ්ඩව වර්ධනය වී තිබේ. සංචිත ක්ෂය වීම සහ පොසිල ඉන්ධන වැඩියෙන් දහනය කිරීමෙන් සිදුවන පරිසර බලපෑම නිසා මෙම පරිභෝජනය වැඩිවීම දිගින් දිගටම පවත්වා ගත නොහැකි වී ඇත. අනාගතයේ යම් කාලයකදී තෙල් හා ගෑස් නිස්සාරණය කිරීමේ පිරිවැය ඒවායේ භාවිතය සීමා කිරීමට තරම් ඉහළවනු ඇත. තවද, පොසිල ඉන්ධන දහනය කිරීම හා එහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස වායුගෝලයට කාබන්ඩයොක්සයිඩ් (CO_2) විමෝචනය කිරීම දේශගුණික විපර්යාසයන් ඇතිකරමින් හානිකර ලෙස බලපෑමට හේතු වන බවට දේශගුණ විද්‍යාඥයින් අතර පැහැදිලි එකඟතාවයක් ඇත. එබැවින් බොහෝ රජයන්, පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභවයන් හඳුන්වාදීමට දැඩි උත්සාහයක් දරන්නේ ඒවා ක්‍රියාත්මක වන විට CO_2 නිපදවීම සිදු නොවන නිසාත් ඒවා පොසිල ඉන්ධන මෙන් ක්ෂය නොවන නිසාත් ය.

එබැවින් අනාගත බලශක්ති සැපයුමේදී සහ වඩාත් තිරසර බලශක්ති ආර්ථිකයකට පරිවර්තනය සඳහා පුනර්ජනනීය බලශක්තිය භාවිතය වැදගත් කාර්යභාරයක් ඉටු කරයි. කෙසේ වෙතත්, පුනර්ජනනීය



1 වන රූපය : හරිතාගාර ආවරණය සරල ලෙස නිරූපණය කිරීම

2 වන රූපය : සුළං බලාගාරය

බලශක්තියට ආවේනික වූ අභියෝගද රැසක් ඇත. පොදුවේ ගත් කළ, පුනර්ජනනීය බලශක්ති යෝජනා ක්‍රමවල ආරම්භක ප්‍රාග්ධන පිරිවැය ඉහළ මට්ටමක පවතින අතර, ඒවායේ ප්‍රතිදානය පවතින සම්පත් මත සම්පූර්ණයෙන්ම රඳා පවතින අතර සූර්යයාගේ හා සුළගේ ශක්තිය සමඟ වෙනස් වේ.

3 වන රූපය : සූර්ය ප්‍රකාශ-වෝල්ටීයතා බලාගාරය

පුනර්ජනනීය බලශක්තියේ අවශ්‍යතාවය

පොසිල ඉන්ධන දහනය කිරීමෙන් වායු දූෂණයවැනි ප්‍රාදේශීයව ඇතිවන පාරිසරික බලපෑම්, අම්ල වැසිවැනි කලාපීය බලපෑම් මෙන්ම දේශගුණික විපර්යාසයන්ගේ ගෝලීය බලපෑම් ඇති වේ.

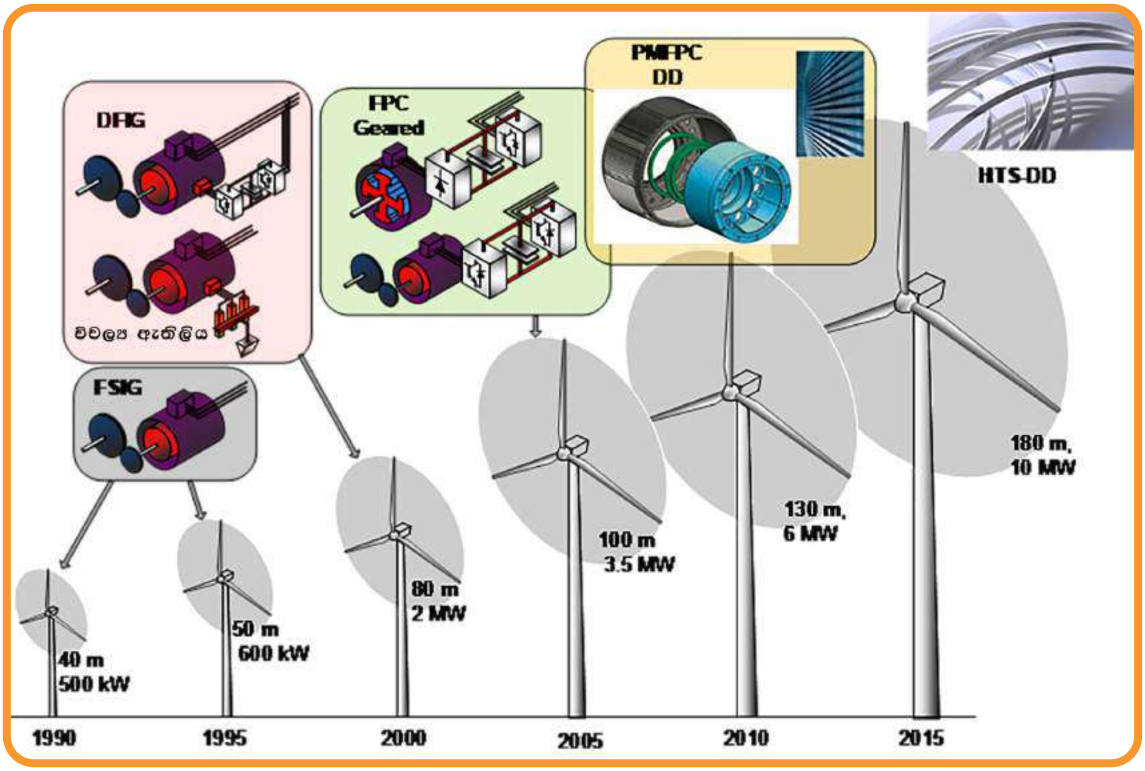
තාප බලාගාර, අභ්‍යන්තර දහන එන්ජින් සහ ගොඩනැගිලි තාපන පද්ධති සියල්ලම වායුමය විමෝචන සහ පරිසරයට හා මිනිස් සෞඛ්‍යයට හානි කළ හැකි ඉතා කුඩා අංශු නිපදවයි. එවැනි විමෝචනවල ප්‍රාදේශීය ප්‍රතිවිපාක සඳහා උදාහරණ වන්නේ ඇතැම් විශාල නගරවල බොහෝ විට වාහන පිටාර දුමෙන් ඇතිවන ප්‍රකාශ - රසායනික ධූමිකාය (photo-chemical smog). තවද, බලාගාරවල ගල් අඟුරු දහනය කිරීමෙන් සල්ෆර් ඩයොක්සයිඩ් (SO_2) සහ අනෙකුත් දූෂක නිපදවන අතර ඒවා වායුගෝලයට විමෝචනය වනවිට අම්ල වැසි ඇති වීමත්, විශේෂයෙන් ජල මූලාශ්‍ර හා වනාන්තරවලට සැලකිය යුතු පරිසර හානියක් ද සිදු කරයි.

මිනිස් ක්‍රියාකාරකම් නිසා ඇතිවන හරිතාගාර වායු විමෝචනය මගින් පෘථිවියේ දේශගුණය වෙනස්වන බවට පැහැදිලි විද්‍යාත්මක සම්මුතියක් ඇති වී තිබේ. ප්‍රධාන හරිතාගාර වායූන් වන්නේ කාබන්ඩයොක්සයිඩ් (CO_2), මීතේන් (CH_4), නයිට්‍රස් ඔක්සයිඩ (NO_x) සහ ෆ්ලෝරෝකාබන්ය. හරිතාගාර ආවරණය සඳහා ජල වාෂ්ප ද විශාල ලෙස දායක වේ. හරිතාගාර ආවරණය යනු වායුගෝලයේ ඇති වායූන් හා අංශුවල බලපෑම නිසා ඇතිවන වඩාත් සංකීර්ණ සංසිද්ධියක්වන අතර එය පෘථිවියේ උෂ්ණත්වය ඉහළ නැංවීමට හෝ අඩු කිරීමට දායක වේ. කෙසේ වෙතත්, පෘථිවි පෘෂ්ඨයෙන් විමෝචනයවන දිගු තරංග ආයාම විකිරණ අවශෝෂණය කිරීම සඳහා ඉහළ වායුගෝලයේ ඇති වායූන්ගේ බලපෑම ලෙස එය සරලව වටහා ගත හැකිය (රූපය 1). සූර්යයා 6000 K පමණ පෘෂ්ඨීය උෂ්ණත්වයක් සහිත ඉහළ උෂ්ණත්ව ප්‍රභවයකි. එය පෘථිවි වායුගෝලය හරහා ගමන් කරන කෙටි තරංග ආයාම (අධි සංඛ්‍යාත) සහිත විකිරණ විමෝචනය කරයි. මෙම විකිරණය පෘථිවිය මත පතිත වී එය උණුසුම් කරන අතර පෘථිවිය එහි පහළ පෘෂ්ඨීය උෂ්ණත්වයෙන් දිගු තරංග ආයාමය (අඩු සංඛ්‍යාත) සහිත විකිරණ නැවත විකිරණය කරයි.

සූර්යයාගේ ඉහළ සංඛ්‍යාත විකිරණ පෘථිවි වායුගෝලය හරහා බොහෝදුරට අවහිරයකින් තොරව ගමන් කරන අතර ඉහළ වායුගෝලයේ වායු සාන්ද්‍රණය, පහළ සංඛ්‍යාත (දිගු තරංග ආයාමය) විකිරණ අවශෝෂණය කර ගැනීමට දායක වේ.

පෘථිවියේ උෂ්ණත්වය රඳා පවතින්නේ සූර්යයා වෙතින් එන අධි සංඛ්‍යාත විකිරණ සහ පෘථිවි පෘෂ්ඨයෙන් නැවත විකිරණයවන අඩු සංඛ්‍යාත විකිරණ අතර සමතුලිතතාවය මත ය. වායුගෝලයේ හරිතාගාර වායු සාන්ද්‍රණය වැඩි වීමෙන්, අඩු සංඛ්‍යාත විකිරණවලින් වැඩි ප්‍රමාණයක් සිරවී එමගින් පෘථිවියෙ උෂ්ණත්වය ඉහළ යවයි. පෘථිවි වායුගෝලයේ පවතින හරිතාගාර වායු සාන්ද්‍රණය පෘථිවියේ උෂ්ණත්වය ජීවයට සුදුසු මට්ටමක පවත්වා ගැනීමට හේතු වේ, එසේ නොමැති වුවහොත් පෘථිවිය සෙල්සියස් අංශක 30 ක් පමණ සිසිල්වනු ඇත. අප දැනට කරමින් සිටින පරිදි, හරිතාගාර වායු සාන්ද්‍රණය වැඩි කිරීමෙන්, පෘථිවියේ උෂ්ණත්වය ඉහළ යන අතර දේශගුණය වෙනස් වේ. සාමාන්‍ය උෂ්ණත්වයේ වැඩිවීම සැලකිය යුතු බලපෑමක් ඇති කළත්, ආක්ටික් ප්‍රදේශයේ අයිස් දියවීම සහ කාලගුණික සිදුවීම්වල සංඛ්‍යාතය වැඩි වීම වැනි ප්‍රතිපල අතිශය බරපතළ ය. හරිතාගාර වායූන් පෘථිවි වායුගෝලය පුරා විසිරියන අතර එහි බලපෑම ගෝලීය වේ.

කාබන් ඩයොක්සයිඩ් යනු පොසිල ඉන්ධන දහනය කිරීමේ අනිවාර්ය නිෂ්පාදනයක්වන අතර එය විමෝචනය වීමෙන් පසු එය වසර 100 ක් දක්වා වායුගෝලයේ පවතී. එය ඉතා වැදගත් හරිතාගාර වායුවක්වන අතර බොහෝ රටවල CO_2 විමෝචනය අවම කිරීම සඳහා විශේෂයෙන් විදුලි උත්පාදනයවැනි ක්ෂේත්‍ර සඳහා ප්‍රතිපත්ති සම්පාදනය කර ඇත. CO_2 සහ අනෙකුත් හරිතාගාර වායු විමෝචනය සීමා කිරීමෙන් ගෝලීය මධ්‍යන පෘෂ්ඨීය උෂ්ණත්වය ඉහළ යාම සෙල්සියස් අංශක 2 දක්වා සීමා කිරීමට අපේක්ෂා කෙරේ. ආන්තික කාලගුණික විපර්යාසයන් කෙරෙහි බලපාන මෙම විශාලත්වය ඉහළ යාම කෘෂිකර්මාන්තයට හා ජෛව විවිධත්වයට වැදගත් ප්‍රතිවිපාක ගෙන දේ. ප්‍රධාන වශයෙන් පොසිල ඉන්ධන දහනය මත යැපෙන විදුලි බල ක්ෂේත්‍රයකින් CO_2 අඛණ්ඩව විමෝචනය කිරීමට ඉඩ දීම, දේශගුණික විපර්යාසයන්ට හානි කිරීමේ අවදානම සැලකිය යුතු ලෙස වැඩි කරයි.



4 වන රූපය : සුළං තලබමර තාක්ෂණයේ විකාශනය

අඩු කාබන් විදුලි උත්පාදනය

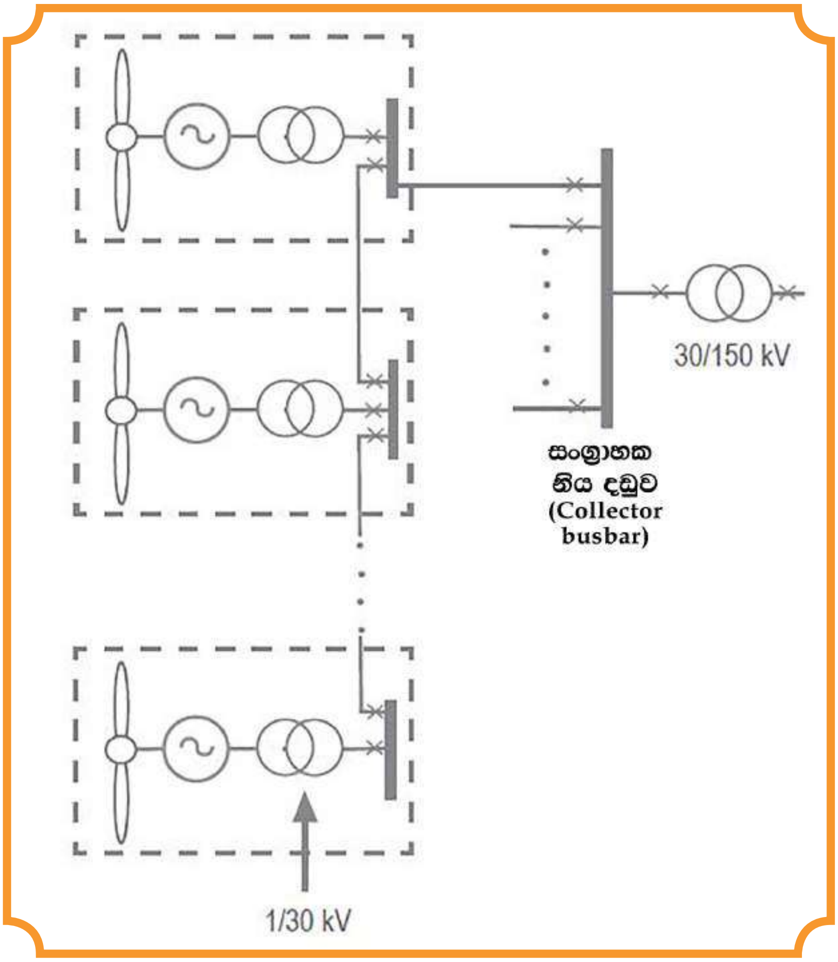
පොසිල ඉන්ධන දහනය කිරීමෙන් CO_2 විමෝචනය වීම නිසා ඇතිවන දේශගුණික විපර්යාස බොහෝ රටවල බලශක්ති ප්‍රතිපත්තියේ ප්‍රධාන සාධකයකි. මේ අනුව, විශේෂයෙන් ගල් අඟුරු වැනි පොසිල ඉන්ධන දහනය සඳහා විකල්ප අවශ්‍ය වේ. පුනර්ජනනීය බලශක්තිය, න්‍යෂ්ටික බලශක්තිය සහ කාබන් රඳවා ගැනීම සහ ගබඩා කිරීම සහිත පොසිල ඉන්ධන උත්පාදක යන්ත්‍ර, CO_2 විමෝචනය නොකර විදුලිය උත්පාදනය කිරීමේ විකල්පයන් වේ.

න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනයෙන් විදුලි බල උත්පාදනය ආකර්ශණීය තාක්ෂණයක් බවත් න්‍යෂ්ටික උත්පාදනය පුළුල් කළ යුතු බවත් සලකන අය සිටිති. කෙසේ වෙතත්, න්‍යෂ්ටික විදුලි උත්පාදනය සඳහා ඉහළ ප්‍රාග්ධන පිරිවැය සහ න්‍යෂ්ටික අපද්‍රව්‍ය බැහැර කිරීම පිළිබඳ අඛණ්ඩ අවිනිශ්චිතතාව ඇතුළු සැලකිය යුතු දුෂ්කරතා ගණනාවක් තිබේ. පොසිල ඉන්ධන

දහනය කිරීමට පෙර හෝ පසුව කාබන් ඉවත් කිරීම සහ CO_2 භූගතව ගබඩා කිරීම මගින් තරමක් සාම්ප්‍රදායික උත්පාදක ඒකක දිගටම භාවිතා කළ හැකි බව පැහැදිලිය. මෙය කාබන් අල්ලා ගැනීම සහ ගබඩා කිරීම (Carbon Capture and Storage) ලෙස හැඳින්වේ. කෙසේ වෙතත්, පොසිල ඉන්ධනවලින් කාබන් නිස්සාරණය කිරීමේ හෝ CO_2 ගබඩා කිරීමේ තාක්ෂණය තවමත් වාණිජමය වශයෙන් අත්හදා බලා නොමැත.

බොහෝ අඩු කාබන් තාක්ෂණයන්ගේ සීමාවන් හේතුවෙන් බොහෝ රජයන් පුනර්ජනනීය බලශක්ති උත්පාදනය සංවර්ධනය කිරීමට දිරිගන්වයි. නැගී එන පුනර්ජනනීය බලශක්ති තාක්ෂණයන්හී උත්තේජන ලෙස ශුද්ධ මිනුම්කරණය (net-metering), තීරුබදු ගාස්තු (feed-in-tariffs), කෝටා අවශ්‍යතා (quota requirements), කාබන් වෙළඳාම හෝ කාබන් බදු වැනි මූල්‍ය යාන්ත්‍රණ හඳුන්වා දෙනු ලැබේ. ස්ථාපිත තාක්ෂණයන් අතර සුළං බලය, ක්ෂුද්‍ර ජලවිදුලි, සූර්ය ප්‍රකාශ-වෝල්ටීයතා (solar photo- voltaic) පද්ධති, බිම් ගොඩකිරීමේ වායු (landfill gas), නාගරික අපද්‍රව්‍ය වලින් ලැබෙන ශක්තිය, ජෛව ස්කන්ධ (bio gas) හා භූතාපජ (geothermal) උත්පාදනය ඇතුළත් වේ.

පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභවයන්හි පොසිල ඉන්ධනවලට වඩා අඩු ශක්ති ඝනත්වයක් ඇති අතර එම නිසා බලාගාර කුඩා වන අතර භූගෝලීය වශයෙන් පුළුල් ලෙස ව්‍යාප්ත වේ.



5 වන රූපය : සාමාන්‍ය වෙරළබඩ සුළං බලාගාරයක සම්බන්ධතාවය

නිදසුනක් ලෙස, සුළං බලාගාර, සුළං සහිත ප්‍රදේශවල පිහිටා තිබිය යුතු අතර, සාපේක්ෂව අඩු ශක්ති ඝනත්වය සහ ඉන්ධන ප්‍රවාහනය කිරීමේ පිරිවැය හේතුවෙන් ජෛව ස්කන්ධ බලාගාර සාමාන්‍යයෙන් සීමිත ප්‍රමාණයක් ඇත. සාමාන්‍යයෙන් 50-100 MW ට වඩා අඩු ධාරිතාවයකින් යුත් මෙම කුඩා බලාගාර බෙදා හැරීමේ පද්ධතියට සම්බන්ධ වේ. බොහෝ රටවල පුනර්ජනනීය උත්පාදක බලාගාර, ප්‍රධාන විදුලි බල සැපයුම්කරු විසින් සැලසුම් කර නැති නමුත් ව්‍යවසායකයින් විසින් සංවර්ධනය කරනු ලබන අතර ඒවා කේන්ද්‍රීයව බෙදා හැර නැති නමුත් බලශක්ති ප්‍රභවයක් ඇති සෑම අවස්ථාවකම උත්පාදනය වේ.

2 සහ 3 රූප මගින් එක්සත් රාජධානියේ දකුණු වේල්සයේ පෙර පැවති ගල් අඟුරු කැණීම් ප්‍රදේශයකට ඉහළින් කඳුකරයේ පිහිටා ඇති සුළං හා සූර්ය බලශක්ති බලාගාරයක් දැක්වේ. යෝජනා ක්‍රමවල පරිසර බලපෑම සීමිත වන අතර බැටළුවන් ඇති කිරීම සඳහා භූමිය දිගටම භාවිත කරයි.

සුළං ශක්තිය

සුළං තාක්ෂණය පුනර්ජනනීය බලශක්ති අතරින් වඩා ලාභදායී ක්‍රමයක් ලෙස ප්‍රචලිත වෙමින් තිබේ. මෙගාවොට් 597,000 ක පමණ සුළං තලබමර (turbine) ලොව පුරා ස්ථාපනය කර ඇත. සුළං බලශක්ති උත්පාදනයේ වාසි නම්: සෑම සුළං තලබමරයක්ම සාපේක්ෂව විශාල වීම (වෙරළ තීරයේදී 5 MW ක් සහ වෙරළ තීරයට ඔබ්බෙන් 10 MW ක් දක්වා), සැලසුම් කිරීමේ අවසරය ලබා ගත් පසු සුළං බලාගාර (wind farm) ඉක්මනින් ඉදි කළ හැකි අතර අධික සුළං වේගය ඇති ස්ථානවල එයට දැරෙනුයේ අඩු පිරිවැයකි. අවාසි නම් දෘශ්‍ය බලපෑම හා අතරමැදි බලශක්ති ප්‍රභවයි.

බල ශ්‍රේණිගත කිරීම අනුව විවිධ සුළං තලබමර ස්ථලක (topologies) භාවිතා වේ (4 රූපය). ස්ථාවර වේග සුළං තලබමර සහ විචල්‍ය වේග සුළං තලබමර ලෙස ඒවා පුළුල් ලෙස වර්ග කළ හැකිය. ස්ථාවර වේග සුළං තලබමරයක, ගියර් පෙට්ටියක් අඩු වේග පතුවළ (low speed shaft) සහ උත්පාදක පතුවළ (generator shaft)

අතර සම්බන්ධ වේ (FSIG ලෙස පෙන්වා ඇත). ප්‍රතිපත්තිමය වශයෙන්, විචල්‍ය වේග ක්‍රියාකාරිත්වය මගින් වායුගතික භ්‍රමක (aerodynamic rotor) මගින් ලබා ගන්නා ශක්තිය වැඩි කර ගත හැකිය. කෙසේ වෙතත්, පසුව යම් ආකාරයක බල ඉලෙක්ට්‍රොනික (power electronic) පරිවර්තකයක් හරහා භ්‍රමක වේගය, ජාලයේ සංඛ්‍යාතයෙන් විසන්ධි කිරීම අවශ්‍යය වේ. ලබා ගත හැකි විචල්‍ය වේග තාක්ෂණයන්වන්නේ දෙවරක් පෝෂණය කරන ලද ප්‍රේරක උත්පාදකය (DFIG), ගියර් පෙට්ටියක් සහිත පූර්ණ බල පරිවර්තකය (FPC), ස්ථිර චුම්බක උත්පාදකය පදනම් කරගත් පූර්ණ බල පරිවර්තක සෘජු ධාවකය (PMFPC DD), සහ අධි උෂ්ණත්ව සුපිරි සන්නායක උත්පාදකය පාදක කරගත් සෘජු ධාවකය (HTS DD) ය.

සුළං තලබමර මගින් සාමාන්‍යයෙන් 1000 V ට වඩා අඩු වෝල්ටීයතාවයක් ජනනය වේ. සමහර විශාල ටර්බයින (> 3 MW), 3-5 kV පමණ ඉහළ උත්පාදක වෝල්ටීයතාවයක් භාවිතා කරයි. මෙම උත්පාදක වෝල්ටීයතා සඳහා එක් එක් තලබමර කුළුණ ඇතුළත හෝ ඊට යාබදව තනි පරිණාමකයක් (transformer) තිබිය යුතුය. මෙය බල, එකතු කිරීමේ ජාලයට සම්බන්ධ කිරීම සඳහා වෝල්ටීයතාව වැඩි කරයි, උදාහරණයක් ලෙස 33 kV දක්වා. සාමාන්‍ය වෙරළබඩ සුළං බලාගාර සම්බන්ධතාවයක් 5 රූපය හි දක්වා ඇත. සුළං තලබමර සම්බන්ධතා ගණනාවක් 33 kV දී කලෙක්ටර් බස්බාර් (collector busbar) එකට සම්බන්ධ කර ඇත. මධ්‍යම සුළං බලාගාර පරිණාමකයක් පොදු ජාලයට සම්බන්ධ කිරීම සඳහා වෝල්ටීයතාව 132 kV හෝ 220 kV දක්වා ඉහළ නංවයි.

වෙරළට ඔබ්බෙන් පිහිටි සුළං බලාගාර ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා (ac) හෝ සරල ධාරා (dc) සබ්මැරීන් කේබලයක් හරහා වෙරළබඩ ජාලයට සම්බන්ධ කළ හැකිය. ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා හෝ සරල ධාරා තේරීම වෙරළට ඇති දුර සහ සුළං බලාගාරයේ බලය මත රඳා පවතී. කිලෝමීටර 80 ට වඩා වැඩි කේබල් මාර්ග සඳහා, සරල ධාරා සම්ප්‍රේෂණය (6 රූපය) ලාභදායී වේ. ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා රැහැන්වල ධාරිත්‍රකතාවය නිසා උත්පාදනය වන ඉහළ ප්‍රතික්‍රියාකාරී බලය හේතුවෙන් කිලෝමීටර 100 ට වැඩි හා මෙගාවොට් 50 ට වැඩි සම්ප්‍රේෂණය සඳහා සරල ධාරා සම්ප්‍රේෂණය පමණක් භාවිතා කළ හැකිය. මෙගාවොට් 200 ට වඩා විශාල සුළං බලාගාර සඳහා, සුළං බලාගාර වෙරළට සම්බන්ධ කිරීමට, කේබල් අඩු ප්‍රමාණයක් අවශ්‍ය බැවින් සරල ධාරා කේබල් ආකර්ශණීය වන අතර එම නිසා වෙරළ හරහා කේබල් කිහිපයක් ගමන් කිරීම වළක්වා ගත හැකිය.

සූර්ය ශක්තිය

සූර්යයාගේ ශක්තිය පෘථිවියට පතිත වන්නේ ෆෝටෝන (photons) ලෙස හඳුන්වන සැහැල්ලු ශක්ති ඇසුරුම් ලෙස ය. සූර්යාලෝකය විදුලිය බවට පරිවර්තනය කිරීමේ ප්‍රධාන ක්‍රම දෙකක් තිබේ. සූර්යාලෝකයේ ඇති තාපය මගින් විදුලිය නිපදවීම සඳහා හුමාලය නිපදවා වාෂ්ප තලබමරයක් ධාවනය කළ හැක. කෙසේ වෙතත්, වඩාත් පොදු තාක්ෂණය වන්නේ සූර්ය බලශක්තිය සෘජුවම ප්‍රකාශ - වෝල්ටීයතා ශක්තිය (PV) නම් වූ විදුලිය බවට පරිවර්තනය කිරීමයි. ප්‍රකාශ-වෝල්ටීයතා පද්ධතියක් සැලසුම් කිරීමේදී, සවිස්තරාත්මකව සලකා බැලිය යුත්තේ ප්‍රදේශයේ ඇති සූර්ය සම්පත්, පරිවර්තන උපකරණ - සූර්ය මොඩියුල (solar modules), බලශක්ති ගබඩා උපකරණ - බැටරි (battery), පද්ධති පාලනය සහ අවසන් පරිශීලක උපකරණ ය.

ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා කෝෂය යනු ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා ආවරණය මගින් සූර්යයාගේ සිට සරල ධාරා විදුලිය දක්වා ශක්තිය පරිවර්තනය කරන උපකරණයකි. කෝෂය සෑදී ඇත්තේ p-n සන්ධියෙනි. සන්ධිය ආලෝකයට නිරාවරණය වන විට, සන්ධියෙන් සරල ධාරා විදුලිය නිපදවනු ලැබේ. තනි කෝෂයක් 0.6 V පමණ විවෘත පරිපථ වෝල්ටීයතාවයක් නිපදවයි. එබැවින්, ප්‍රායෝගික යෙදීම්වලට ලබා ගැනීම සඳහා කෝෂ ගණනාවක් ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ වේ. මොඩියුලය (module) යනු ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා වැල හෙවත් අරා (array) වල මූලික තැනුම් ඒකකයයි. ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා අරා

6 වන රූපය : වෙරළට ඔබ්බෙන් පිහිටි සුළං බලාගාරයක සරල ධාරා සම්බන්ධතාව

සැදී ඇත්තේ විවිධ ආකෘතීන්හි මොඩියුල මාලා (strings) සම්බන්ධ කිරීමෙනි. බහුලව භාවිතා වන ස්ථලක (topology) යනු මධ්‍යම අපවර්තකයකට (inverter) සමාන්තරව සම්බන්ධ වූ මාලාව, බහු අපවර්තක හරහා සම්බන්ධ වූ මාලාව සහ ක්ෂුද්‍ර අපවර්තක හරහා සම්බන්ධ වූ තනි මොඩියුල වේ.

ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා අරාව මධ්‍යම ක්ෂුද්‍ර අපවර්තකයකට සම්බන්ධ කිරීම 7 වන රූපයෙහි දක්වා ඇත. සෑම ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා මාලාවක්ම අවහිර කරන දියෝඩයක් (diode) හරහා සමාන්තරව සම්බන්ධ වේ. මෙම දියෝඩ භාවිත කරනුයේ ප්‍රතිලෝම ධාරාව එක් මාලාවකින් තවත් මාලාවකට ගලා යාම වැළැක්වීම සඳහා ය. මධ්‍යම අපවර්තක සම්බන්ධතාවය ලාභදායීවිය හැකි වුවද, මධ්‍යම ක්ෂුද්‍ර අපවර්තකයේ ආයු කාලය බොහෝ විට ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා මොඩියුලවලට වඩා අඩු වන අතර, එමඟින් සූර්ය වැල (අරා) ආයු කාලය තුළ අමතර වියදමක් දරමින් අවම වශයෙන් එක් වරක් වත් ප්‍රතිස්ථාපනය කිරීම අවශ්‍යය වේ.

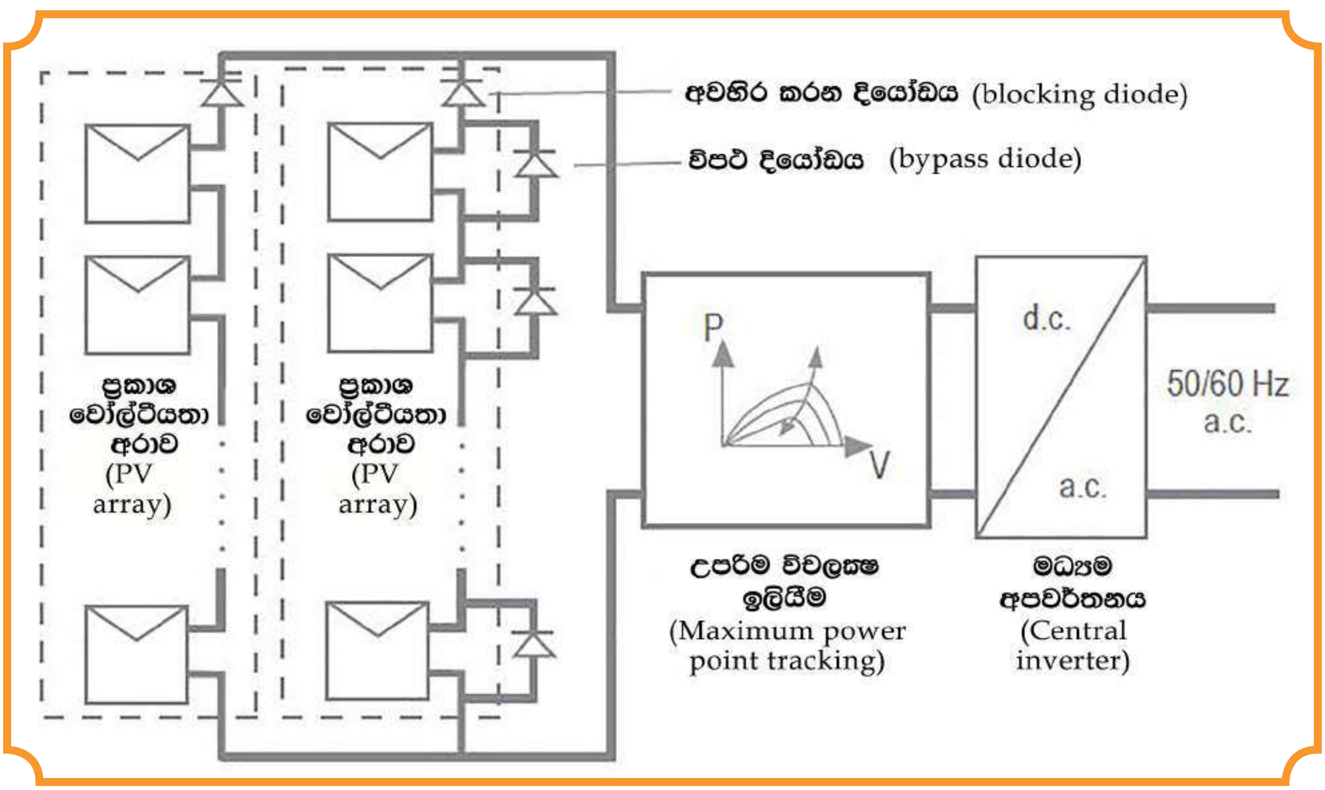
8 වන රූපයෙහි දැක්වෙන්නේ අපවර්තක භාවිත කිරීමයි. සෑම මොඩියුලමාලාවක්ම ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා/සරල ධාරා පරිවර්තකයක් හරහා සම්බන්ධ කර ඇති අතර එමඟින් එක් එක් ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා මාලාවක උපරිම බල ලක්ෂ්‍යය ප්‍රශස්තිකරණය කිරීමට ඉඩ ලබා දේ. අතිරේක මොඩියුලර් මාලා සහ ඒවායේ අපවර්තක ස්ථාපනය කිරීමෙන් ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා පද්ධතිය පහසුවෙන් පුළුල් කළ හැකිය.

සෑම ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා පුවරුවකම (solar panel), ක්ෂුද්‍ර අපවර්තක 150-300 W වන පරිදි ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා මොඩියුල සම්බන්ධ කළ හැකිය. මයික්‍රෝ අපවර්තක සෑම මොඩියුලයකින්ම ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා, සරල ධාරා බවට පරිවර්තනය කරන අතර ඒවායේ ප්‍රතිදානය සමාන්තරව සම්බන්ධ වී වැලක් (අරාව) සාදයි. කාර්ය සාධනය අනුව මෙම යෝජනා ක්‍රමය ආකර්ශණීය වුවද (අනෙක් යෝජනා ක්‍රම මෙන් නොව කාර්ය සාධනය අවම මොඩියුලය මත රඳා නොපවතී), මෙම යෝජනා ක්‍රමයේ ප්‍රධාන අවාසිය නම් අධික පිරිවැයයි.

සුහුරු ජාලකය (smart grid)

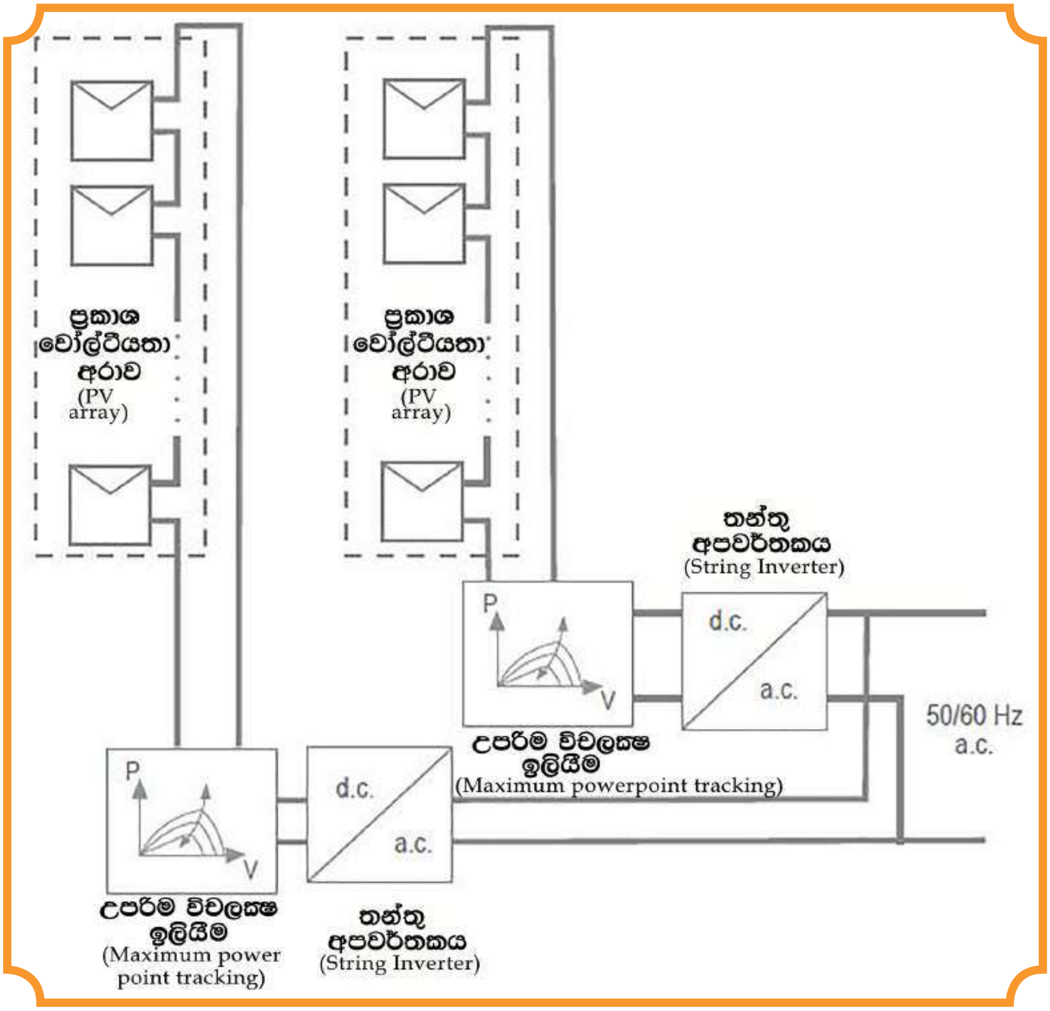
පසුගිය අවුරුදු 70 තුළ සංවර්ධනය කර ඇති නවීන විදුලි බල පද්ධති, විශාල මධ්‍යම ජනක යන්ත්‍ර මගින් ජනනය කරන විදුලි බලය, උත්පාදක පරිණාමක හරහා ඉහළ වෝල්ටීයතා අන්තර් සම්බන්ධිත සම්ප්‍රේෂණ ජාලයකට සම්ප්‍රේෂණය කරයි. සම්ප්‍රේෂණ පද්ධතිය විදුලි බලය ප්‍රවාහනය කිරීම සඳහා භාවිත කරනු ලබන අතර ඇතැම් විට සැලකිය යුතු දුරක් ඉක්මවා ගියද, පසුව එය ලබා ගෙන බෙදාහැරීමේ පරිණාමක මාලාවක් හරහා පාරිභෝගිකයින්ට ලබා දීම සඳහා අවසාන පරිපථ වෙත ගෙන යනු ලැබේ.

වර්ෂ 1990 පමණ සිට පුනර්ජනනීය උත්පාදනය විදුලි බල ජාලයට



7 වන රූපය : මධ්‍යම අපවර්තකයකට කිහිපයකට සම්බන්ධ කර ඇති ප්‍රකාශ-වෝල්ටීයතා පුවරු

සම්බන්ධ කිරීම සඳහා උනන්දුවක් ඇතිවී ඇති අතර ඒ සඳහා යම් තරමකට ඒකාබද්ධ කිරීම, ස්වයංක්‍රියකරණය සහ පාලනය අවශ්‍ය වේ. අඩු හෝ ශූන්‍ය-කාබන්, ආරක්ෂිත, සහ ආනයනික පොසිල ඉන්ධන මත රඳා නොපවතින විදුලි බල සැපයුම් සඳහා, බලශක්ති ගනුදෙනු හා ඉල්ලුමට ප්‍රතිචාර දැක්වීම වැනි ඉල්ලුම් කළමනාකරණ මුල් පිරීම් හා බෙදා හරින පද්ධතියට සම්බන්ධ කර ඇති සම්පත් මගින් ලබාදෙන ධාරිතාව, උපරිමය අඩු කිරීම (peak shaving) සහ වෙනත් සහයක සේවා ලබා දීමට සමත් බලශක්ති ගනුදෙනු, ඉල්ලුමට ප්‍රතිචාර දැක්වීම වැනි මුල් පිරීම් අවශ්‍යය වේ. මීට අමතරව, පාරිභෝගික බිල්පත් සැකසීම, පාරිභෝගික උපකරණ කළමනාකරණය සහ බලශක්ති තොරතුරු හා පාරිභෝගික සවිබල ගැන්වීම වැනි සේවාවන් දැන් විවිධාකාර විභව සැපයුම්කරුවන විසින් සංවර්ධනය කරනු ලැබේ. ඉල්ලුම පැත්තෙන් (demand side) මෙම සේවාවන් ලබා දීමට විවෘත හා නම්‍යශීලී සන්නිවේදන හා තොරතුරු තාක්ෂණයන් අවශ්‍ය වේ.



8 වන රූපය : මාලා අපවර්තක කිහිපයකට සම්බන්ධ ප්‍රකාශ-වෝල්ටීයතා පුවරු

මෙම අනාගත බල ජාලය විස්තර කිරීම සඳහා මෑතකදී "ස්මාර්ට් ජාලකය" සුහුරු ජාලකය යන නාමය පොදු වී තිබේ. බලශක්ති ක්ෂේත්‍රය කාබනීකරණයෙන් මිදීම, වැඩි පුනර්ජනනීය බලශක්තියක් සම්බන්ධ කිරීමට ඉඩ දීම, අතිරික්තයක්/ධාරිතාවක් ඇති සම්ප්‍රේෂණ ජාලයන් උපරිම ලෙස භාවිත කිරීම, සහ බලශක්ති පද්ධති කාර්යක්ෂමතාව, ආරක්ෂාව සහ මෙහෙයුම් සඳහා පාරිභෝගිකයාගේ මැදිහත් වීම යන කරුණු හේතු කොට ගෙන මෙම සංකල්පය බොහෝ ආකර්ෂණයට ලක්ව ඇත. ස්මාර්ට් ජාලකය සාක්ෂාත් කර ගැනීමත් සමඟ පුනර්ජනනීය උත්පාදනයෙන් ඉහළ ප්‍රතිශතයක් සහිතව විදුලිබල පද්ධතිය ක්‍රියාත්මක කිරීමට හැකි වනු ඇතැයි අපේක්ෂා කෙරේ.

මහාචාර්ය ජේ.බී. ඒකනායක
විදුලි සහ ඉලෙක්ට්‍රොනික ඉංජිනේරු දෙපාර්තමේන්තුව, ඉංජිනේරු පීඨය, පේරාදෙණිය විශ්ව විද්‍යාලය
jbe@ee.pdn.ac.lk

බලැති චලිතය පාලනයඃ පුනර්ජනනීය බලශක්තියේ සහ මානව ශිෂ්ටාචාරයේ නොදුටු නියමුවා

ආචාර්ය එම්. ජී. බී. ඒකනායක

මානව ශිෂ්ඨාචාරය යුග ගණනාවක් පුරා ඉදිරියට හා දියුණුවට මෙහෙයවන්නේ කුමක් මගින්ද? මෙම ප්‍රශ්නයට පිළිතුර ඔවුන්ගේ විශේෂඥතාව මත පදනම්ව වියතෙකුගෙන් වියතෙකුට වෙනස් විය හැකිය. කෙසේ වෙතත්, සෑම අයෙකුටම එකඟවිය හැකි, මානව ශිෂ්ඨාචාරයේ අවධීන් වෙන්කර හඳුනාගැනීමට උපකාරී වන, අද්විතීය තාක්ෂණික නවෝත්පාදන රාශියක් හඳුනාගත හැකිය. මානව ශිෂ්ටාචාරයට මග පෑදූ මුල්ම සිදුවීම් ලෙස ගල් ආයුධ, ගින්දර සහ රෝදය සොයා ගැනීම ආදිය මානව විද්‍යාඥයන් හඳුනා ගනී. මානව ශිෂ්ටාචාරය හැඩගස්වා ඇති මෙම සියලු සොයාගැනීම් හා නවෝත්පාදන මූලික වශයෙන් පාදක කොට ගෙන ඇත්තේ, ස්වභාවික සම්පත් යම් ශක්ති විශේෂයක් හුදෙක් උකහා ගැනීම පමණක් නොව, සොබාදහමේ දැනටමත් පවතින සම්පත් හා ශක්තීන් පාලනය කිරීමේ තාක්ෂණය හා ප්‍රවීණත්වය හිමිකර ගැනීම මතය.

1 වන රූපය ඃ අසකු යෙදූ කරත්තයක්

මුල් ආරම්භය

කැපී පෙනෙන මුල් කාලීන තාක්ෂණික දියුණුවීම් බොහොමයක් අනිවාර්යයෙන්ම ආහාර නිෂ්පාදනයට සම්බන්ධ විය. විශේෂයෙන් මිනිසා විසින් සතුන් හීලෑ කිරීම සහ බෝග වගා කිරීමට පටන් ගත් විට මිනිසුන් ක්‍රමයෙන් සතුන්ගේ ශක්තිය හා බලයද, ජලය සහ සුළඟ වැනි ස්වාභාවික සම්පත්ද උපයෝගී කර ගැනීමේ ක්‍රමවේදයන්ද දියුණු කළහ. එම ශිල්පීය ක්‍රම සමහරක් අද දක්වාම ඒවායේ මුල් ස්වරූපයෙන් භාවිත වේ. නිදසුනක් වශයෙන්, බර ඇදීම, සීසෑම සඳහා සතුන් යොදාගැනීම, ධාන්‍ය පිරිසිදු කිරීම සඳහා සුළං ප්‍රවාහ භාවිත කිරීම, යාන්ත්‍රික බලශක්ති ප්‍රභවයක් ලෙස ජල ප්‍රවාහය භාවිත කිරීම යනාදිය දැක්විය හැකිය. ජලය හා සුළං ප්‍රවාහයේ අඩංගු ශක්තිය නිස්සාරණය කිරීම, වර්තමානයේ පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභවයන් ලෙස හඳුනාගන්නා ප්‍රමුඛ බලශක්ති ප්‍රභව අතර පවතී. මෙම ප්‍රභව උපයෝගී කර ගැනීමේ සංකල්පය සහස්‍ර ගණනාවක් තිස්සේ පැවතුනද, වැඩි දියුණුවක් ඇති වූයේ විශ්වසනීය හා කාර්යක්ෂම ලෙස එම ක්‍රියාවලීන් පාලනය කිරීම සහ නියාමනය කිරීමේ ප්‍රාගුණ්‍යය මිනිසා විසින් හිමිකර ගැනීමත් තුළිනි.

චලිත පාලන පද්ධති

යම් කාර්යයක් ඉටු කර ගැනීම සඳහා

ගවයන්, අශ්වයන්, බූරුවන් හෝ අලි ඇතුන් වැනි සතුන් භාවිතා කළ කාලයේ සිටම, චලිතය පාලනය කිරීම අවශ්‍ය විය. එනම් සත්වයා අවශ්‍ය මාර්ගයක අවශ්‍ය වේගයකින් ගමන් කරවා ගැනීමය. උදාහරණයක් ලෙස, අශ්වාරෝහකයෙක් විසින් අශ්වයකු මෙහෙයවන විට (1 වන රූපය), එම අශ්වාරෝහකයාහට අවශ්‍ය වන්නේ අශ්වයා නිශ්චිත වේගයකින් යම් මාර්ගයක් දිගේ ගමන් කරවීමයි. මෙම පාලන ක්‍රියාවලිය නිසියාකාරව සිදුකරනු ලබන්නේ කරත්තය නිවැරදි ධාවන පථයේ තිබේද යන්න හෝ යම් අපගමනයක් හෝ දෝෂයක් තිබේදැයි නිරීක්ෂණය කිරීම සඳහා දෘශ්‍ය හා සංවේදී ප්‍රතිපෝෂණය භාවිතා කරන අශ්වාරෝහකයාගේ මැදිහත් වීමෙනි.

මෙම ක්‍රියාවලිය තුළ චලිත පාලන කර්තව්‍යයට මානව ක්‍රියාකරු හෝ අධීක්ෂක සෘජුවම සම්බන්ධ වීම හේතුවෙන් එම ක්‍රියාවලිය හස්තීමය ("අතින් ක්‍රියාකරන" හෙවත් "ස්වයංක්‍රීය නොවන") චලිත පාලනය සිදුවන ක්‍රියාවලියකට දියහැකි හොඳම උදාහරණයකි. අනෙක් අතට, පාලන ක්‍රියාව සඳහා ප්‍රතිපෝෂණය සෘජුවම භාවිතා කිරීම හේතුවෙන් එය සංවෘත චලිත පාලන පද්ධතියක් සඳහා ඉතා හොඳ උදාහරණයක් ද සපයයි. මුල් කෘෂිකාර්මික සමාජවල පවා ස්වයංක්‍රීය පාලන පද්ධතිවල අවශ්‍යතාවය පැහැදිලි විය. එනම්, යම් චලිත පද්ධතියක ක්‍රියාකාරීත්වය තුළදී, එය අපේක්ෂිත මෙහෙයුමෙන් බැහැර වුවහොත්, එම ක්‍රියාවලිය මානව මැදිහත්වීමකින් තොරව ස්වයංක්‍රීයව නිවැරදි වීමේ ස්වාභාවය ඉතා වැදගත් වේ. ස්වයංක්‍රීය පාලනය යම් ආකාරයක විදුලි, යාන්ත්‍රික, ද්‍රාව, තාප ගතික හෝ වෙනත් ආකාරයක භෞතික එනම් සෘජු මානව මැදිහත්වීමකින් තොරව ක්‍රියාත්මක වන ප්‍රතිපෝෂණ ක්‍රියාවලියක් මත රඳා පවතී. අවැසි චලිත ක්‍රියාවලිය වේගවත් ප්‍රතිචාරයක්, වැඩි ශක්තියක් හෝ දීර්ඝ ක්‍රියාකාරකමක් වැනි මානව හැකියාවන්ගෙන් ඔබ්බට ගිය එකක් නම් ස්වයංක්‍රීය චලිත පාලනය අත්‍යවශ්‍ය වේ.

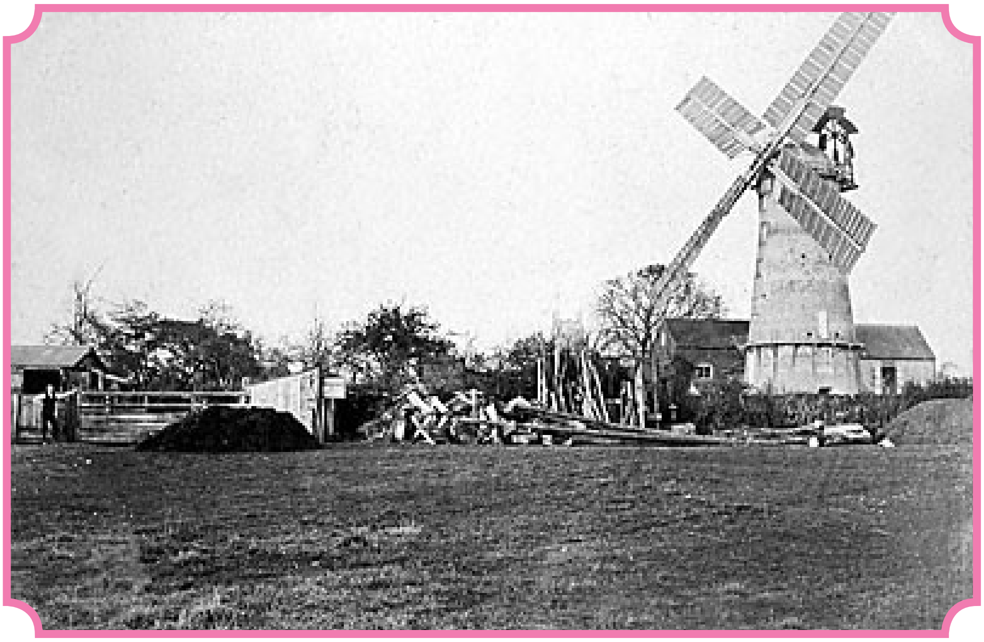
2 වන රූපය : ලන්දේසි චිත්‍ර ශිල්පියෙකු වන ගැස්පාර් නෙට්ෂර් විසින් අඳින ලද ක්‍රිස්ටියාන් හියුජන්ස්ගේ චිත්‍රය

ස්වයංක්‍රීය පාලනයේ ඓතිහාසික සංවර්ධනය

ඈත අතීතයේ සිටම විවිධ කථා හා ජනප්‍රවාද, පුරාවෘත තුළ ස්වයංක්‍රීය පාලන පද්ධති ගැන සඳහන් වේ. ග්‍රීකවරුන්, අරාබිවරුන්, චීන ජාතිකයින්, ඊජිප්තුවරුන්, ඉන්දියානුවන් වැනි බොහෝ මුල් ශිෂ්ටාචාරයන්හී එවැනි යාන්ත්‍රණයන් පිළිබඳ කථා සහ ජනප්‍රවාද රාශියක් ඇත. ස්වයංක්‍රීයව පාලනය කිරීම තුළින් වැඩි දියුණු කරන ලද ප්‍රායෝගික බල චලනයේ පළමු පැහැදිලිව පෙනෙන හෙවත් බටහිර ලෝකයේ නිසි ලෙස ලේඛනගත කර ඇති ඒවා නම්, යාන්ත්‍රික ඔරලෝසු, ජල රෝද සහ සුළං මෝල් වැනි යෙදුම් ය.

ඔරලෝසු තාක්ෂණය (Clockwork) යනු ඔරලෝසු වැනි යෙදුම්වල භාවිතා වන යතුරු කරකැවීම මත පදනම් වූ යාන්ත්‍රණයවන ආතති ගැන්වූ හෝ සම්පීඩිත දුණු යාන්ත්‍රණයන්හී ගබඩා කර ඇති ශක්තිය උපයෝගී කර ගන්නා ක්ෂණික යෙදවුම්වේ. ගබඩා කිරීමේ උපාංගයේ ශක්තිය හීන වන විට, ඔරලෝසුවේ යාන්ත්‍රනය මන්දගාමී වනු ඇත. ලන්දේසි ජාතික භෞතික විද්‍යාඥයකු සහ කීර්තිමත් නව නිපැයුම්කරුවකු වූ ක්‍රිස්ටියන් හොයිගන්ස් (1629-1695) (2 වන රූපය) සහ දුනු සහ ප්‍රත්‍යස්ථතාව පිළිබඳ නියමයන් ඉදිරිපත් කළ ශ්‍රීමත් රොබට් හුක් (1635-1703) මෙම ගැටලුවට සාර්ථක විසඳුම් ඉදිරිපත් කරන ලදී. ඔවුන් විසින් ඉදිරිපත් කළ විසඳුම්වල හරය වනුයේ ප්‍රතිපෝෂණ සංකල්පයයි. එනම්, ඔරලෝසුවේ දුනු ආතතිය හීන වී යන විට ඔරලෝසුව මන්දගාමී වීම වැළැක්වීමට ඔරලෝසුව කැරකෙන වේගය ප්‍රතිපෝෂණයක් ලෙස ස්වයංක්‍රීයව ලබාගෙන යාන්ත්‍රික ඌනපූර්ණයක් ලබාදීමයි. ප්‍රකාශන හිමිකම් ගැටළු හේතුවෙන් අදාළ යාන්ත්‍රණවල රූප සටහන් මෙහි දක්වා නොමැත.

ඔවුන්ගේ දායකත්වය හුදෙක්ම ප්‍රායෝගික හා ප්‍රයෝජනවත් ගැටලුවකට විසඳුමක් පමණක් නොව,



3 වන රූපය : 1911 දී එංගලන්තයේ කවුන්ටි නොර්ෆොක්හි ෆුල්ෂාම් හි කුළුණ (සුළං මෝල)

වැනි ප්‍රයෝජනවත් යාන්ත්‍රික ස්වරූපයකට පරිවර්තනය කරනු ලැබේ. මෙම ආකාර තුනෙහිම, චලිතයේ ඇති ද්‍රවයේ ප්‍රවාහ අනුපාතයේ විචලනය ජනනය වන ප්‍රයෝජනවත් කාර්යයන්හී උච්චාවචනයන් පවතී. පියාසර රෝද ලෙස හඳුන්වන බර භ්‍රමණ රෝද හෝ භ්‍රමණය වන බරැති බාල්ක හෝ වැනි අවස්ථිති යාන්ත්‍රණ භාවිතයෙන් මෙම උච්චාවචනයන් තරමක් දුරට අඩු කළ හැක. ඒවායේ ක්‍රියාකාරී මූලධර්මය නිව්ටන්ගේ අවස්ථිතිය පිළිබඳ මූලධර්මය එනම් විශාල ස්කන්ධයක් (අවස්ථිතියක්) සහිත වස්තුවක වේගය ක්ෂණිකව වෙනස්කළ නොහැකිය යන නියමය මත පදනම් වේ. මෙම වර්ගයේ මූලික පාලනයන් පැහැදිලි ප්‍රතිපෝෂණ පාලනය මත රඳා නොපවතින අතර එබැවින් සරල "විවෘත පාලන" පද්ධතියක් විය.

ගතික පද්ධති ස්වයංක්‍රීයව පාලනය කිරීමේ සංකල්ප හා මූලධර්ම දියුණු කිරීමට මූලික විශ්ලේෂණාත්මක සංකල්ප ප්‍රවර්ධනයටද හේතුවිය. එබැවින්, ස්වයංක්‍රීය පාලක න්‍යායේ ආරම්භය ලෙස ඉතිහාසඥයින් විසින් ඔවුන්ගේ නිර්මාණ සළකණු ලැබේ. අයිසැක් නිව්ටන් (1643-1727) සහ වෙනත් අය විසින් සම්භාව්‍ය යාන්ත්‍රිකය හා කලනය යනාදී ගණිතමය මූලධර්මයන් වැඩි වර්ධනය කිරීම හරහා ස්වයංක්‍රීය පාලන ක්‍රියාවලීන් පිළිබඳවවන ගණිතය විශ්ලේෂණය වඩා පහසු සහ පුළුල් විෂය පථයන් ඔස්සේ සාමාන්‍යකරණය කිරීමටද හැකිවිය. අවසානයේදී මෙම පාලන යාන්ත්‍රණවල බලපෑම දශක කිහිපයකට පසු බලශක්තිය උකහා ගැනීමේ විප්ලවයකට මග පෑදීය.

සුළං, ජලය සහ වාෂ්ප ශක්තිය පාලනය කිරීම

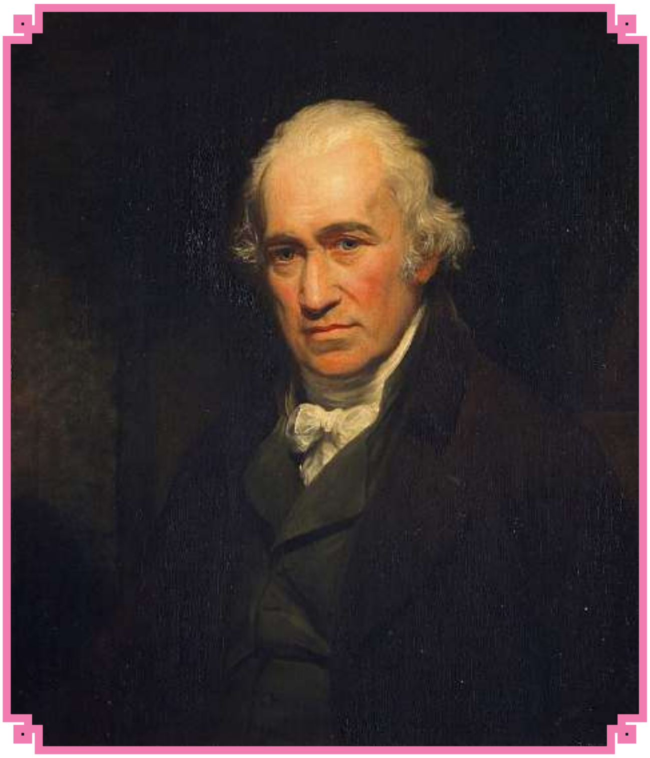
සුළං හා ජල රෝදවලින් ශක්තිය උකහාගැනීම අතීතයේ සිටම කර්මාන්ත බලශක්ති අවශ්‍යතා සපුරාලීම සඳහා වූ පොදු උපාය මාර්ගයකි සුළං මෝල් (3 වන රූපය) සහ ජල මෝල් (4 වන රූපය). චීනය, ඊජිප්තුව, පර්සියාව සහ යුරෝපයේ බොහෝ රටවල වැදගත් පුරාවිද්‍යාත්මක සාක්ෂි තිබේ. මේවා එවකට ධාන්‍ය ඇඹරීම, ජලය පොම්ප කිරීම, වාරිමාර්ග හා පතල් මෙහෙයුම් කර්මාන්තවල සෑම අංශයකම පාහේ භාවිත කර ඇත. 1712 දී තෝමස් නිව්කොමන් (1664-1729) බලශක්ති විකල්පයන් අතරට වාෂ්ප ශක්තිය එකතු කරමින් පළමු බහුකාර්ය හා වාණිජමය වශයෙන් භාවිත කළ හැකි වාෂ්ප එන්ජිම සොයා ගන්නා ලදී. ජේම්ස් වොට් (1736-1819) විසින් කරන ලද වැඩිදියුණු කිරීම් සහිත තවත් කිහිප දෙනෙකුගේ පසුකාලීන වැඩිදියුණු කිරීම් තුළින් (5 වන රූපය) වාෂ්ප එන්ජින්වල කාර්යක්ෂමතාව විශාල ලෙස වැඩි කිරීමට උපකාරී වූ අතර වාෂ්ප එන්ජින් බලශක්ති උත්පාදනය සඳහා කර්මාන්ත සම්මතය බවට පත් කළේය. ජේම්ස් වොට් විසින් වාෂ්ප එන්ජිම වැඩිදියුණු කිරීම කොතරම් සාර්ථකවීදයත්, සමහරු වාෂ්ප එන්ජිම නිර්මාතෘ ලෙස ඔහුව වැරදි අයුරින් සලකති.

ජලය, සුළඟ හෝ වාෂ්ප ආකෘති වලින් චලනය වන ද්‍රවයේ ශක්තිය භ්‍රමණ චලිතයක්

4 වන රූපය : ජල රෝදය සහ මෝල

එබැවින් ඒවායේ ගතික පරාසය සීමාසහිතය.

1700 ගණන්වල හා 1800 ගණන්වල මුල් භාගයේ දී ජලය හා සුළං බොහෝ කර්මාන්තවල ප්‍රධාන බලශක්ති ප්‍රභවය සපයන ලදී. විශේෂයෙන් පාන් සෑදීමට පිටි අඹරන මෝල් ද මෙයට ඇතුළත්ය. විශේෂයෙන් සුළං මෝල් භාවිත කළ අයට, පිටිවල ගුණාත්මකභාවය හා අනුකූලතාව පවත්වා ගැනීමේ ගැටලුවක් තිබුණි. සුළං වේගය වැඩි වූ විට ඇඹරුම් ගල් ඕනෑවට වඩා වෙන් වී පිටි රළු සහ ධාන්‍ය බවට පත් කරයි. සුළං වේගය අඩු වූ විට, ඇඹරුම් ගල් අතර පරතරය ඉතා අඩු බැවින් පිටි ඉතා සිහින් විය. අන්ත දෙකේදීම, පිටිවල ගුණාත්මකභාවය සහ එම නිසා සාදන ලද පාන් වල ගුණාත්මක භාවය අඩුවිය. ඇඹරුම් ගල් අතර පරතරයේ උච්චාවචනය අතින් සකස් කළ හැකි දෙයක් නොවේ. එබැවින්, සුළඟේ විචලනය නොතකා ඇඹරුම් ගල් අතර පරතරය නියතව



5 වන රූපය : ඉංග්‍රීසි චිත්‍ර ශිල්පී ශ්‍රීමත් විලියම් බීචි (1806) විසින් අඳින ලද ජේම්ස් වොට්ගේ චිත්‍රය

පවතිනු පිණිස ඇඹරුම් ගල් ස්වයංක්‍රීයව සකස් කිරීමේ යාන්ත්‍රණයක් මෝල්කරුවන්ට අවශ්‍ය විය. නූතන පාලන ප්‍රභාෂාවලදී මෙය නියාමන ගැටලුව ලෙස හැඳින්වේ.

එවැනි ශක්‍ය යාන්ත්‍රණයක් ඉදිරිපත් කිරීමට බොහෝ දෙනෙකු විසින් බොහෝ උත්සාහ දරා තිබුණි. මීට පෙර තරමක් සමාන සංකල්ප නොයෙක් දෙනා ඉදිරිපත් කර තිබුණද, එවැනි යාන්ත්‍රණයකට පළමු පේටන්ට් බලපත්‍රය 1787 දී තෝමස් මීඩ් (ගෑස් එන්ජිම සඳහා පේටන්ට් බලපත්‍රය ලබාගත් පුද්ගලයා) විසින් ලබා ගන්නා ලදි. ඔහුගේ යාන්ත්‍රණය සඳහා ඔහු සුළං වේගයට සමානුපාතික වේගයකින් භ්‍රමණය වන ස්කන්ධ දෙකක් ඇති දක්ෂ උපක්‍රමයක් භාවිතා කළේය. එහිදී, සුළං වේගය වැඩි නම්, එම ස්කන්ධය ඉහළ යනු ඇති අතර භ්‍රමණ වේගය අඩු නම් ඒවා පහළ යනු ඇත. සුළං වේගය මන්දගාමීවන විට ඇඹරුම් ගල් එසවීමට හා වෙන් කිරීමට සරල ලීවර යාන්ත්‍රණයක් මගින් ඔහු ඒවා සම්බන්ධ කළ අතර සුළං වේගය ඉහළ මට්ටමක පවතින විට ඇඹරුම් ගල් පහළට තල්ලු කර ඇඹරුම් ගල් පරතරය ස්ථාවර විය. මෙම විශේෂිත යාන්ත්‍රණය හඳුන්වා දෙමින් සංයාමකයක් (governor) ලෙස හැඳින්වෙන ස්වයංක්‍රීය ප්‍රතිපෝෂණ පාලන යාන්ත්‍රණයකට පේටන්ට් බලපත්‍ර ලබාගත් පළමුවැනියා තෝමස් මීඩ් වේ. බාහිර බලශක්ති ප්‍රභවයේ (උදා: සුළඟ) විචලනය තිබියදීත්, අපේක්ෂිත කාර්යය පාලනය හෝ පාලනය කිරීම සඳහා සංයාමකය

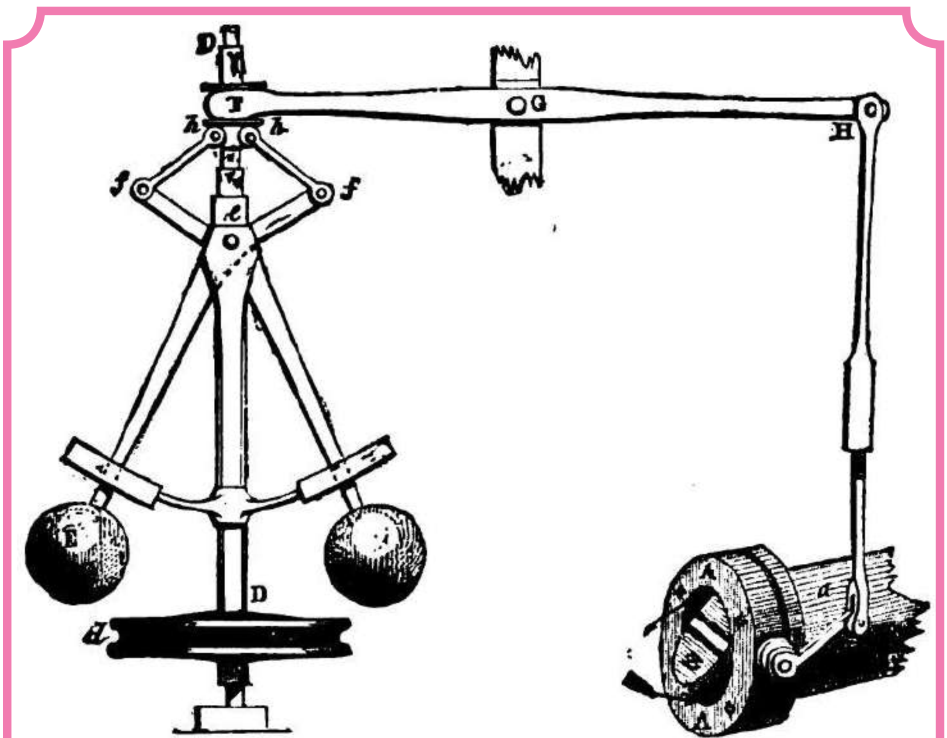


FIG. 4.—*Governor and Throttle-Valve.*

6 වන රූපය : 1900 දී ආර්. රූට්ලෙජ් විසින් අඳින ලද කේන්ද්‍රාපසාරී සංයාමකයක්

මගින් ඉටුවන කාර්යභාරය මෙම ඉංග්‍රීසි නමට හේතු වේ.

මීඩ්ගේ සේවය සුළං මෝල් කර්මාන්තයේ තවත් බොහෝ සංවර්ධනයන් සඳහා ආභාෂය ලබා දුන්නේය. මේ අතර, ජේම්ස් වොට්ගේ නිමැවුමක් වූ වාෂ්ප බලයෙන් ක්‍රියාකරන කර්මාන්තශාලාවක් මුල්‍ය අලාභයන්ට ගොදුරු විය. පසුකාලීනව, සුළං මෝල්වල භාවිතා කරන සංයාමකයන්ගේ සාර්ථකත්වය ගැන වොට් දැනගත් අතර, වාෂ්පබලයෙන් ධාවනයවන යන්ත්‍රෝපකරණ සඳහා මෙම අදහස යොදා ගත්තේය. ජේම්ස් වොට් විසින් වැඩිදියුණු කළ හෙයින් වොට්-සංයාමකයන් (Watt governor) ලෙසත්, කේන්ද්‍රාපසාරී මූලධර්මයට අනුව ක්‍රියාත්මක වන බැවින් කේන්ද්‍රාපසාරී සංයාමකයන් (centrifugal governor) ලෙසත්, භ්‍රමණය වෙමින් ඉහළ පහළ යන බරැති ගෝලාකාර ස්කන්ධ භාවිතාකර නිපදවූ නිසා පියාසර-ගෝල සංයාමකයන් (fly ball governor) හෝ ගුලා සන්යාමක ලෙසත් මෙම සංයාමක හැඳින්වේ (6 වන රූපය සහ 7 වන රූපය). ලැබුණු ප්‍රතිපෝෂණ මත පදනම්ව මෙම සංයාමකයන් පාලන-ක්‍රියාවලිය සිදුකරන බැවින් ඒවා සැබෑ ලෙසම සංවෘත පාලක පද්ධති බවට පත්වේ. ඒවා ඉතා ඉක්මණින් ක්‍රියා කරන අතර විශාල ගතික පරාසයක් තුළ ක්‍රියා කළ හැකිය. ගල් අඟුරු හෝ වෙනත් ඕනෑම න්‍යෂ්ටික ඉන්ධනයකින් ක්‍රියාත්මක වන විදුලි ජනන බලාගාරයක බලශක්ති ප්‍රභවය සෑම විටම පාහේ ජලය රත් කිරීමට සහ ඉන් නිපදවෙන ජල වාෂ්පය, වාෂ්ප එන්ජිමක් (steam engine) ධාවනය කිරීමට යොදා ගනී. එහිදී බලශක්ති උත්පාදනය සඳහා සංයාමකයන් සහ අනෙකුත් පාලක පද්ධති ඉතා වැදගත් කාර්යභාරයක් ඉටු කරයි.

7 වන රූපය : ලන්ඩනයේ විද්‍යා කෞතුකාගාරයේ වාෂ්ප එන්ජිමක වොට් සංයාමකයක්

පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභවයන්ගේ ජනප්‍රියත්වය නැවත ලබා ගැනීමේ රැල්ලක් ලෙස පෙරට පැමිණි මහා පරිමාණ ජල විදුලි උත්පාදන ක්‍රියාවලියේදී

8 වන රූපය : වික්ටෝරියා වේල්ල, ඡායාරූපය රෙහ්මාන් අබුබකර්

9 වන රූපය ෟ ඩෙන්මාර්ක සුළං ටර්බයින

(8 වන රූපය), හා සුළං බලයෙන් විදුලිය උත්පාදනයේදී (9 වන රූපය බලන්න), එම ප්‍රතිපෝෂණ පාලන යාන්ත්‍රණ විශ්වාසදායක සහ ස්ථාවර ශක්තියක් සැපයීමේදී තීරණාත්මක කාර්යභාරයක් ඉටු කරයි.

වර්තමානය සහ අනාගතය

කේන්ද්‍රාපසරී බලය මත පදනම්වූ සංයාමකයන් වැනි සරල එහෙත් වැඩ තාක්ෂණික ලෙස දියුණු වර්තමාන කාර්මික භාවිතයේ තවමත් නොනැසී පවතින සංවෘත පාලක පද්ධති මෙන්ම ඊට වැඩ බොහෝ සංකීර්ණ වූ සංවෘත පාලක පද්ධතිද අද වන විට විදුලිබල හා බලශක්ති ක්ෂේත්‍රයේ උපයෝගී වේ.

ශතවර්ෂයකට දෙකකට පෙර අතීතයේදී නොතිබුණු අවශ්‍යතාවන් හා භාවිතාවන් අද වන විට බලශක්ති ක්ෂේත්‍රයේ පැන නැගී ඇත. ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා විශේෂයෙන් සුළං, සූර්ය (solar PV) ආදී පුනර්ජනනීය බලශක්තිය සහ සුනිත්‍ය බලශක්ති ප්‍රභවයන් වැඩි වශයෙන් ප්‍රධාන විදුලි නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලියට එක් වන විට, සමස්ත විදුලි සැපයුමම ජාලයක් ලෙස එකට පාලනය කළ යුතුව ඇත.

අතීතයේ, උච්චාවචනය වන සුළං වේගය පිටි සහ පාන්වල ගුණාත්මක භාවයට පමණක් බලපා ඇති නමුත් දැන් එය සුළං බලශක්ති උත්පාදනයේදී වඩා දරුණු ප්‍රතිවිපාක ගෙන දෙයි. සුළගේ උච්චාවචනය විදුලි උත්පාදනයේ උච්චාවචනය ඇති කරයි. සූර්ය බලය උත්පාදනයේදී, විදුලිබල උත්පාදනය දවසේ වේලාව මෙන්ම වලාකුළු චලනය හේතුවෙන් වෙනස් වේ. එවිට, මෙම සියලු ප්‍රභවයන් විදුලි ජාලය නමින් හැඳින්වෙන විශාල ජාලයක අන්තර් සම්බන්ධිත හා අන්තර් මිශ්‍ර වී ඇත. විදුලිබල ජාලයට සම්බන්ධ පාරිභෝගිකයින් මිලියන ගණනක් සිටිති. ස්වාභාවික බලශක්ති සම්පත් අඩුවීම සහ පරිසරමය සැලකිල්ල වැඩිවීම විදුලිබල උත්පාදනය සඳහා පුනර්ජනනීය ප්‍රභවයන් යෙදවීම වැඩිදියුණු කිරීමේ අවශ්‍යතාව දැඩි ලෙස මතු කර තිබේ. මෙය දිනෙන් දින ඉහළ යන විදුලි ඉල්ලුම සමග විදුලිබල ජාලයේ ස්ථායිතාව සහ පාලනය පිළිබඳ ප්‍රධාන ප්‍රශ්න මතු කරයි.

එබැවින්, දැන් අපට උත්පාදනය (සැපයුම) සහ උපයෝජනය (ඉල්ලුම) යන දෙකම වෙනස් වන තත්වයක් ඇති අතර එමගින් පාලන ගැටලුව සංකීර්ණ වී ඇතිවා පමණක් නොව විවිධාංගීකරණය වී ඇත. මානව ශිෂ්ටාචාරයේ අනාගත සාර්ථකත්වය රඳා පවතින්නේ මෙම ගැටලුවලට කාර්යක්ෂම හා වේගවත් විසඳුම් සෙවීම මත ය. කෙසේවෙතත්, අපගේ රට ඇතුළුව ලොව පුරා සිටින හොඳම මනසින් මෙම ගැටලු විසඳීම සඳහා බොහෝ නවෝත්පාදන උපාය මාර්ග සොයාගෙන ඒවා භාවිතා කරනු ලැබේ.

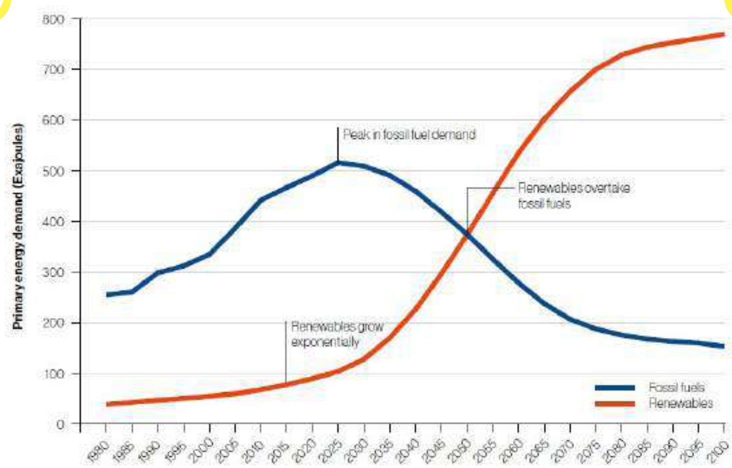
ආචාර්ය එම්. පී. බී. ඒකනායක
ජ්‍යෙෂ්ඨ කථිකාචාර්ය
විදුලි සහ ඉලෙක්ට්‍රොනික ඉංජිනේරු දෙපාර්තමේන්තුව, ඉංජිනේරු පීඨය, පේරාදෙණිය විශ්ව විද්‍යාලය
mpb.ekanayake@eepdn.ac.lk

පුනර්ජනනීය බලශක්තියේ භූ-දේශපාලනය

ආචාර්ය ජී. එම්. ආර්. අයි. ගොඩලියද්ද

භූ-දේශපාලනය සහ එය ජාත්‍යන්තර සබඳතා හැඩගස්වන අයුරු

ආර්ථික වශයෙන් වැදගත් සම්පත් රාශියක් මේ පෘතුවියේ ඇතත් ඒවා අසමාන හා අසමතුලිත ලෙස රටවල් අතර බෙදී ගොස් ඇත. මෙය වෙළඳාම සහ රාජ්‍ය තාන්ත්‍රිකභාවය සඳහා පදනම සකසන අතර ඉතිහාසය පුරාම ගැටුම් රාශියකටද තුඩු දී තිබේ. තවද, මානව ඉතිහාසයේ විවිධ අවස්ථාවලදී තාක්ෂණික නවෝත්පාදනයන් නව සම්පත් සොයා ගැනීමට හේතු විය, නැතහොත් පවත්නා සම්පත් සඳහා නව යෙදුම් සොයා ගැනීමට හේතු විය. මෙහි ප්‍රතිඵලය වූයේ අන්‍යෝන්‍ය වශයෙන් වාසිදායක ආර්ථික හා දේශපාලන අවශ්‍යතා ඇති ජාතීන්ගේ සබඳතා යුග ගණනාවක් පුරා අඛණ්ඩව විකාශනය වීමයි. මෙම සබඳතාවල ගතිකතාවයන් ඉතිහාසය විවිධාකාරයෙන් හැඩගස්වා ඇත. නිදසුනක් ලෙස යුරෝපයේ පුනරුද සමයත් කාර්මික විප්ලවයත් මගින් පන්නරය ලැබූ නූතන ගවේෂණ යුගය සහ පූර්වනූතන අවදියේ ඇරඹුණු අධිරාජ්‍යවාදී යුගය, විවිධ උපායමාර්ගික අවශ්‍යතා සහ අරමුණු සහිත ජාතීන් තාක්ෂණික විප්ලවයන් ඔස්සේ ගොඩනැගුණු සමාජ, ආර්ථික හා දේශපාලනික වෙනස්කම්වලට දැක්වූ ප්‍රතිචාරයක් ලෙස හඳුනාගත හැක.



Note: This data is taken from the Shell Sky Scenario (2018), which has the merit of forecasting to 2100 and therefore projects the nature of the energy transformation over the course of the century. Other energy transition scenarios usually have shorter time horizons. The Sustainable Development Scenario (SDS) of the International Energy Agency (IEA), for example, only looks forward to 2040. IRENA's REmap scenario goes to 2050. Shell's forecast share of renewables and fossil fuels is similar to that of the IEA SDS scenario for 2040 as well as the DNV GL and Equinor Renewal scenarios for 2050. The IPCC 1.5 degree median scenario and IRENA REmap scenario anticipate a substantially larger share of renewables by 2050 with an earlier peak in fossil fuel demand.

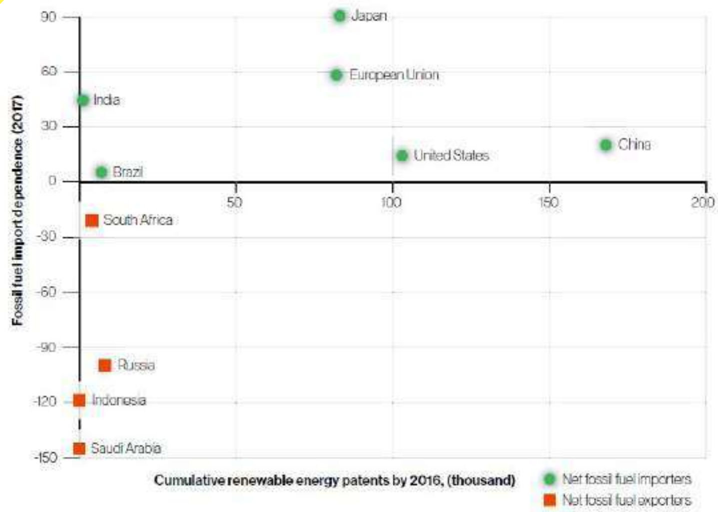
Source: Shell Sky Scenario, 2018.

1 වන රූපය : ප්‍රාථමික බලශක්ති ඉල්ලුම 2100 දක්වා පුරෝකථනය කිරීම

භූ-දේශපාලනය යනු ඔවුන්ගේ භූගෝල පිහිටීම මත පදනම්වී ජාතීන්ගේ සබඳතා අධ්‍යයනය කිරීමයි. මෙම සන්දර්භය තුළ, "භූගෝලය" යන පදය ප්‍රදේශය, ස්වාභාවික සම්පත්, දේශගුණය සහ භූ විෂමතාව වැනි සාධකවලට පමණක් නොව ජන විකාශනය, සංස්කෘතිය, තාක්ෂණික සම්පත් සහ ඉතිහාසය වැනි සාධක සමග ද සම්බන්ධ වේ. මෙම සාධක එක් එක් ජාතියේ විදේශ ප්‍රතිපත්තිය හැඩගස්වන අතර එහි අභ්‍යන්තර ජාතික ප්‍රතිපත්තියට සැලකිය යුතු බලපෑමක්ද ඇති කරයි. මෑත අතීතයේ දී, සැලකිය යුතු යුද්ධ පිරිවැය හේතුවෙන්, බොහෝ ජාතීන් භූ-ආර්ථික විද්‍යාව කෙරෙහි අවධානය යොමු කර ඇති අතර, භූගෝලීය සම්පත් ව්‍යාප්තවන ආකාරය මත පදනම්ව ජාත්‍යන්තර සබඳතාවල මිලිටරි නොවන ආර්ථික අංශ කෙරෙහි මූලික වශයෙන් අවධානය යොමු කිරීම නව භූ-දේශපාලනික ප්‍රවණතාවයකි. එබැවින්, වර්තමාන

භූ-දේශපාලනික හා භූ-ආර්ථික ප්‍රවණතා මත පදනම්ව කෙනෙකුගේ ජාතික ප්‍රතිපත්තිය සකස් කිරීමෙන්, ජාතියකට අන්‍යන්ට වඩා ඉදිරියෙන් සිටිමින් එයින් ප්‍රතිලාභ ලබා ගත හැකිය.

මෙය තවදුරටත් ගවේෂණය කිරීම සඳහා, නිදහස් වෙළඳාමෙන් ඔවුන්ගේ ආර්ථික නිමැවුම වැඩිදියුණු කිරීමට අපේක්ෂා කරන රටවල් දෙකකට භූ-දේශපාලනය බලපාන්නේ කෙසේද යන්න පිළිබඳ සරල උපකල්පිත උදාහරණයක් ගනිමු. බ්‍රිතාන්‍යය සහ බ්‍රසීලය පිළිවෙලින් රෙදිපිළි සහ කෝපි නිෂ්පාදනය කරයි යැයි සිතමු. අතිරික්තය දෙරට අතර අපනයන වෙළඳාම සඳහා ලබා දෙනු ඇත. එමනිසා, නිෂ්පාදන දෙක ප්‍රමාණවත් ප්‍රමාණයක් තම රට තුළදීම නිෂ්පාදනය කිරීමට එක් එක් රටට වැයවන මුදලට සාපේක්ෂව අඩු මිලකට දෙරටටම නිෂ්පාදන වෙන වෙනම විශේෂ හැකියාව ඇති රටේ පමණක් නිෂ්පාදනය කළ හැක. මෙයට හේතුව ආර්ථික විද්‍යාවේ රිකාඩියන් (19 වන සියවසේ බ්‍රිතාන්‍ය දේශපාලන ආර්ථික විද්‍යා පියා යන විරුදාවලිය ලත් තැනැත්තා) ආකෘතිය මගින් පැහැදිලි කළ පරිදි එක් නිෂ්පාදනයක් නිෂ්පාදනය කිරීමේ විශේෂ අවශ්‍යතාවේ ප්‍රතිඵලයක් ලෙස එක් එක් රටවල් ලබන ඒක පුද්ගල සම්පත් ලාභයයි. එබැවින්, මෙම සරල කළ තත්ත්වය තුළ දෙරටටම නිදහස් වෙළඳාමෙන් ප්‍රතිලාභ ලැබෙනු ඇතැයි පෙනේ. කෙසේ වෙතත්, මෙම විධිවිධානයේ දිගුකාලීන බලපෑම් ද යමෙකු සලකා බැලිය යුතුය. කාලයත් සමගම, බ්‍රසීලයට සාපේක්ෂව බ්‍රිතාන්‍යය මෙම ආකෘතියට අනුව වඩා ධනවත් වනු ඇත. කාර්මිකකරණය,



Source: BP, IRENA.

- **The Y-axis** depicts the share of oil, gas, and coal imports in total primary energy consumption in 2017. It situates selected countries, as well as the European Union, in the energy economy of today, which is dominated by fossil fuels. The higher the share, the more dependent a country is on fossil fuel imports. Net fossil fuel exporting countries have negative shares.

2 වන රූපය : පොසිල ඉන්ධන යැපීම එදිරිව පුනර්ජනනීය බලශක්ති පේටන්ට් බලපත්‍ර

ස්වයංක්‍රීයකරණය, යාන්ත්‍රිකකරණය, නාගරීකරණය සහ රසායනික ද්‍රව්‍ය, යන්ත්‍ර උපකරණ වැනි බොහෝ ව්‍යුත්පන්න හෝ ආශ්‍රිත කර්මාන්ත සඳහා මග පෙන්වන බැවින් රෙදිපිළි යනු දියුණුවේ දොරටුවක් වන කර්මාන්තයක් ලෙස හැඳින්වේ. එහි ප්‍රතිපලයක් ලෙස එය බ්‍රිතාන්‍යයේ කාර්මික වර්ධනය උත්තේජනය කරන අතර දිගු කාලීනව ඉහළ ලාභයක් ලබා ගැනීමට හැකි වේ. තවද, මෙම ලාභය බ්‍රිතාන්‍යයේ සහ වෙනත් තැන්වල වඩාත් නව්‍ය නිෂ්පාදන ක්‍රමවේදයන් සඳහා ආයෝජනය කළ හැකිය.

ඉහත උදාහරණය බොහෝ බටහිර රටවල කාර්මිකකරණයට තුඩු දුන් 18 සහ 19 වන සියවස්වල භූ-දේශපාලනික තත්ත්වය හා සම්බන්ධ වේ. මෙය අනෙක් අතට භූ-දේශපාලනික බලවේගයන්හි දැවැන්ත වෙනසක් ඇති කළ අතර එය ලොව පුරා රටවල ජීවන තත්ත්වය සහ ආර්ථික තත්ත්වයන්හි විශාල වෙනස්කම්වලට තුඩු දුන්නේය. කෙසේ වෙතත්, එවැනි පරිවර්තන සිදු වන්නේ තරංග ආකාරයෙන් වන අතර 20 වන සියවස පුරාම පැමිණ අද දක්වාත් සිදුවෙමින් පවතී. ඉංජිනේරු හා තාක්ෂණික අංශවල අද්විතීය වර්ධනය හේතුවෙන් අප 20 වන සියවසේ අග භාගයට ළඟා වෙද්දී භූ-දේශපාලනික පසුබිමේ වෙනස්වීම් ඊටත් වඩා ශීඝ්‍රයෙන් සිදුවිය. එබැවින්, භූ-දේශපාලනික කූටෝපායන් කෙරෙහි සැලකිය යුතු බලපෑමක් ඇති කළ හැකි ප්‍රධාන සාධක හඳුනාගෙන ඒවාට ප්‍රතිචාර දැක්වීම, එවැනි අස්ථාවරත්වය යටතේ ජාතීන්ගේ ක්ෂමතාව වැඩි කරයි.

පුනර්ජනනීය බලශක්තීන්ගේ ආගමනය සහ භූ-දේශපාලනික බලශක්ති ප්‍රවණතා

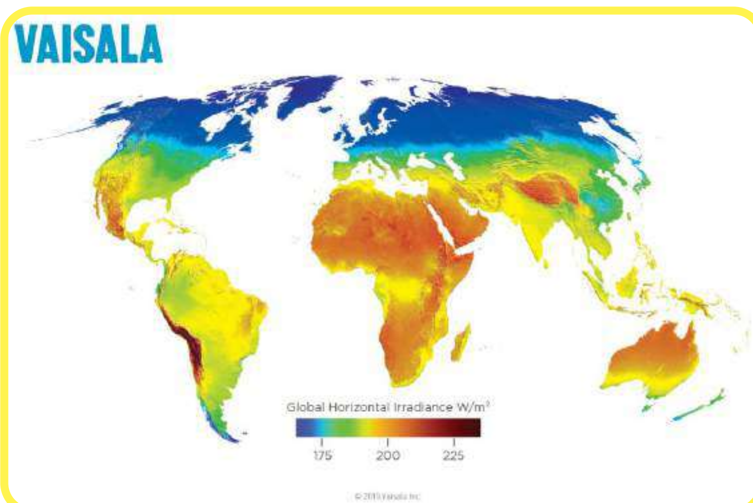
දේශපාලනික දර්ශනයට බලශක්තියේ බලපෑම පශ්චාත් කාර්මික විප්ලවය විසින් සැලකිය යුතු ලෙස වැඩි කළේය. 20 වන ශතවර්ෂයේ මුල කාලය පුරාම ලෝකයේ දේශපාලනික පසුතලය, බලශක්තිය අනුව අර්ථ දැක්වූනේ පොසිල ඉන්ධන, එනම් තෙල් හා ගෑස් වශයෙන් පමණි. මෑත අතීතයේ සිදු වූ බොහෝ යුද්ධ මෙන්ම පවතින ගැටුම් හා රාජ්‍යතාන්ත්‍රික සන්ධාන බොහෝ දුරට හැඩගස්වා ඇත්තේ තෙල් හා ගෑස්වල භූ-දේශපාලනය හරහා ය. මෙයට හේතුව කාර්මික හා ප්‍රවාහන අංශ සඳහා භාවිතා කරන බලශක්තියෙන් සැලකිය යුතු කොටසක් (අඩකට වඩා) පොසිල ඉන්ධන ප්‍රභවයන් වීමයි.

1970 ගණන්වල ඉහළ තෙල් මිල සහ මෑතදී තෙල් මිල පහත හෙළීම භූ-දේශපාලනික උපායමාර්ගවල පැහැදිලි ප්‍රතිඵලයකි.

කෙසේ වෙතත්, නවතම ප්‍රක්ෂේපනයන් පෙන්නුම් කරන්නේ 2050 වන විට පුනර්ජනනීය බලශක්තිය ප්‍රාථමික බලශක්ති පරිභෝජනයේ ප්‍රමුඛ ප්‍රභවය බවට පත්වනු ඇති බවයි (1 වන රූපය). මෙයට එක් හේතුවක් වන්නේ අඩු හෝ ශුන්‍ය හෝ කාබන් බලශක්ති නිපදවන තාක්ෂණයන්හි වර්ධනය හා සංවර්ධනය දිරිගැන්වීම සඳහා එහි අත්සන් කරුවන් දිරිමත් කිරීම මගින් ගෝලීය බලශක්ති මිශ්‍රණයේ කැපී පෙනෙන වෙනස්කම් සඳහා කැඳවූ 2015 පැරිස් ගිවිසුමයි. ඉන්දියාව, චීනය, ඇමරිකා එක්සත් ජනපදය සහ බටහිර යුරෝපය වැනි ප්‍රධාන බලශක්ති පාරිභෝගිකයින් ඇතුළු බොහෝ රටවල බලශක්ති මිශ්‍රණයට පුනර්ජනනීය බලශක්තිය සැලකිය යුතු ලෙස බලපා ඇත. මෙයට හේතු වී ඇත්තේ චීනයේ ප්‍රතිපත්ති දිරිගැන්වීම් සහ වර්ධනය, බටහිර යුරෝපයේ බලශක්ති විමෝචන ප්‍රතිපත්ති, පුනර්ජනනීය පිරිවැය අඩුවීම සහ ඉන්දියාවේ ප්‍රතිපත්ති ය. එබැවින්, භූ-දේශපාලනික භූ දර්ශනයේ පුනර්ජනනීය බලශක්තිය ඉහළින් පිහිටුවා ඇති අතර, ඉතිරිව ඇත්තේ ඔවුන් එය නැවත සකස් කරන්නේ කෙසේදැයි පුරෝකථනය කිරීමයි.

පුනර්ජනනීය බලශක්තිය, භූ-දේශපාලනික දර්ශනය හැඩගස්වා ගත හැකි ක්‍රමයට බලපාන යාන්ත්‍රණ කිහිපයක් තිබේ. ෆොසිල ඉන්ධන කර්මාන්තයේ දී මෙන්ම, අත්‍යවශ්‍ය අමුද්‍රව්‍යය සඳහා අඩු ප්‍රාග්ධනයක් අවශ්‍ය වන අතර ඉහළ භූ-දේශපාලනික උපායමාර්ගික වටිනාකමක් ඇත. එමෙන්ම සුළං ටර්බයින ජනක යන්ත්‍රවල චුම්බක සඳහා භාවිතා කරන නියෝඩියම් සහ විදුලි වාහනවල මෝටර, බලශක්ති ගබඩා කිරීම සඳහා භාවිතා කරන ලිතියම් සහ කොබෝල්ට් සහ සූර්ය කෝෂ සඳහා භාවිතා කරන ඉන්ඩියම් වැනි දුර්ලභ ඛනිජ, ඒවා වටා කණ්ඩායම් නිර්මාණය කිරීමේ හැකියාව ඇත.

පුනර්ජනනීය බලශක්ති ක්ෂේත්‍රයේ අඛණ්ඩ වර්ධනයේ අවශ්‍යතාවය හේතුවෙන් තාක්ෂණික නවෝත්පාදන රාශියක් ඇති වී ඇති අතර පර්යේෂණ හා සංවර්ධන සඳහා ආයෝජන වැඩි වී තිබේ. චීනය, එක්සත් ජනපදය, යුරෝපා සංගමය සහ ජපානය වැනි ප්‍රාග්ධනයෙන් පොහොසත් රටවල් සුනිල බලශක්ති තාක්ෂණික නවෝත්පාදනයන් සඳහා විශාල වශයෙන් ආයෝජනය කර ඇති අතර, භූ-දේශපාලනික ගතිකතාවයන් පරිවර්තනය මධ්‍යයේ පහසුතාවන්ට ඉදිරියෙන් සිටීම අරමුණු කර ගෙන ඇත. මෙම රටවල පුනර්ජනනීය බලශක්ති සම්බන්ධ පේටන්ට් බලපත්‍ර ශීඝ්‍රයෙන් ඉහළ යාමට මෙය හේතු වී ඇත (2 වන රූපය). සූර්ය ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා (PV) ජනකවල ඉහළ කාර්යක්ෂමතාව, සුළං ටර්බයින, මෙම ක්ෂේත්‍රයේ ඵලදායිතාව ඉහළ නැංවීමට හේතු වූ එවැනි නවෝත්පාදන සඳහා උදාහරණ වේ.



3 වන රූපය ꞉ ගෝලීය සූර්ය සම්පත් විභව සිතියම

කාර්යක්ෂමතාව ඉහළ නැංවීමේ අවශ්‍යතාවය ආරම්භක නවෝත්පාදනයන් සඳහා මග පෑදූ හෙයින්, පර්යේෂණ හා සංවර්ධන ආයෝජන පුනර්ජනනීය බලශක්තිය හා සම්බන්ධ නව මානයේ නව්‍යකරණයන් සඳහා යොමු වී ඇත. මුල් පර්යේෂණයන් ප්‍රධාන වශයෙන් අවධානය යොමු කළේ ඉහත සඳහන් කළ පරිදි සැපයුම් පාර්ශවීය කාර්යක්ෂමතාව වර්ධනය කිරීම සඳහා ය. පරිභෝජන පාර්ශවීය හැසිරීම් පිරිසිදු බලශක්තිය අනුවර්තනය කිරීම කෙරෙහි මෑතකදී අවධානය යොමු වී තිබේ. ප්‍රවාහන හා බර කර්මාන්ත වැනි විද්‍යුත්කරණය කිරීමට අසීරු අංශ විද්‍යුත්කරණය කිරීම පරිභෝජනය දෙසට අනුවර්තනය වීම කෙරෙහි අවධානය යොමු කරන පර්යේෂණයන්හි නව මායිමකි. පුනර්ජනනීය බලශක්තිය විදුලිබල පද්ධතියට ඒකාබද්ධ කිරීම නිසා බලශක්ති පද්ධති තුළ උත්පාදනය හා බෙදා හැරීම ඒකාබද්ධ කිරීම සඳහා (සුහුරු) ස්මාර්ට් හා බහුකාර්ය යාන්ත්‍රණ අවශ්‍ය වේ. මෙය ස්මාර්ට් ග්‍රිඩ්, අන්තර්ජාලිතාංග (IoT), කෘතිම බුද්ධිය (AI) සහ බිග් ඩේටා වැනි නව තාක්ෂණයන් බලශක්ති කර්මාන්තයට යෙදවීම සඳහා ගවේෂණය කිරීමට හේතු වී තිබේ. තවද, ප්‍රවාහන පද්ධති විද්‍යුත්කරණය කිරීම සහ පුනර්ජනනීය බලශක්ති සැපයුමේ අස්ථාවරත්වයට විසඳුමක් ලෙස බලශක්ති ගබඩා පද්ධති හා බැටරි තාක්ෂණය කෙරෙහි උනන්දුවක් ජනිත කර ඇත.

ශ්‍රී ලංකාවේ බලශක්ති අනාගතය

ඉතිහාසය අපට උගන්වා ඇති පරිදි, භූ-දේශපාලනික දර්ශනයේ වෙනස්වීම්වලට ප්‍රතික්‍රියා කිරීම සඳහා භූ-දේශපාලනික උපාය මාර්ග

සහ දුරදක්නා නුවණ භාවිතා කරන රටවල්, පැමිණෙන වෙනසෙහි ඵල නෙළා ගැනීමට වඩා හොඳ තත්වයක සිටී. මේ වන විටත් ප්‍රධාන බලවතුන් බලශක්ති ක්ෂේත්‍රය සඳහා පර්යේෂණ හා සංවර්ධන කටයුතු සඳහා විශාල වශයෙන් ආයෝජනය කරමින් සිටින අතර එමගින් ඔවුන් මෙම ක්ෂේත්‍රයේ පේටන්ට් බලපත්‍ර විශාල ප්‍රමාණයක් ලබා ගෙන ඇත. මෙය පුනර්ජනනීය බලශක්ති අංශයේ වර්ධනයත් සමග බුද්ධිමය දේපල හරහා ලාභයට ප්‍රවේශය ලබා දෙනවා පමණක් නොව, බලශක්ති භූ-දේශපාලනයේ සැලකිය යුතු උත්තේජනයක් ද ලබා දෙයි.

කෙසේ වෙතත්, බලශක්ති දේශපාලනය වෙනස් වෙමින් පැවතීම, ශ්‍රී ලංකාව වැනි රටකට ද නව අවස්ථා උදා කරයි. පුනර්ජනනීය බලශක්තියේ භූ-දේශපාලනය කලින් සාකච්ඡා කළ පරිදි තාක්ෂණික නවෝත්පාදන සමග පැහැදිලිවම බැඳී ඇත. අන්තර්ජාලිතාංග(IoT), කෘතිම බුද්ධිය (AI), බිග් ඩේටා සහ ස්මාර්ට් ජාලකය වැනි ක්ෂේත්‍රවල තවමත් ගවේෂණය නොකළ හෝ ළදරු අවධියේදී පර්යේෂණයේ නව මායිම් අඛණ්ඩව විවෘත වන අතර අප සතුව ඇති සීමිත ප්‍රාග්ධනය සමග වුවද නව්‍යකරණයට මග පෑදිය හැකිය. ප්‍රධාන වශයෙන් පර්යේෂණ හා සංවර්ධන ආයෝජන සහ වර්ධනයේ ධනාත්මක ප්‍රතිපෝෂණ වටයක් නිර්මාණය කරන අතර නිවැරදි වේලාවට තට්ටු කළහොත් එය වර්ධන චක්‍රයේ ඉදිරියට යාමට මග පාදයි.

තවද, සූර්ය හා සුළං සම්පත් ලබා ගැනීමේ හැකියාව අනුව ශ්‍රී ලංකාවේ භූගෝලීය ස්ථානගත වීම වාසියක් ලබා දෙයි (3 වන සහ 4 වන රූප). මෙය දැනටමත් රට සතුව ඇති ජල විදුලි සම්පත්වලට අමතරව ය. බලශක්ති අංශයේ පර්යේෂණ හා සංවර්ධන කටයුතු සඳහා පැහැදිලි ජාතික මුලපිරීමකට අප සතුව සාපේක්ෂව අඩු ප්‍රාග්ධනයක් තිබියදීත් ධනාත්මක වර්ධන චක්‍රයක් කරා රට උත්තේජනය කළ හැකිය.

පර්යේෂණ හා සංවර්ධන ක්‍රියාකාරකම්වල ආරම්භක අදියර ස්මාර්ට් ග්‍රිඩ් වැනි ක්ෂේත්‍ර කෙරෙහි යොමු කිරීම සඳහා පැහැදිලි උනන්දුකිරීමක් ලබාදෙන අතර එය ක්‍රියාත්මක කිරීම සඳහා ආධාරක පද්ධතියක් ලෙස අන්තර්ජාලිතාංග සහ කෘත්‍රිම බුද්ධිය (IoT සහ AI) වැනි නව තාක්ෂණයන් යෙදවීම. ශ්‍රී ලංකාවේ පර්යේෂණ හා සංවර්ධන ක්‍රියාකාරකම්වල වර්තමාන තත්ත්වය තුළ කැපී පෙනේ. ස්මාර්ට් ජාලයට මෘදුකාංග හා දෘඪාංග පදනම් කරගත් තාක්ෂණයන් සංවර්ධනය කිරීම, මිනිරන් සම්පත් භාවිතයෙන් ග්‍රැපීන් නිෂ්පාදනය කිරීම සහ බලශක්ති ගබඩා කිරීමේ උපකරණ සඳහා සක්‍රිය කාබන් ආදිය නිෂ්පාදනය කිරීමද මෙයට අයත්වේ. මෙම දියුණු කිරීම් අප රටේ ප්‍රගතියට බාධාවන උපායමාර්ගික සම්පත් අපනයන සැපයුම්කරුවන්ගේ ග්‍රහණයෙන් අපව මුදාලීමට අවස්ථාවක් ලබාදේ. මීට අමතරව, පුනර්ජනනීය බලශක්තිය සඳහා ජාතික බලශක්ති මිශ්‍රණය මෙහෙයවීම ද පොසිල ඉන්ධන නිෂ්පාදකයින් මත යැපීම ඉවත් කරයි. මෙය නව්‍යකරණයේ සහ ආයෝජනයට ධනාත්මක ප්‍රතිපෝෂණයක් ලබාදෙනු ඇති.

තාක්ෂණය මත පදනම් වූ භූ-දේශපාලනික රැලි පිළිබඳ සිත්ගන්නා කරුණ නම් ස්වාභාවික සම්පත් වලින් පොහොසත් නොවන රටවල භූ-දේශපාලනයට සෑම විටම අවස්ථාව ලැබීමයි. ජනතාවට නව රැකියා අවස්ථා නිර්මාණය කරන නව ව්‍යුත්පන්න කර්මාන්තවල වර්ධනයට ද ඒවා මග පාදයි. උදාහරණයක් ලෙස, අන්තර්ජාලිතාංග සහ කෘත්‍රිම බුද්ධිය (IoT සහ AI) මගින් පොහොසත් බලශක්ති ජාලයක් සන්නිවේදනය, ඉලෙක්ට්‍රොනික හා පරිගණක යන අංශවල රැකියා උත්පාදනය කරනු ඇත. මෙමගින් අධ්‍යාපන අංශය නවීකරණය වනු ඇති අතර එය තවදුරටත් තිරසාර වර්ධනයකට මග පාදයි.

පුනර්ජනනීය බලශක්ති අංශය එක්තරා සන්ධිස්ථානයකට වඩා වර්ධනය වූ පසු භූ-දේශපාලනය ගතිකය තුළ මේ සඳහා ක්‍රියාශීලී ප්‍රවේශයක් ලැබේ. මේ අනුව, නව සැපයුම්කරුවන්ගේ හැසිරීම් වැනි කල්ලි කණ්ඩායම් නිසා පුනර්ජනනීය බලශක්තිය සඳහා ආයෝජනය කිරීම වඩා මිල අධික වේ. මෙය අනෙක් අතට එම භූ-දේශපාලනික ක්‍රීඩකයන් මත යැපීමට තුඩු දෙයි. නවෝත්පාදනයන් ජාතීන් අතර හවුල්කාරිත්වයට වර්ධනයට සහ දැනුම හුවමාරු කර ගැනීමට වැඩි අවස්ථාවන් විවර කරයි.

එබැවින් පුනර්ජනනීය බලශක්තියේ වර්ධනයත් සමග භූ-දේශපාලනයේ බල තුලනය වෙනස් විය හැකි බව පැහැදිලිවම පෙනේ. අදාළ ක්ෂේත්‍රයන්හි තාක්ෂණික නවෝත්පාදනයන් සඳහා ආයෝජනය කිරීම සහ පිරිසිදු බලශක්ති මූලාරම්භයන් සඳහා ජාතික ප්‍රතිපත්තිය වෙනස් කිරීම සමග මෙම මාරුවට හොඳින් ප්‍රතිචාර දක්වන රටවල් තරඟයේ වඩා හොඳ ස්ථානගත කිරීමක් සඳහා බෙහෙවින් සම්භාවිතාවක් ඇත.

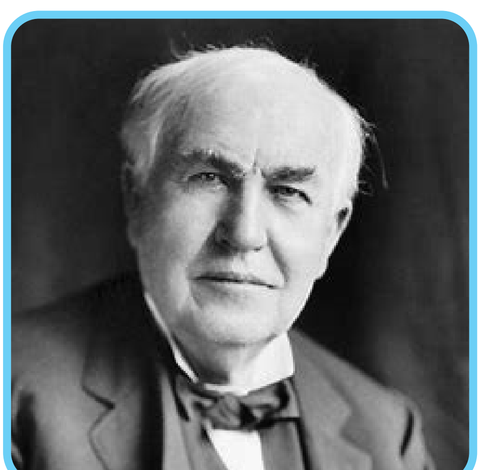
ආචාර්ය ජී. එම්. ආර්.අයි. ගොඩලියද්ද
ජ්‍යෙෂ්ඨ කථිකාචාර්ය,
විදුලි සහ ඉලෙක්ට්‍රොනික ඉංජිනේරු දෙපාර්තමේන්තුව, ඉංජිනේරු පීඨය,
පේරාදෙණිය විශ්ව විද්‍යාලය
roshangodd@ee.pdn.ac.lk

පුනර්ජනනීය බලශක්තිය සමග සරල ධාරාවේ පුනරාගමනය

මහාචාර්ය ජේ.බී. ඒකනායක

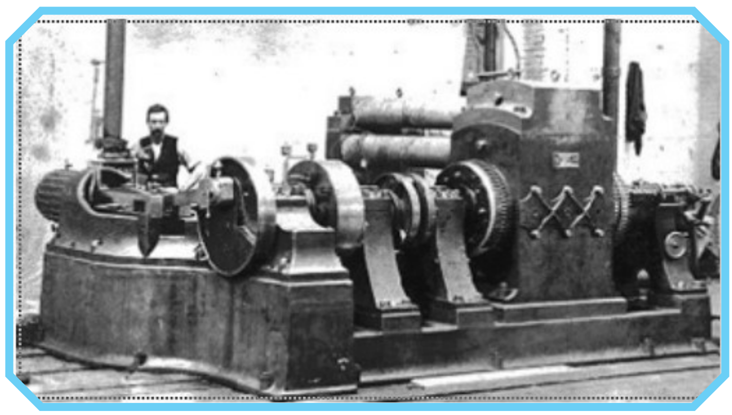
අපගේ නිවාස, වාණිජ ආයතන සහ කර්මාන්තශාලාවලට සපයනු ලබන නිසා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා පිළිබඳව සැවොම දනිති. කෙසේ වෙතත්, මුල් ස්ථාපනයන් සරල ධාරා විය. ලොව පළමු සරල ධාරා ජනන ස්ථානය 1882 සැප්තැම්බර් 4 වන දින නිව්යෝක්හි පර්ල් වීදියේ අංක 257 දී විවෘත කරන ලදි. මෙය තෝමස් අල්වා එඩිසන්ගේ (1 රූපය) පුරෝගාමීත්වයෙන් සිදු විය. එඩිසන්ගේ විදුලි බලාගාරය වර්ග කිලෝමීටර් 0.65 ක ප්‍රදේශයක පාරිභෝගිකයින්ට විදුලිය සැපයීම ආරම්භ කළේය.

පර්ල් වීදියේ සේවා ප්‍රදේශය තුළ විදුලි පහන් සඳහා විදුලි බලය සැපයීමට



1 වන රූපය - තෝමස් අල්වා එඩිසන්
(1847 පෙබරවාරි 11 - 1931 ඔක්තෝබර් 18)

එඩිසන් සහ ඔහුගේ කණ්ඩායම ටොන් 27 ක 'ජම්බෝ' නියත වෝල්ටීයතා ඩයිනමෝව නිපදවීය (2 රූපය). පර්ල් වීදියේ ඩයිනමෝ හයක් සවි කළ අතර ඉන් එකක ධාරිතාවය කිලෝ වොට් 100 පමණ විය. ගල් අඟුරු බොයිලේරු හතරක් විසින් සපයන ලද වාෂ්ප එන්ජින් මගින් ඩයිනමෝ මෙහෙයවනු ලැබීය.



2 වන රූපය - එඩිසන්ගේ 'ජම්බෝ' ඩයිනමෝව

එඩිසන්ගේ ව්‍යාපෘතියට භූගත රැහැන් කිලෝමීටර් 24.4 ක් පමණ සවි කිරීම සිදුවිය. මුල් පද්ධතිය වෝල්ට් 110 (සරල ධාරා) මගින් ක්‍රියාත්මක වූ අතර රැහැන් දෙකක වින්‍යාසයක් භාවිත කරන ලදී. මේ සඳහා මිල අධික තඹ විශාල ප්‍රමාණයක් අවශ්‍ය වූ නිසා වෝල්ට් 220 රැහැන් බවට එඩිසන් වහාම වෙනස් කරන ලදී. එය රැහැන් තුනකින් සමන්විත වූ අතර එමගින් අවශ්‍ය තඹ ප්‍රමාණය සැලකිය යුතු ලෙස අඩු විය.

පර්ල් වීදියේ සැලසුමේ වැඩි දියුණු කළ සංස්කරණ සිය ගණනක් පසුව ස්ථාපනය කරන ලදී. කෙසේ වෙතත්, අඩු වෝල්ටීයතා සරල ධාරා පද්ධතියකට ආවේණික අවාසි ඇති අතර, ආර්ථික වශයෙන් ප්‍රධානතම අවාසිය නම් සරල ධාරා විදුලි බලය සම්ප්‍රේෂණය කළ හැකි දුර සීමා වීමයි.

1880 මැද භාගය වන විට ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා පද්ධති එඩිසන්ගේ සරල ධාරා පද්ධතිය සමග තරග කිරීමට පටන් ගත්තේය. නිකොලා ටෙස්ලා විසින් ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා ට්‍රාන්ස්ෆෝමරය සොයා ගැනීම මගින් ඉහළ වෝල්ටීයතාවයකින් හා ආර්ථික වශයෙන් කාර්යක්ෂමව විදුලි බලය සම්ප්‍රේෂණය කිරීමට ඉඩ සැලසුනු අතර එමගින් අඩු වෝල්ටීයතා සරල ධාරා පද්ධතිවල ප්‍රධාන අවාසිය

විසඳනු ලැබීය. එබැවින් 19 වන සියවස අවසන්වන විට සරල ධාරා පද්ධතිවල නොවැළැක්විය හැකි පරිහානියක් ක්‍රමයෙන් ආරම්භ විය.

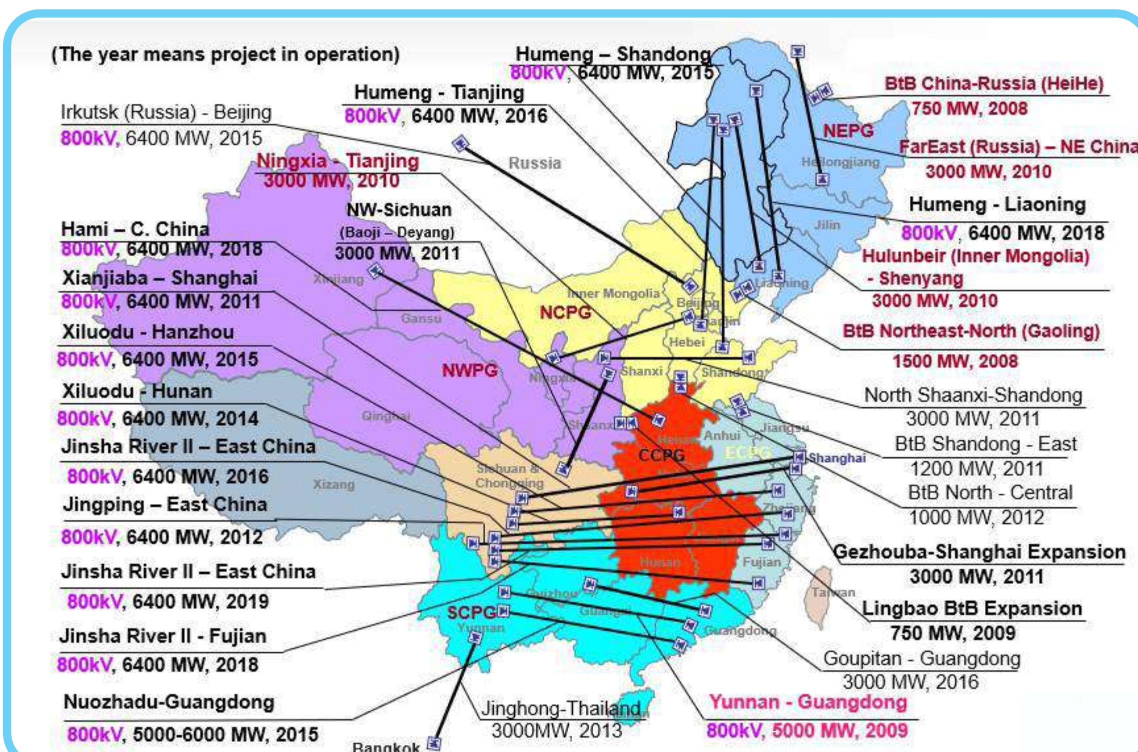
අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා සම්ප්‍රේෂණය

20 වන සියවසේදී සියලුම අඩු වෝල්ටීයතා විද්‍යුත් බෙදාහැරීම් ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා විය. 1902 දී පීටර් කූපර් හෙවිට් විසින් රසදිය වාෂ්ප කපාටය (mercury arc valve) සොයාගැනීමත් සමග අධි වෝල්ටීයතා පරිපථ බොහොමයක් ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා වුවද, ප්‍රධාන වශයෙන් අසමමුහුර්ත පද්ධති සම්බන්ධ කිරීම සඳහා සරල ධාරා සම්ප්‍රේෂණය කෙරෙහි උනන්දුවක් ඇති විය. 3 වන රූපය හි පෙන්වා ඇති රසදිය වාෂ්ප කපාටය කාර්යක්ෂම ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා - සරල ධාරා ඍජුකාරකයකි. උදාහරණයක් ලෙස, 1932 දී 'ජෙනරල් ඉලෙක්ට්‍රික්' විසින් රසදිය-වාෂ්ප කපාට පරීක්ෂා කළ අතර, ඔවුන් නිව් යෝර්ක්හි මැකනික්විල් හි හර්ට්ස් 60 බැරවලට සැපයීම සඳහා හර්ට්ස් 40 සැපයුමක් පරිවර්තනය කිරීමට කිලෝ වෝල්ට් 12 සම්ප්‍රේෂණ රැහැන් ඉදි කරන ලදී.

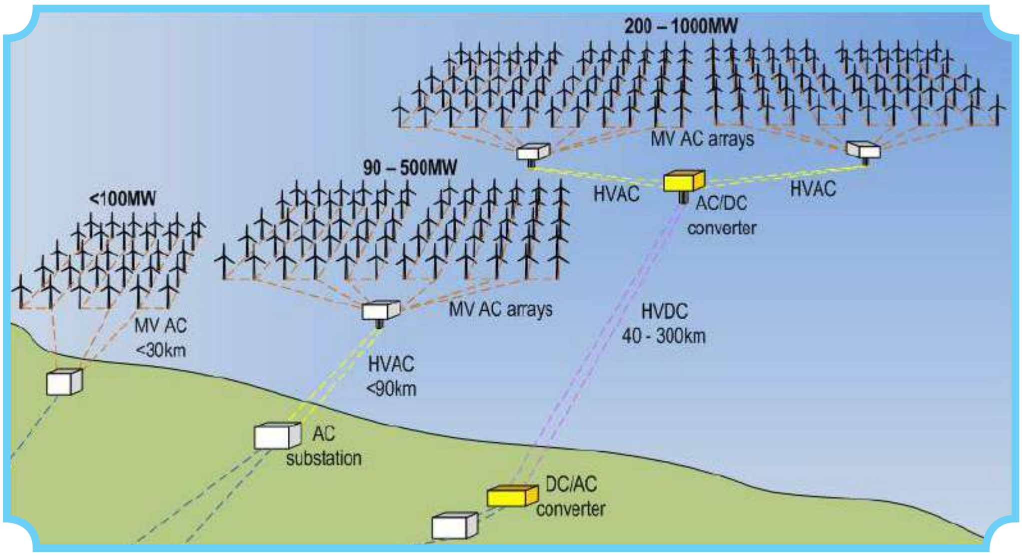
3 වන රූපය - බොහෝ විට ලොව අවසාන සක්‍රිය රසදිය වාෂ්ප ඍජුකාරකය, පේරාදෙණිය විශ්වවිද්‍යාලයේ විදුලි හා විද්‍යුත් ඉංජිනේරු අංශයේ සිසුන්ට තවමත් සේවය කරයි.

අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා සම්ප්‍රේෂණයේ නූතන යුගයේ ආරම්භය සනිටුහන් කරන ලද්දේ මුලින් ජර්මනියේ ඉදිකර 1951 දී රුසියාවේ නැවත ස්ථාපනය කරන ලද 'මොස්කව්-කෂිරා' හා 1954 දී ඉදිකරන ලද ස්වීඩනයේ ප්‍රධාන භූමිය සහ ගොට්ලන්ඩ් දූපත අතර පළමු වාණිජ අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා සම්ප්‍රේෂණ රැහැන් පද්ධතීන්ය. 1972 දක්වා නිර්මාණය කරන ලද පද්ධතිවල රසදිය වාෂ්ප කපාට බහුලව දක්නට ලැබුණි. කැනඩාවේ මැනිටෝබා හි 'නෙල්සන් රිවර් බයිපෝල් 1' පද්ධතිය අවසාන රසදිය වාෂ්ප අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා පද්ධතිය ලෙස පිළිගැනේ.

'ජෙනරල් ඉලෙක්ට්‍රික්' හි බලශක්ති ඉංජිනේරුවන් විසින් 1956 දී සිලිකන් පාලිත ඍජුකාරකය හෙවත් තයිරිස්ටරය (silicon controlled rectifier or thyristor) සංවර්ධනය කිරීමෙන් පසුව, සියලු අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා පද්ධති වසා දැමීම හෝ තයිරිස්ටර භාවිතා කිරීමට පරිවර්තනය කිරීම හෝ සිදු විය. තයිරිස්ටරය මත පදනම් වූ පළමු අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා යෝජනා ක්‍රමය කැනඩාවේ 'ඊල් රිවර්' යෝජනා ක්‍රමය වන අතර එය ජෙනරල් ඉලෙක්ට්‍රික් විසින් ඉදිකර 1972 දී ආරම්භ කරන ලදී. අද වන විට ලොව පුරා තයිරිස්ටර මත පදනම් වූ අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා යෝජනා ක්‍රම විශාල ප්‍රමාණයක් ක්‍රියාත්මක වන අතර චීනය



4 වන රූපය - චීනයේ අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා සම්බන්ධතා



5 වන රූපය - අක්වෙරළ සුළං ගොවිපළ සම්බන්ධතා

පුරෝගාමීන් වේ. 4 වන රූපයෙහි දැක්වෙන්නේ 2020 වන විට චීනයේ ක්‍රියාත්මක හෝ සැලසුම් කර ඇති හෝ අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා යෝජනා ක්‍රමයි. 'චැංජි-ගුක්වාන්' ලොව පළමු කිලෝ වෝල්ට් 1,100 අල්ට්‍රා අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා සම්බන්ධකය වන අතර එය සම්ප්‍රේෂණ ධාරිතාව සහ දුර ප්‍රමාණය අනුව නව ලෝක වාර්තාවක් තැබීය. කිලෝමීටර 3,000 කට වඩා මෙගාවොට් 12,000 ක් සම්ප්‍රේෂණය කිරීමේ හැකියාව එයට ඇත.

අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා යෝජනා ක්‍රම වැඩි දියුණු කරන ලද්දේ විකල්පයන්ට සාපේක්ෂව ඒවායේ ඇති සහජ වාසි නිසාය. කිසියම් ආකාරයක ප්‍රතික්‍රියාකාරී හානිපූර්ණකයක් (reactive compensation) සවි නොකරන්නේ නම් ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා භාවිත කර සම්ප්‍රේෂණය කළ හැකි දුර සීමාවක් ඇත. දිගු සම්ප්‍රේෂක සඳහා, සරල ධාරා හෝ ප්‍රතික්‍රියාකාරී හානිපූර්ණකය සහිත ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා හෝ භාවිත කළ හැකිය. කිලෝමීටර 50 ට වඩා වැඩි සාගර පතුල් හරස් නාළිකා අවශ්‍ය නම්, ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා රැහැන් වල ධාරිත්‍රක ආරෝපණ ධාරාව නිසා, එකම විකල්පය සරල ධාරා වේ. තවද, සමමුහුර්තකරණය සහතික නොකර විශාල ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා පද්ධති දෙකක් අන්තර් සම්බන්ධ කිරීමට (උදා- මෙගාවොට් 2000 එක්සත් රාජධානි - ප්‍රංශ හරස් නාළිකා සම්බන්ධතාවය) සහ විවිධ සංඛ්‍යාත ජාල අතර අන්තර් සම්බන්ධතාවය සහතික කිරීමට (උදා- හර්ට්ස් 50 සහ හර්ට්ස් 60 පද්ධති භාවිතා කරන ජපානයේ උතුරු හා දකුණු දූපත් අතර සම්බන්ධතා) අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා ඉඩ ලබාදෙයි.

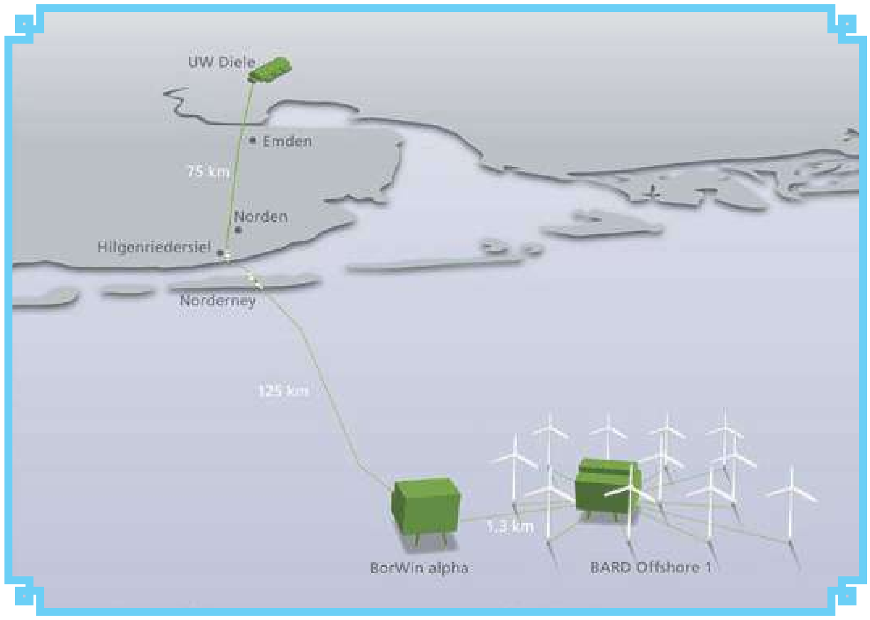
2000 වර්ෂයේ සිට, වෝල්ටීයතා ප්‍රභව පරිවර්තක භාවිත කරන විකල්ප තාක්ෂණයක් තයිරිස්ටරය මත පදනම් වූ අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරාවලට වඩා අඩු බල මට්ටම්වලදී ලබාගත හැකිය. වෝල්ටීයතා ප්‍රභව පරිවර්තක අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරාව තාක්ෂණය සඳහා සක්‍රිය හා අක්‍රිය කළ හැකි, පරිවාරක ගේට් බයිපෝලර් ට්‍රාන්සිස්ටරය (Insulated Gate Bipolar Transistor) (සංසන්දනාත්මකව, තයිරිස්ටර වලට සක්‍රිය පමණක් විය හැකි අතර අමතර පරිපථ භාවිතා කර සංක්‍රමණය කළ හැකිය) වැනි අර්ධ සන්නායක උපාංග භාවිත කරයි. සක්‍රිය හා අක්‍රිය කිරීමේ මෙම හැකියාව උපකරණයේ ශ්‍රේණිගත කිරීම තුළ ඕනෑම සංඛ්‍යාතයක, ඕනෑම කලාවක සහ ඕනෑම විශාලත්වයක වෝල්ටීයතා තරංගයක් සංස්ලේෂණය කිරීමට පරිවර්තකයන්ට ඉඩ ලබාදෙයි.

පුනර්ජනනීය සම්බන්ධතා සඳහා සරල ධාරා

අද වන විට දියඹේ ස්ථාපනය කරන සුළං ගොවිපළ (offshore wind farms) කෙරෙහි වැඩි උනන්දුවක් පවතී. ප්‍රධාන ජාලයට වඩා දුරින් හා මෙගාවොට් 100 ක බලයක් ජනනය කරන විශාල දියඹේ ස්ථාපනය කරන සුළං ගොවිපළ සඳහා, අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා වඩාත් යෝග්‍ය තේරීමක් බවට පත්ව ඇත. මුහුදේ ස්ථාපනය කරන සුළං ගොවිපලවල් සඳහා ඇති විය හැකි සම්බන්ධතා 5 වන රූපයෙහි දැක්වේ. මෙගාවොට් 200, කිලෝමීටර් 300 සිට මෙගාවොට් 1000, කිලෝමීටර 40 දක්වා උත්පාදනය කරන දියඹේ ස්ථාපනය කරන සුළං ගොවිපළ සඳහා වඩාත් සුදුසු තේරීම අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා වේ.

ජර්මානු ජාලක ක්‍රියාකාරක 'ටෙනෙට්' දැනටමත් අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා තාක්ෂණය භාවිත කරමින් දියඹේ ස්ථාපනය කරන සුළං ගොවිපළ ගණනාවක් සම්බන්ධ කර ඇත. අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා මගින් සම්බන්ධ කරන මුහුදේ ස්ථාපනය කරන ලද පළමු සුළං ගොවිපළ 'බාර්ඩ් ඕෆ්ෂෝ-1' වේ. එය සබ්මැරීන් රැහැන් කිලෝමීටර 100 කට වඩා භාවිත කළේය. මෙම සම්බන්ධතාවය 6 වන රූපයෙහි දක්වා ඇත. 'බෝර්වින්-2' යනු මෙගාවොට් 800 ක නිමැවුමක් සහිතව, ටෙනෙට් විසින් ක්‍රියාත්මක කරන ලද මුහුදේ ස්ථාපනය කරන ලද පළමු මහා පරිමාණ සුළං ගොවිපළ සම්බන්ධතාවයයි. 2015 ජනවාරියේ සිට මෙගාවොට් 400 ක ධාරිතාවයකින් යුත් 'ග්ලෝබල් ටෙක් I' සහ මෙගාවොට් 400 ක ධාරිතාවයකින් යුත් 'වේගා මේට්' යන දෙවර්ගයම ජර්මනියේ විදුලිබල පද්ධතියට 'බෝර්වින්-2' හරහා සුළං ශක්තිය පෝෂණය කරමින් සිටී. එය

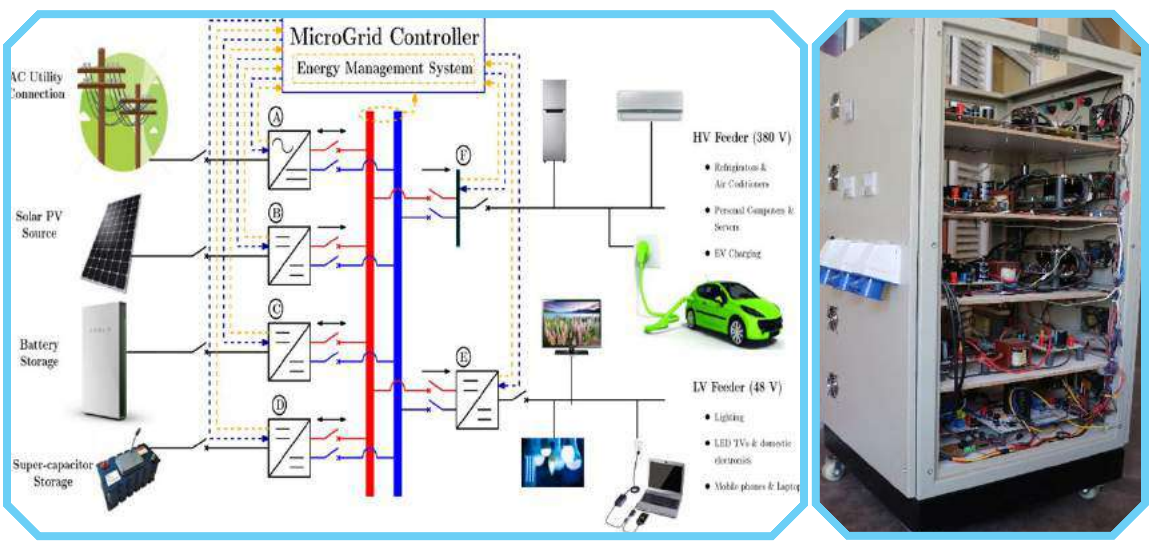
වෝල්ටීයතා මූලාශ්‍ර පරිවර්තක පාදක අධි වෝල්ටීයතා සරල ධාරා භාවිත කරන අතර මුළු රැහැන් දිග කිලෝමීටර 200 ක් වේ. ඉන් කිලෝමීටර 125 ක් සබ්මැරීන් රැහැන් වේ.



6 වන රූපය - 'බාර්ඩ් ඕෆ්ෂෝ-1' සම්බන්ධතාවය

මධ්‍යම හා අඩු වෝල්ටීයතා ජාල වල සරල ධාරා

වර්තමානයේදී, ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා පද්ධතියක් (solar photovoltaic system) මගින් නිපදවන බලය බැර මත පැටවීමට පෙර සරල ධාරා - සරල ධාරා සහ සරල ධාරා - ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා පරිවර්තනයකට භාජනය වේ. ආලෝක විමෝචක දියෝඩ ලාම්පු, විනෝදාස්වාද උපකරණ සහ පරිගණක උපකරණ වැනි බොහෝ බැර අභ්‍යන්තරව සරල ධාරා මගින් ක්‍රියාත්මක වන බැවින් ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා - සරල ධාරා පරිවර්තනයක් සිදු වේ. විදුලිබල පරිවර්තන අවධීන් හා සම්බන්ධ පාඩු අවම කිරීමට හා ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා පද්ධතියක් භාවිතයේ කාර්යක්ෂමතාව ඉහළ නැංවීම සහ බලශක්ති භාවිතය සංරක්ෂණය කිරීම සඳහා සරල ධාරා මයික්‍රෝජාලකය (dc MicroGrid) ආකර්ශනීය විසඳුමක් බවට පත්වේ (7 වන රූපය).



7 වන රූපය - පේරාදෙණිය විශ්වවිද්‍යාලයේ විදුලි හා විද්‍යුත් ඉංජිනේරු දෙපාර්තමේන්තුව විසින් සංවර්ධනය කරන ලද සරල ධාරා මයික්‍රෝජාලක කේන්ද්‍රස්ථානය

පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභවයන් ඉහළ නැංවීම සඳහා ඇති එක් බාධකයක් වන්නේ ඒවායේ අතරමැදි බව සහ විචල්‍යතාවයයි. එමනිසා, ප්‍රධාන ජාලයෙන් සහය නොලබන්නේ නම් හෝ බලශක්ති ගබඩා කිරීම සමග ඒකාබද්ධ නොවන්නේ නම්, පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභවයන්ට විශ්වාසනීයව විදුලිය සැපයිය නොහැක. විදුලි කෝෂ, ජව රෝද සහ ඉන්ධන කෝෂ වැනි බලශක්ති ගබඩා කිරීමට සහජයෙන්ම සරල ධාරා හෝ අභ්‍යන්තර සරල ධාරා සම්බන්ධතා ඇති බැවින් පහසුවෙන් සරල ධාරා ජාලයකට ඒකාබද්ධ කළ හැකිය. එබැවින්, සරල ධාරා මයික්‍රෝජාලකය සාක්ෂාත් කර ගැනීමත් සමග, සරල ධාරා ඉතා ඉක්මනින් බලශක්ති කර්මාන්තයේ සමස්ත වර්ණාවලියම යටත් කර ගනු ඇත.

මහාචාර්ය ජේ.බී. ඒකනායක
විදුලි සහ ඉලෙක්ට්‍රොනික ඉංජිනේරු දෙපාර්තමේන්තුව, ඉංජිනේරු පීඨය, පේරාදෙණිය විශ්ව විද්‍යාලය
jbe@ee.pdn.ac.lk

අඩු කාබන් සීමා වූ ලෝකයක් සඳහා හරිත සන්නිවේදනය

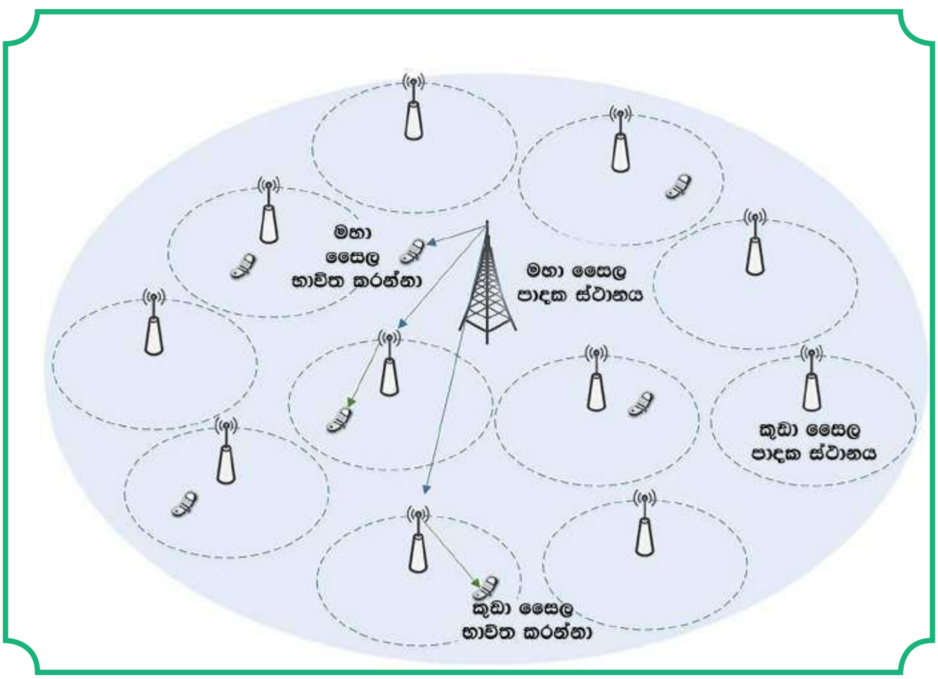
ආචාර්ය එස්.ඒ.එච්.ඒ. සුරවීර

පසුගිය ශතවර්ෂයේදී රැහැන් රහිත තාක්ෂණයේ සිදුවූ දියුණුවත් සමගම, ජංගම රේඩියෝ සේවා, සමාජයේ සෑම අංශයකටම විහිදී ගොස් තිබේ. අද වන විට විවිධ රැහැන් රහිත පද්ධති භාවිතයේ පවතින අතර ගෘහස්ථ පරිසරවල මෙන්ම එළිමහන් පරිසරවලද ඉහළ ප්‍රතිදාන (throughput) දත්ත සේවා සඳහා වැඩි ඉල්ලුමක් පවතී. තවද, සුහුරු දුරකථන හෙවත් ස්මාර්ට්ෆෝන් (smartphone), ඊබුක් (eBook) පාඨකයින්, අන්තර්ජාලිතාංග හෙවත් ඉන්ටර්නෙට් ඔෆ් තිංග්ස් (IoT) පුළුල් ලෙස පැතිරීම නිසා ඉදිරියට එන 5G රැහැන් රහිත පද්ධති බිලියන ගණනක් භාවිතා කරන්නන් සහ ලොව පුරා උපාංග ලක්ෂ ගණනක් සම්බන්ධ කිරීමට අපේක්ෂා කෙරේ. කෙසේ වෙතත්, මෙම රැහැන් රහිත පද්ධතිවල ක්‍රියාකාරීත්වය බලශක්ති පරිභෝජනය ඉහළ නංවයි. එහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස අද වන විට තොරතුරු හා සන්නිවේදන තාක්ෂණය (ICT), පෘථිවියේ වේගයෙන් අඩුවෙමින් පවතින බලශක්ති සම්පත්වලට දැඩි බලපෑමක් ඇති කරයි. එබැවින් රැහැන් රහිත තාක්ෂණයේ කාබන් විමෝචනය අඩු කිරීම සඳහා කාර්යක්ෂමව බලශක්තිය භාවිතවන හරිත සන්නිවේදන ශිල්පීය ක්‍රම දියුණු කිරීමේ අවශ්‍යතාවයක් පවතී.

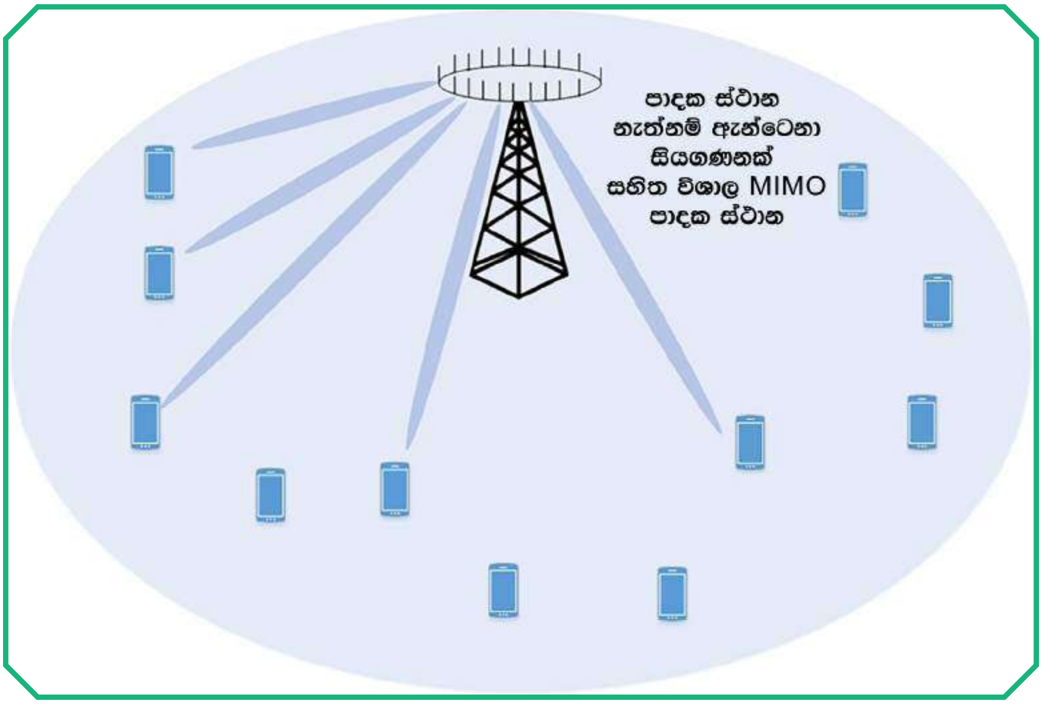
මීට සමගාමීව, මීලග පරම්පරාවේ විදුලිබල බෙදාහැරීමේ ජාලයවන සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලක (smart grid) මගින් විදුලි ජාලයේ විවිධ කොටස්වල බලශක්ති බෙදා හැරීම පාලනය කරනු ලබයි. එසේ කිරීමෙන් සුහුරු ජාලක මෙහෙයුම් මගින් බලශක්ති පාඩු අවම කර ගත හැකි අතර අවසන් පරිශීලකයින් අතර කාර්යක්ෂම බලශක්ති භාවිතය ප්‍රවර්ධනය කළ හැකිය. මේ සඳහා, විදුලි සංදේශ සේවා මගින් සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලක ක්‍රියාකාරිත්වය සහ ප්‍රශස්තකරණය සක්‍රීය කිරීම සඳහා කාර්යක්ෂම යාන්ත්‍රණයක් සපයයි.

ජංගම සන්නිවේදන පද්ධතිවල ප්‍රතිදාන අවශ්‍යතා සපුරාලිය හැකි විසඳුම්

වර්තමානයේ භාවිතාවන අධි දත්ත භාවිත සඳහා ඉහළ ප්‍රතිදාන සන්නිවේදනයන් අවශ්‍ය වේ. එවැනි අවශ්‍යතා සැපයීම සඳහා සෛල පද්ධති (cellular systems) නිර්මාණකරුවන් විසඳුම් කිහිපයක්



1 වන රූපය : අවම කළ සම්ප්‍රේෂණ ආදායක දුරක් සහිත කුඩා සෛල ජාලයක්



2 වන රූපය : පාදක ස්ථානයෙහි ඇන්ටෙනා සිය ගණනක් පවතින විශාල MIMO ජාලයක්

සලකා බැලීය. එනම්

❖ සංඥා අවප්‍රමාණ වීම අඩු වන පරිදි සම්ප්‍රේෂක-ග්‍රාහක දුර අඩු කිරීම

❖ මූලික වශයෙන් මිලිමීටර තරංග පරාසයේ භාවිතයට නොගත් නව සංඛ්‍යාත භාවිතයට ගැනීම සහ

❖ දැවැන්ත බහු ආදාන - බහු නිමැවුම් (MM-MIMO) ඇන්ටෙනා වැල් (අරා) පර්යන්ත යෙදවීම.

ප්‍රතිපත්තිමය වශයෙන්, සම්ප්‍රේෂක-ග්‍රාහක දුර අඩු කිරීම (1 වන රූපය) මගින් ගුණාත්මක සේවාවක් සඳහා අවශ්‍යය සම්ප්‍රේෂණ බලය අවම කරගත හැක. කෙසේ වෙතත්, එවැනි ජාල සැලසුම් කිරීමේදී මැදිහත්වීම් (interference) කාර්ය සාධනය (performance) පිරිහීමට ප්‍රධාන හේතුවක් නොවිය යුතුය. මිලිමීටර තරංග දිගු දුරක් ගමන් නොකරන අතර එමගින් සීමිත මැදිහත්වීම් පමණක් ඇති කරයි. එහෙත් මිලිමීටර තරංග ජාල සඳහා තවමත් අධික බලශක්තියක් වැයවන සම්ප්‍රේෂක (transceivers) අවශ්‍යය වේ. තවද, ඇන්ටනා විශාල සංඛ්‍යාවක් භාවිත කිරීම නිසා MM-MIMO පද්ධතිවල සිදුවන අධික බලශක්ති භාවිතය (2 රූපය) බලශක්ති කාර්යක්ෂමතාවය අඩු කරයි. එබැවින් මෙම විසඳුම් මගින් පද්ධතියේ ප්‍රතිදානය ඉහළ නැංවිය හැකි අතර ජාලයේ බලශක්ති පරිභෝජනය අවම කර තිරසර කළ යුතු බව පැහැදිලිය. නවීන සන්නිවේදන පද්ධතිවල බලශක්ති කාර්යක්ෂමතාව වැඩි දියුණු කළ හැකි හරිත තාක්ෂණයන් කිහිපයක් පහත පරිදි විස්තර කෙරේ:

ඉහළ බලශක්ති-කාර්යක්ෂමතාවක් සඳහා හරිත විසඳුම්

a) බලශක්ති පිළිබඳ දැනුවත් සෛල නිර්මාණය

සෑම පරම්පරාවේම සෛලීය පද්ධති හඳුන්වාදීමත් සමඟ, සෛල ප්‍රමාණයන් හැකිලෙන බව අපි දැක ඇත්තෙමු. කුඩා සෛල ප්‍රමාණයන් නිසා, පරිශීලකයින් බොහෝ විට ඔවුන්ගේ සේවා කාලය තුළ සෛල කිහිපයක් තරණය කරයි. එහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස ජාලය තුළ හුවමාරුවීම් (handovers) බහුල වන අතර එමගින් සංඥා ඉල්ලුම සහ බලශක්ති පරිභෝජනය වැඩි කරයි. හුවමාරුවීම් පිළිබඳ සැලකිලිමත් වීම සඳහා කුඩ සෛල (umbrella cell) යෙදවිය හැකිය. විශේෂයෙන්ම, මිලිමීටර තරංග භාවිතවන කුඩා පාදක ස්ථානවල (base stations) ක්‍රියාත්මක වන ක්ෂුද්‍ර සෛල සමග යෙදුණු, විශාල ආවරණ ප්‍රදේශයක් සහ අමතර ගුවන්විදුලි සම්පත් සහිත විශාල සාර්ව සෛල (macro-cell) මගින් සංඥා උසස්වීම් (overhead) වළක්වා ගත හැක.

b) පාදක ස්ථානවල සක්‍රිය/අක්‍රිය කිරීම

වර්තමානයේ බොහෝ පාදක (බේස්) ස්ථානවල මෙහෙයුම් අධික නොවන බව සංඛ්‍යා ලේඛන මගින් පෙන්වා දෙයි. කෙසේ වෙතත්, ඒවා නිතිපතා ක්‍රියාත්මකවන අතර එම නිසා අනවශ්‍ය ලෙස විශාල ශක්තියක් පරිභෝජනය කරයි. මීට අමතරව, දෛනික ගමනාගමනය දවසේ ඇතැම් වේලාවන්හි ශුන්‍යය අගයක් පෙන්නුම් කරයි, උදාහරණයක් ලෙස රාත්‍රී සහ උදෑසන කාලයන් දැක්විය හැක. එබැවින්, බලශක්ති ඉතිරිකිරීම ප්‍රවර්ධනය කිරීම සඳහා ප්‍රශස්ත කාල පරතරයකින් සම්ප්‍රේෂක ක්‍රියා විරහිත කිරීම ලාභදායී ප්‍රතිපත්තියකි.

c) බලශක්ති පාලනය (power control) සහ ප්‍රකාර තේරීම (mode selection)

රැහැන් රහිත තාක්ෂණය ආරම්භයේ සිට උපයෝගී කරගත් බලශක්ති පාලනය, ග්‍රාහකයන් අතර මැදිහත්වීම් වැළැක්වීම සඳහා ලාභදායී යාන්ත්‍රණයකි. පාලනයකින් තොර බලශක්ති භාවිතය නිසා, මැදිහත්වීම් මගින් රැහැන් රහිත ජාලයන්හි උඩුකුරු සහ යටිකුරු ක්‍රියාකාරීත්වය දැඩි ලෙස පිරිහීමට ලක්විය හැකිය. මීට පෙර, මාධ්‍ය නාළිකා තොරතුරු (channel state information) ලබාගැනීමේ හැකියාව මත පදනම්ව, පූර්ව නිශ්චිත අගයන්ට වඩා ඉහළ කාර්ය සාධනයක් සහතික කරන අතරම සම්ප්‍රේෂණ බලය අවම කරන විවිධ ප්‍රශස්ත සහ උප ප්‍රශස්ත බල පාලන යෝජනා ක්‍රම යෝජනා කර ඇත. ප්‍රකාර තේරීම

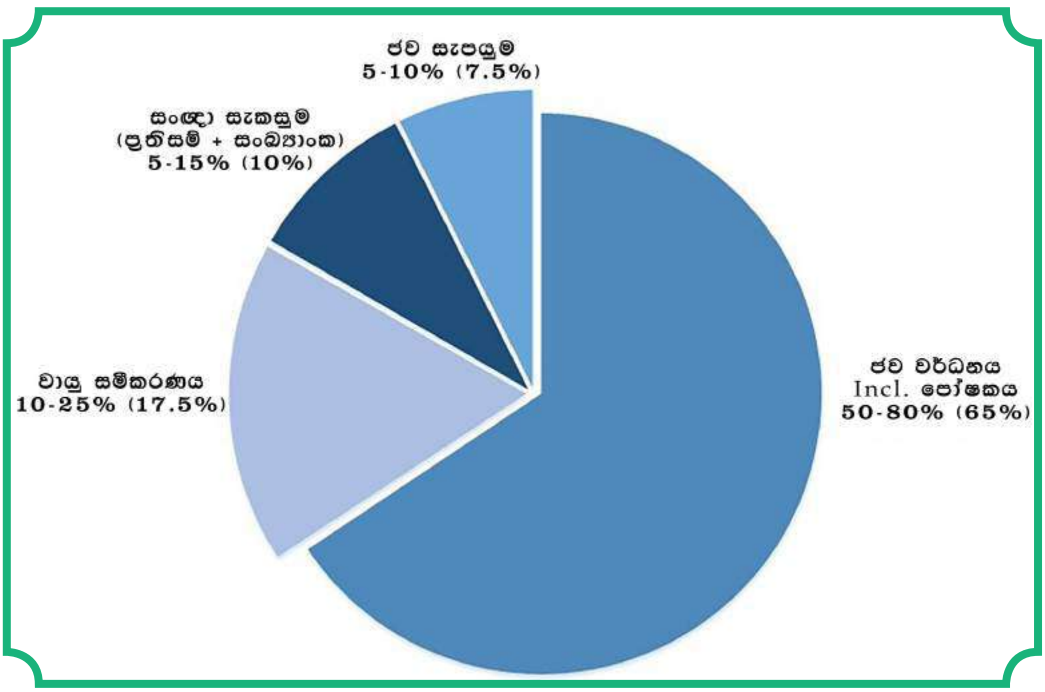
යනු සාමූහික (cooperative) / යන්ත්‍ර (machine) ආකාරයේ ජාලයන්හි ක්‍රියාත්මක කළ හැකි තවත් බලශක්ති ඉතිරිකිරීමේ උපාය මාර්ගයකි. යන්ත්‍ර ආකාරයේ සන්නිවේදනයේදී, උපාංගවලට සාමාන්‍ය පාදක ස්ථාන හෙවත් සෛල ප්‍රකාර හරහා (cellular mode) හෝ එකිනෙකා සමඟ කෙළින්ම සන්නිවේදනය කිරීමේ තේරීම ඇති අතර එමගින් බලශක්ති කාර්යක්ෂම සැලසුමක් ක්‍රියාවට නැංවේ.

කෙසේ වෙතත්, ඇනලොග් කදම්බ සැකසීමේ අඩුපාඩුවක් වන්නේ තනි පරිශීලක සම්ප්‍රේෂණයට පමණක් සහාය වීමයි. එම නිසා ඩිජිටල් හා ඇනලොග් කදම්බ සැකසීම අතර සම්මුතියක්, එනම් බලශක්ති කාර්යක්ෂමතාව වැඩි දියුණු කිරීම සඳහා දෙමුහුන් කදම්භකරණ ප්‍රවේශයක් ආකර්ශණීය විසඳුමක් බවට පත්වේ.

වර්ධකවල කාර්යක්ෂමතාව වැඩි දියුණු කිරීමට බොහෝ ඉඩකඩ තිබේ. තවද, විකලාංග සංඛ්‍යාත විභේදන බහුකාර්යකරණ සංඥාවල (OFDM) ඉහළ සහ සාමාන්‍ය බල අනුපාතය (PAPR) අඩු කිරීමෙන් බල වර්ධක ඉහළ කාර්යක්ෂමතාවයකින් ක්‍රියාත්මක වීමට ඉඩ සලසා ශක්තිය ඉතිරි කරයි.

තිරසර සන්නිවේදනය සඳහා පුනර්ජනනීය බලශක්ති සම්පත්

විදුලි සංදේශ පද්ධති ක්‍රියාකරුවන්ට ජාලක විදුලිය (grid electricity) සඳහා ප්‍රමාණවත් ප්‍රවේශයක් ලබාගත නොහැකි දුරස්ථ ප්‍රදේශ ලෝකයේ බොහෝ ඇත. එවැනි අවස්ථාවන්හී ජනප්‍රිය විසඳුමක් වන්නේ වායුගෝලයට විශාල CO_2 ප්‍රමාණයක් නිකුත් කරන ඩීසල් බලයෙන් ක්‍රියාකරන ජනක යන්ත්‍ර භාවිතා කිරීමයි. එසේම, සෛලීය අඩවියට (cellular cite) ඩීසල් ප්‍රවාහනය කළ යුතු අතර, එහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස විදුලි සංදේශ ක්‍රියාකරුවන්ට ජාල ක්‍රියාකාරිත්වය සමඟ අමතර වියදමක් දැරිය යුතුය. මේ සඳහා සූර්ය, සුළං, භූ-තාප හා උදම් තරංග වැනි පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභවයන් භාවිතා කිරීම (4 රූපය) මෙහෙයුම් පිරිවැය සහ හරිතාගාර වායු විමෝචනය අඩු කළ හැකි විකල්ප විසඳුම් වේ.



3 වන රූපය : පාදක ස්ථානයන්හී ජව පරිභෝජනය

d) හරිත සම්ප්‍රේෂක නිර්මාණ ශිල්පය

සාම්ප්‍රදායික ක්ෂුද්‍ර තරංග සහ මිලිමීටර තරංග පද්ධති විසින් එක් එක් ඇන්ටෙනාව සඳහා වෙන්වූ රේඩියෝ සංඛ්‍යාත දාමයක් භාවිතා කරන සියලුම ඩිජිටල් නිර්මාණ ශිල්ප භාවිතා කරති. කෙසේ වෙතත්, එවැනි සියලු ඩිජිටල් නිර්මාණ ශිල්පයන්ගේ බලශක්ති පරිභෝජනය අධික වන්නේ ඉතා වේගවත් නියැදි (sampling) අවශ්‍යතාවය හේතුවෙනි. බලශක්ති පරිභෝජනය අඩු කිරීම සඳහා විකල්පයක් ලෙස, නිර්මාණකරුවන් හට මූලික ඇනලොග් කලා මාරු (phase shifters) භාවිත වන කදම්භ සැකසුම් (beamforming) ක්‍රමවේදයක් භාවිත කළ හැකිය.

e) බල වර්ධක (power amplifier) දියුණු කිරීම

පාදක ස්ථානයක අත්‍යවශ්‍ය අංගයක් ලෙස රේඩියෝ තරංග සම්ප්‍රේෂකය පාදක ස්ථානයෙහි බලශක්ති අවශ්‍යතාවයෙන් 80% කට වඩා පරිභෝජනය කරයි. තවද, එම බලයෙන් අඩක් බල වර්ධක තුළ පරිභෝජනය කරයි (3 රූපය). අඩු කාර්යක්ෂමතා සැලසුම් හේතුවෙන් බල වර්ධක තුළදී තාපය ලෙස බොහෝ ශක්තිය හානි වේ. පුදුමයක් ලෙස, GSM, UMTS සහ CDMA වැනි පද්ධතිවල දැනට යොදවා ඇති බල වර්ධකවල සම්පූර්ණ කාර්යක්ෂමතාව 5% සිට 20% දක්වා පමණි. එබැවින් නව්‍ය ඉලෙක්ට්‍රොනික සැලසුම් තුළින්

සූර්ය පැනල තාක්ෂණය, සුළං ටර්බයින තාක්ෂණය සහ ඉලෙක්ට්‍රොනික් යන ක්ෂේත්‍රයන්හි මෑත කාලීන දියුණුව, විදුලි සංදේශ පද්ධති සඳහා විකල්ප බලශක්ති ප්‍රභවයන් ලෙස පුනර්ජනනීය බලශක්තිය යෙදවීම කෙරෙහි සැලකිය යුතු උනන්දුවක් ඇති කරවයි. පද්ධති ක්‍රියාකාරිත්වය සඳහා පුනර්ජනනීය යෙදවීම සඳහා අභියෝග කිහිපයක්

ඇත. සාමාන්‍යයෙන්, සූර්ය හා සුළං බලශක්තිය වැනි ප්‍රභව භාවිතයෙන් බලශක්ති ජනනය වරින් වර, දේශගුණික තත්ත්වයන්ට යටත් වන අතර දීර්ඝ කාලයක් තිස්සේ විශාල ජාල ක්‍රියාත්මක කිරීමට ප්‍රමාණවත් නොවනු ඇත.

4 වන රූපය : පුනර්ජනනීය බලශක්ති මූලාශ්‍ර

එපමණක් නොව, සූර්ය බලශක්තිය රාත්‍රී කාලයේ ලබා ගත නොහැකි අතර වලාකුළු ආවරණ එහි නිෂ්පාදනයට සැළකිය යුතු බලපෑමක් ඇති කරයි. සුළං බලය ලබා ගත හැක්කේ ඇතැම් ස්ථානවල පමණක් වන අතර අවශ්‍ය විදුලි සංදේශ ස්ථාන වෙත ප්‍රවාහනය කිරීමෙන් අධික බලශක්ති හානි සිදුවිය හැකිය. බලශක්ති ජනන සන්නිවේදන පද්ධතිවල මූලික ලක්ෂණය වන්නේ බලශක්ති ජනනයට පෙර භාවිත කළ නොහැකි වීමයි. එබැවින් ඒවා ගබඩා කිරීම සඳහා ප්‍රමාණවත් ධාරිතාවයකින් යුත් බැටරියක් තිබිය යුතුය. එසේම, බලශක්තිය ලැබීමේ සංඛ්‍යාලේඛන මත පදනම්ව පද්ධති ක්‍රියාකාරිත්වය ප්‍රශස්ත කිරීමේ අවශ්‍යතාවයක් පවතී. විශේෂයෙන්, නොබැඳි (offline) හෝ මාර්ගගත (online) ප්‍රතිපත්ති මත ක්‍රියා කරන සම්පත් වෙන් කිරීමේ ඇල්ගොරිතම, උපකරණවල පවතින ශක්තිය සහ සන්නිවේදන කාර්ය සාධන අවශ්‍යතාවන්ට ගැලපෙන පරිදි නිර්මාණය කළ යුතුය. පුනර්ජනනීය ප්‍රභවයන්ගේ අතරමැදි ස්වභාවය මඟහරවා ගැනීම සඳහා අනුගමනය කළ හැකි තවත් ප්‍රායෝගික ප්‍රවේශයක් නම් විවිධ ප්‍රභවයන්ගෙන් ශක්තිය රැස් කිරීමයි. මේ ආකාරයෙන්, සන්නිවේදන උපකරණවලට අඛණ්ඩ බලයක් සැපයීම සඳහා ඒවා අනුපූරක ආකාරයකින් භාවිතා කළ හැකිය. බෙදා හරින ලද ඇන්ටෙනා පද්ධති (distributed antenna systems) වැනි නැගී එන තාක්ෂණයන්හි, පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභවයන් මත පදනම් වූ කාර්යක්ෂම ජාලයක් ක්‍රියාත්මක කිරීම සඳහා ස්ථානයන්හි විවිධත්වය ද උපයෝගී කර ගත හැකිය. උදාහරණයක් ලෙස, වාසිදායක ස්ථානවල පිහිටා ඇති සම්ප්‍රේෂකයන්ට වැඩි ශක්තියක් ලබා ගත හැකිය. අතිරේක පරිශීලකයින්ට සේවය සැපයීමෙන් හෝ බලශක්තිය අවශ්‍ය වෙනත් සම්ප්‍රේෂකයන්ට ශක්තිය ප්‍රවාහනය කිරීමෙන් හෝ ජාලයට සහාය වීමට පාදක ස්ථානයන්ට හැකිය.

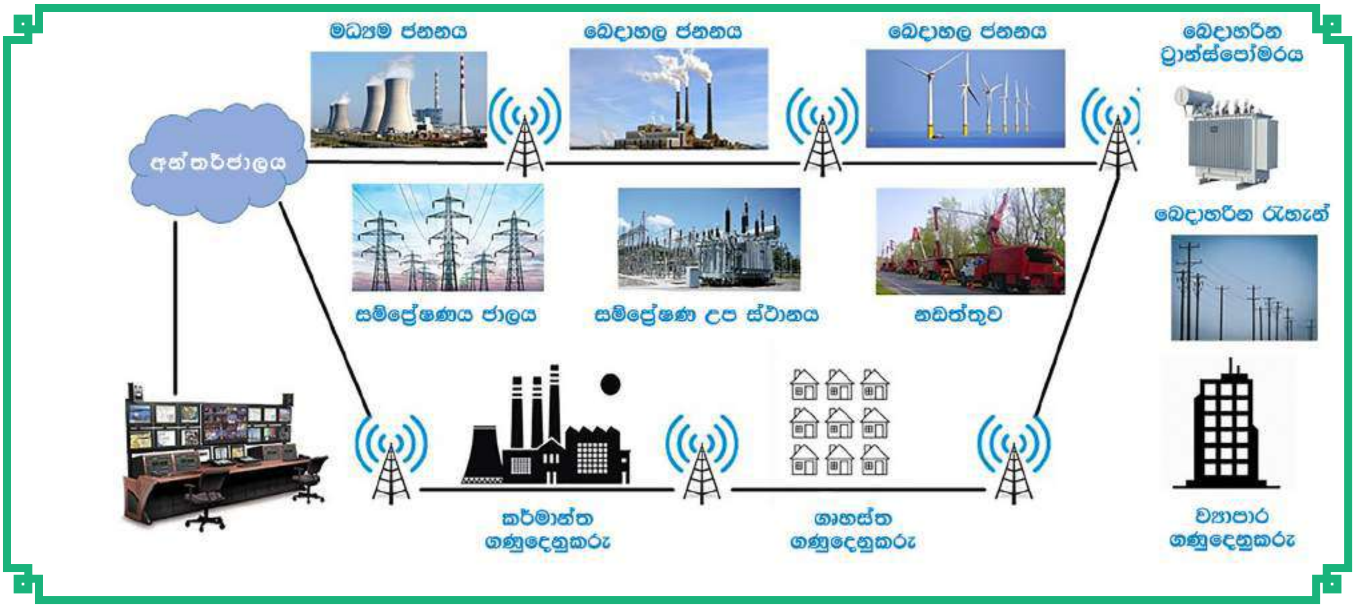
සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලකය සඳහා සන්නිවේදනය

සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලක තාක්ෂණය, තත්‍ය කාලීන (real-time) පාලනය සහ බලශක්ති කාර්යක්ෂම මෙහෙයුම් මගින් වර්තමාන විදුලිබල ජාල වැඩි දියුණු කිරීමට දායක වේ. නිදසුනක් ලෙස, ස්මාර්ට් ජාලක තාක්ෂණය තුළ, ගෘහස්ථ පාරිභෝගිකයින්ට තමන් උත්පාදනය කරන අතිරික්ත ශක්තිය ගබඩා කිරීමට තීරණය කළ හැකි අතර අවශ්‍ය පරිදි ජාලයේ උපරිම ඉල්ලුම් වේලාවන් සඳහා සහාය ලබා දිය හැක. තවද, පුනර්ජනනීය ප්‍රභවයන් සහ විද්‍යුත් ශක්ති ගබඩා උපකරණ විදුලි ජාලයට ඇතුළත් කිරීම මගින් කාර්යක්ෂම ලෙස ඉල්ලුමට සරිලන සැපයුමක් ලබා දිය හැක. ජාලකයේ දත්ත හුවමාරුව මගින් ඇතිවන නව ආරක්ෂණ ගැටලු සහ පෞද්ගලිකත්ව ගැටළු විසඳිය යුතු බව සැලකිල්ලට ගත යුතුය.

සන්නිවේදන පද්ධති සමඟ ඒකාබද්ධ වීමෙන් නම්‍යශීලී, පරිමාණය කළ හැකි සහ ආරක්ෂිත සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලක විසඳුම් සඳහා මාර්ගය විවෘත වන බව පැහැදිලිය (5 රූපය). සන්නිවේදන පද්ධති මගින් සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලකය තුළ

❖ තත්‍ය කාලීන භාවිතය අධීක්ෂණය
❖ ස්වයංක්‍රීය ඉල්ලුම සඳහා ප්‍රතිචාරය
❖ ජාලක පරාමිති දෘශ්‍යකරණය සහ
❖ වත්කම් ලුහුබැඳීම

යන කාර්යයන් සිදුකරයි. තවද, රැහැන් රහිත සුහුරු (ස්මාර්ට්) මීනුම් මගින් උපාංගවල පරිභෝජිත බල ශක්තිය මැනීමට හැකි වේ; එබැවින් තත්‍ය



5 වන රූපය : සුමට ජාලයක සන්නිවේදන

කාලීන මිල නියම කිරීමේ හැකියාව ලැබේ. පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභවයන් විදුලි ජාලයට ඒකාබද්ධ කිරීම සඳහා සන්නිවේදන පද්ධති අත්‍යවශ්‍ය වේ. ජාල මෙහෙයුම් මධ්‍යස්ථානයේදී සම්පත් වෙන් කිරීමේ ඇල්ගොරිතම භාවිත කළ හැකි වන පරිදි, සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලකය තුළ අදාළ දත්ත එක්රැස් කිරීමට හා හුවමාරු කිරීමට ඒවා ඉඩ ලබා දෙයි.

විවිධ සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලක ක්‍රියාකාරකම් සඳහා සහාය වීමට

- සංඛ්‍යාත පරාසයක් (bandwidth)
- විශ්වසනීයත්වය
- ප්‍රමාදය සහ
- ආරක්ෂාව

ලෙස සන්නිවේදන අවශ්‍යතා කිහිපයක් තිබේ. සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලකයට සම්බන්ධ කර ඇති උපාංගවලට දත්ත හුවමාරුවට, තත්‍ය කාලීන ද්වි-මාර්ග සන්නිවේදනය සඳහා ඉඩ ලබා දෙන සුදුසු සංඛ්‍යාත පරාසයක් තිබිය යුතුය. සන්නිවේදන විශ්වසනීයත්වය මෙනෙහි කිරීමට තවත් වැදගත් සාධකයකි, සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලක පරිසරය කටුක බැවින් ඉහළ උෂ්ණත්වයක් අත්විඳින අතර දැඩි විද්‍යුත් චුම්භක මැදිහත්වීමකට භාජනය වේ. සමහර සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලක යෙදුම් සඳහා බරපතළ ප්‍රමාද අවශ්‍යතා තිබිය හැකිය. එබැවින් පොදුවේ ගත් කළ, අඩු ප්‍රමාද සන්නිවේදනයන් වඩාත් සුදුසු වේ. අවසාන වශයෙන්, පද්ධති බිඳවැටීමක් ඇති කිරීම සඳහා අනවසරයෙන් ඇතුල්වන්නන් ස්මාර්ට් ජාලකයට අනවසරයෙන් ඇතුළුවීම වැළැක්වීම සඳහා ආරක්ෂාව වැදගත් වේ. එහි ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන්, ශක්තිමත් දත්ත සංකේතාංකන (encryption) ක්‍රියා පටිපාටි මඟින් සහාය දක්වන ආරක්ෂිත සන්නිවේදන ක්‍රියාපටිපාටියක් (protocol) භාවිත කළ යුතුය.

සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලක යෙදුම් සඳහා සහාය විය හැකි සන්නිවේදන තාක්ෂණයන් කිහිපයක් තිබේ. ඒවා අතර, 4G LTE සෛලීය පද්ධති මඟින් බැක්බෝන් (backbone) සහ අන්තර්ජාල සම්බන්ධතා හරහා දුරස්ථ සන්නිවේදනයකට ඉඩ ලබා දේ. WiFi වැනි තාක්ෂණයන්, බලශක්ති කියවීම් වාර්තා කරන ඉහළ මිනුම් යෙදුම් සඳහා සුදුසු වේ. පුළුල් ප්‍රදේශයක විදුලි මීටර සම්බන්ධ කිරීම සඳහා, පටු පරාස ඉන්ටර්නෙට්-ඔෆ්-තින්ග්ස් (NB-IoT) හෙවත් අන්තර්ජාලිතාංග සහ දිගු පරාසය (LoRa) වැනි අඩු බලැති පුළුල්-ප්‍රදේශ ජාල (LPWAN) තාක්ෂණයන් භාවිතා කළ හැකිය. තවද, සිග්බී (ZigBee) සහ බ්ලූටූත් (Bluetooth) වැනි අඩු ශක්ති භාවිත රැහැන් රහිත සංවේදක ජාල (sensor networks) භාවිතා කරමින් ගෘහ උපකරණ නිරීක්ෂණය කළ හැකිය. විදුලි රැහැන් සන්නිවේදනය (power line communication) සහ දත්ත වේග පරාසයකට සහාය වන ඊතර්නෙට් (ethernet) ද සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලක සන්නිවේදනය සඳහා ප්‍රයෝජනවත් ජනප්‍රිය රැහැන් පද්ධති (Grid) තාක්ෂණයන් වේ.

ආචාර්ය එස්.ඒ.එච්.ඒ. සුරවීර
ජ්‍යෙෂ්ඨ කථිකාචාර්ය
විදුලි සහ ඉලෙක්ට්‍රොනික ඉංජිනේරු දෙපාර්තමේන්තුව, ඉංජිනේරු පීඨය
පේරාදෙණිය විශ්ව විද්‍යාලය
himal@ee.pdn.ac.lk

පුනර්ජනනීය බලශක්ති අධ්‍යාපනය: පෙරපාසලේ සිට විශ්වවිද්‍යාලය දක්වා

ආචාර්ය එච්.එම්.වී.ආර්. හේරත්

අප ජීවත්වන පෘථිවිය පසුවන්නේ එක්තරා සන්ධිස්ථානයකය. එක් අතකින්, ලෝක ජනගහනයේ අඛණ්ඩ වැඩිවීමත්, කාර්මීකරණය සහ නාගරීකරණයත් සමග බලශක්තිය සඳහා විශාල ඉල්ලුමක් පවතී. අනෙක් අතින්, බලශක්ති ඉල්ලුම සපුරාලීම සඳහා පොසිල ඉන්ධන දහනය දිනෙන් දින ඉහළ යන විට, ඒ නිසා ඇතිවන පරිසර දූෂණය හා දේශගුණික විපර්යාසයන් පෘථිවියේ මානව ශිෂ්ඨාචාරයේ පැවැත්මට තර්ජනයක් වෙමින් පවතී. පොසිල ඉන්ධන සැපයුම ඉදිරි වසර 40-50 තුළ අවසානවිය හැකි වීම බියට කරුණකි. නමුත්, සූර්යයා අපගේ මූලික බලශක්ති ප්‍රභවයවන බවත්, අනෙක් සියලුම බලශක්ති ප්‍රභවයන් සූර්ය බලශක්තියට ද්විතියික බවත් සලකන්නේ නම්, පෘථිවි වාසීන්ට තවත් වසර බිලියන කිහිපයක් ඔවුන්ගේ ක්‍රියාකාරකම් කරගෙන යාමට ප්‍රමාණවත් තරම් බලශක්තියක් ඇත. එම ශක්තිය උපයෝගී කර ගැනීම සඳහා අපගේ පරිසර පද්ධතියේ සමතුලිතතාවය පවත්වා ගැනීම අවශ්‍ය වේ.

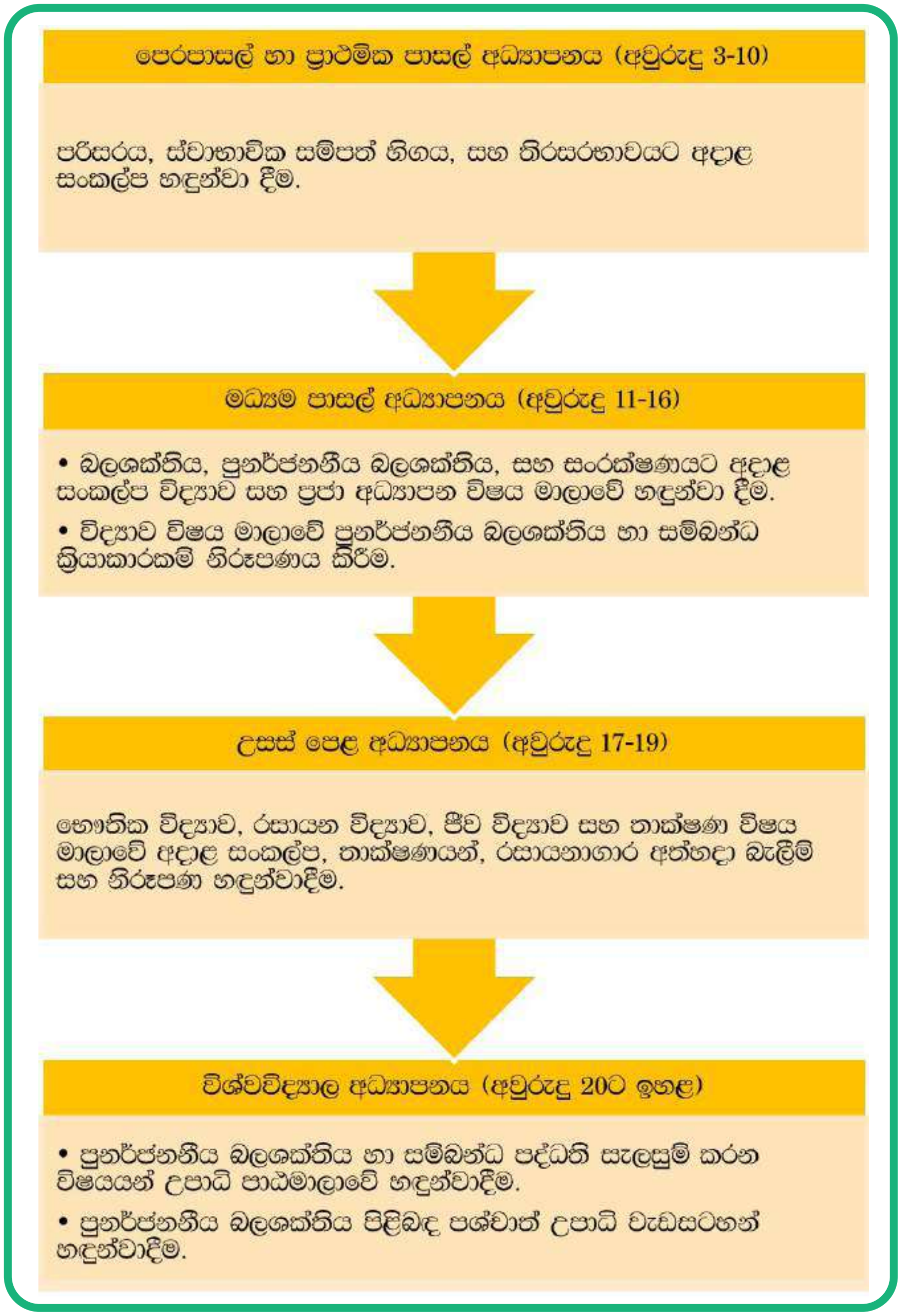
සූර්ය ශක්තිය, සුළං ශක්තිය සහ ජල ශක්තිය වැනි පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභව භාවිත කිරීම බලශක්ති හිඟයට සහ දේශගුණික විපර්යාසයන්ට දිගු කාලීන විසඳුම ලෙස සැලකිය හැකිය. පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභවයන්ට අසීමිත සැපයුම් ධාරිතාවක් ඇති අතර ඒවා හරිතාගාර වායු උත්පාදනය සඳහා දායක නොවේ. තවද, පුනර්ජනනීය ප්‍රභවයන් හරහා බලශක්ති උත්පාදනය කිරීම පරිසර දූෂණයට දක්වන්නේ සීමිත දායකත්වයක් පමණි.

පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභවයන් මහා පරිමාණයෙන් විදුලිබල ජාලයට සම්බන්ධ කිරීම සම්බන්ධ තාක්ෂණික ගැටළු හැරුණුවිට, ශ්‍රී ලංකාවේ පුනර්ජනනීය බලශක්ති ව්‍යාප්තිය සඳහා ප්‍රධාන බාධක වන්නේ සාමාන්‍ය ජනතාව අතර පුනර්ජනනීය බලශක්තිය පිළිබඳ දැනුවත්භාවය නොමැතිකම සහ පුනර්ජනනීය බලශක්ති කර්මාන්තය පවත්වාගෙන යාමට අවශ්‍ය පුහුණු ඉංජිනේරුවන්ගේ සහ කාර්මික නිලධාරීන්ගේ හිඟකමය. එබැවින්, සාමාන්‍ය ජනතාව අතර පුනර්ජනනීය බලශක්තිය පිළිබඳ දැනුවත්භාවය ඉහළ නැංවීමට මෙන්ම පුනර්ජනනීය බලශක්ති කර්මාන්තය පවත්වාගෙන යාමට අවශ්‍ය නිපුණ ඉංජිනේරුවන් සහ කාර්මික නිලධාරීන් බිහිකිරීමට ශ්‍රී ලංකාව යොමු විය යුතුය. එම අරමුණු සාක්ෂාත් කර ගැනීම සඳහා පුනර්ජනනීය බලශක්ති අධ්‍යාපනය සැලසුම් කළ හැක්කේ කෙසේද යන්න සොයා බැලීම අවශ්‍ය වේ.

1 වන රූපය - මධ්‍යම පාසල් සිසුන් සුළං ශක්තිය පිළිබඳ ක්‍රියාකාරකම් වලට සහභාගී වීම

සාමාන්‍ය ජනතාව අතර පුනර්ජනනීය බලශක්තිය පිළිබඳ දැනුවත්භාවය ඇති කිරීම සඳහා තිරසරභාවය, පරිසර ආරක්ෂාව සහ ස්වාභාවික සම්පත් වගකිවයුතු ලෙස භාවිතා කිරීම වැනි සංකල්ප හැකි ඉක්මනින් විෂය මාලාවට හඳුන්වා දීම අත්‍යවශ්‍ය වේ. පෙර පාසල් දරුවන්ට අපද්‍රව්‍ය වෙන් කිරීම හරහා ප්‍රතිචක්‍රීකරණයට හුරු කිරීම හෝ ප්‍රාථමික පාසල් දරුවන්ට අනවශ්‍ය විදුලි පහන් නිවා දැමීමේ පුරුද්ද ඇති කිරීම වැනි දේ මගින් මෙය සිදුකළ හැක. සම්පත් නැවත භාවිතා කිරීමට කුඩා දරුවන් පුහුණු කිරීම වඩාත් පහසු වන අතර එමගින් සම්පත් වඩා හොඳින් භාවිතා කළහැකි වන අතර පරිසරයට කාබන් මුක්තවීම අවම කළ හැකිය. කුඩා දරුවන්ගේ ආකල්ප පරිසරික සංවේදීතාව සහ තිරසරභාවය පිළිබඳ දැනුවත්වීම සඳහා පහසුවෙන් සකස් කළ හැකිය.

මධ්‍යම පාසල් (6-11 ශ්‍රේණි දක්වා) විද්‍යාව සහ ප්‍රජා අධ්‍යාපන විෂයමාලා මගින් අදහස් හා ආකල්ප වර්ධන ක්‍රියාවලියේ යෙදී සිටින දරුවන්ට තිරසර බලශක්ති අධ්‍යාපනයක් ලබා දීමට වටිනා අවස්ථාවක් සලසා දේ. පාරිසරික ආරක්ෂාව, තිරසරභාවය සහ දේශගුණික විපර්යාස සම්බන්ධ සංකල්ප එම විෂයයන්හි ගැඹුරින් පැහැදිලි කළ හැකිය. නිදසුනක් වශයෙන්, අවම කාබන් මුක්තවීමක් සහිත නිවසක් හෝ ගොඩනැගිල්ලක් සැලසුම් කළ හැකි ආකාරය පිළිබඳ මූලික දැනුම මධ්‍යම පාසල් මට්ටමින් බෙදා ගත හැකිය. පුනර්ජනනීය බලශක්තිය හා සම්බන්ධ තාක්ෂණික අධ්‍යාපනය සඳහා පළමු පියවර මධ්‍යම පාසල් මට්ටමින් ගත හැකිය. තාපය, බලය, බලශක්තිය, විදුලිය සහ බලශක්ති ගබඩා කිරීම සම්බන්ධ සංකල්ප දැනටමත් මධ්‍යම පාසල් විද්‍යා විෂය මාලාවට ඇතුළත් කර ඇත. බලශක්ති සංරක්ෂණය හා බලශක්ති පරිවර්තනය සම්බන්ධ සංකල්ප මධ්‍යම පාසලේ මූලික මට්ටමින් සාකච්ඡා කරන්නේ නම් එය ප්‍රයෝජනවත්වනු ඇත. වඩාත්ම වැදගත් දෙය නම් සූර්ය බලශක්තිය, සුළං බලශක්තිය සහ වෙනත්



2 වන රූපය - පුනර්ජනනීය බලශක්ති අධ්‍යාපනයේ විවිධ අදියර

පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභවයන් සම්බන්ධ ක්‍රියාකාරකම් විද්‍යාව විෂය මාලාවට ඒකාබද්ධ කිරීමය. ක්‍රියාකාරකම් සඳහා සහභාගී වීමෙන් සිසුන්ට පුනර්ජනනීය බලශක්ති උත්පාදනය කෙරෙහි උනන්දුවක් ඇති කළ හැකිය.

පුනර්ජනනීය බලශක්තිය හා සම්බන්ධ මූලික මූලධර්ම ගැඹුරින් ගවේෂණය කිරීම උසස් පෙළ විෂය මාලාවෙන් සිදුකළ හැකිය. භෞතික විද්‍යාව, රසායන විද්‍යාව, ජීව විද්‍යාව සහ තාක්ෂණය වැනි විෂයයන් එවැනි අන්තර්ගතයන් ලබා දීමට සුදුසු වේ. උදාහරණයක් ලෙස, සූර්ය, සුළං සහ භූතාප ශක්තිය උපයෝගී කර ගැනීමට අදාළ මූලික භෞතික මූලධර්ම භෞතික විද්‍යාව විෂය මාලාවේ සාකච්ඡා කළ හැකිය. රසායන විද්‍යාව විෂය මාලාවේ විද්‍යුත් රසායනික බලශක්ති ගබඩා කිරීම හා සම්බන්ධ

මූලික මූලධර්ම සාකච්ඡා කළ හැකිය. රසායන විද්‍යාව හා ජීව විද්‍යාව විෂයමාලා මගින් ජෛව ස්කන්ධ සම්බන්ධ මූලික මූලධර්ම සාකච්ඡා කළ හැකිය. අනාගත කර්මාන්ත සඳහා කාර්මික නිලධාරීන් බිහිකිරීම සඳහා තාක්ෂණය විෂය මාලාව සකස් කර ඇත. එනිසා පුනර්ජනනීය බලශක්තිය සම්බන්ධ පද්ධති මට්ටමේ දැනුම තාක්ෂණය විෂය මාලාව තුළින් ලබා දීමට හැකිය. ඉහත වෙනස් කිරීම්වලට සමගාමීව දැනුම තහවුරු කර ගැනීම සඳහා රසායනාගාර පරීක්ෂණ සහ නිරූපණ හඳුන්වා දිය යුතුය. විෂය නිර්දේශයේ ඉහත සඳහන් ඕනෑම වෙනස් කිරීමක් විෂය නිර්දේශයේ අඛණ්ඩතාවයට හා ඒකාබද්ධභාවයට හානියක් නොවන පරිදි සිදු කළ යුතුය.

3 වන රූපය - සූර්ය බලශක්තිය පිළිබඳ ක්‍රියාකාරකම් සඳහා පාසල් ළමුන් සහභාගී වීම

පාසල් අධ්‍යාපනය සාර්ථකව නිම කළ සහ පුනර්ජනනීය බලශක්ති කර්මාන්තයට පිවිසීමට සිහින දකින සිසුවෙකුට ඉංජිනේරු උපාධි වැඩසටහනක් අනුගමනය කිරීමෙන් ඔහුගේ හෝ ඇයගේ හෝ අභිලාෂය ඉටු කර ගත හැකිය. සිහිනය යථාර්ථයක් බවට පත්වීම සහතික කිරීම සඳහා, පුනර්ජනනීය බලශක්ති උත්පාදනය සහ බෙදා හැරීමේ පද්ධති සැලසුම් කිරීමේ කුසලතා වර්ධනය කරන මොඩියුලවලින් ඉංජිනේරු උපාධි විෂය මාලාව සමන්විතවිය යුතුය. සාම්ප්‍රදායික විදුලි, යාන්ත්‍රික හෝ රසායනික ඉංජිනේරු විෂය මාලාවක් පුනර්ජනනීය බලශක්ති කර්මාන්තයේ වැඩ කිරීමට අවශ්‍ය මූලික ඉංජිනේරු දැනුමෙන් සමන්විත වේ. එහෙත්, පුනර්ජනනීය බලශක්ති පද්ධති සැලසුම් කිරීම සහ ප්‍රායෝගිකව යෙදවීම සිසුන්ට හඳුන්වා දීම සඳහා නව මොඩියුල අවශ්‍ය වේ. එම දැනුම හරහා සිසුන්ට උපාධියෙන් පසු පුනර්ජනනීය බලශක්ති කර්මාන්තයට සෘජුවම පිවිසීමට මංපෙත් විවර වනු ඇත. ප්‍රකාශ වෝල්ටීය පද්ධති උත්පාදනය, ජෛව ස්කන්ධ බලශක්ති පද්ධති වැනි විශේෂිත මොඩියුල මේ ආකාරයට හඳුන්වාදිය හැකිය.

නව පුනර්ජනනීය බලශක්ති පද්ධති සාම්ප්‍රදායික බලශක්ති උත්පාදන පද්ධති තරම් පරිණත නොවේ. එබැවින් එම පුනර්ජනනීය බලශක්ති පද්ධතිවල කාර්යක්ෂමතාව සහ ඵලදායීතාවය වැඩි දියුණු කිරීම සඳහා විශාල පර්යේෂණ ප්‍රමාණයක් සිදු වෙමින් පවතී. පශ්චාත් උපාධි වැඩසටහන් පුනර්ජනනීය බලශක්තිය පිළිබඳ පර්යේෂණ සිදු කිරීම සඳහා ප්‍රයෝජනවත් වේ. පුනර්ජනනීය බලශක්ති පද්ධති සඳහා කැපවූ පශ්චාත් උපාධි වැඩසටහන් ශ්‍රී ලංකාවේ නොමැත. මෙය, ඉංජිනේරු ශිල්පය හා සම්බන්ධ නව පශ්චාත් උපාධි වැඩසටහන් හඳුන්වාදීමේදී විශ්ව විද්‍යාල විසින් සොයා බැලිය හැකි එක් අංශයකි. පුනර්ජනනීය බලශක්ති පද්ධති සඳහා කැපවූ පශ්චාත් උපාධි වැඩසටහන් ශ්‍රී ලංකාවේ නොමැති වුවද, පවතින දේශීය ප්‍රවීණත්වය යොදාගනිමින් පර්යේෂණ සිදුකළ හැකිය. පුනර්ජනනීය බලශක්ති කර්මාන්තයේ ශ්‍රම බලකාය නවීන දැනුමෙන් යාවත්කාලීන කිරීම සඳහා ප්‍රවීණයන් විසින් අඛණ්ඩ වෘත්තීය සංවර්ධන ක්‍රියාකාරකම් සිදුකළ යුතුය. තම අධ්‍යන කාර්ය මණ්ඩලයේ සිටින ප්‍රවීණයන්ගේ සහාය ඇතිව එවැනි වැඩසටහන් සංවිධානය කිරීමට විශ්වවිද්‍යාලවලට හැකිය.

පුනර්ජනනීය බලශක්ති අධ්‍යාපනය සඳහා පෙරපාසලේ සිට විශ්ව විද්‍යාලය දක්වා ක්‍රමවේදයක් අවශ්‍ය වේ. එවැනි ක්‍රමවේදයක් සාර්ථකව ක්‍රියාත්මක කිරීමෙන් පුනර්ජනනීය බලශක්තිය, පාරිසරික සංරක්ෂණය සහ තිරසරභාවය පිළිබඳ සමාජයේ ආකල්ප වෙනස්වීමක් සිදුවනු නිසැකය. තවද, මෙවන් ක්‍රමවේදයක් මගින් පුනර්ජනනීය බලශක්ති කර්මාන්තය ඉදිරියට ගෙන යා හැකි සුදුසුකම් ලත් ඉංජිනේරු වෘත්තිකයින් බිහිකරනු ඇත.

ආචාර්ය එච්.එම්.වී.ආර්. හේරත්
විදුලි සහ ඉලෙක්ට්‍රොනික ඉංජිනේරු දෙපාර්තමේන්තුව, ඉංජිනේරු පීඨය
පේරාදෙණිය විශ්ව විද්‍යාලය
vijitha@eng.pdn.ac.lk

ලැබූ දැනුම විමසමු

37 වෙළුම - 3 කලාපය 2020 ජූලි - සැප්තැම්බර්

විදුරාව සඟරාවේ මෙම කලාපය කියවීමෙන් ඔබ ලද දැනුම විමසා බලමු.

මෙම කලාපයෙහි පළව ඇති ලිපි කියවා පහත දැක්වෙන ප්‍රශ්නවලට ඔබට පිළිතුරු දිය හැකිදැයි බලන්න.

1. හරිද? වැරදිද?

අ. තාප බලාගාර, අභ්‍යන්තර දහන එන්ජින් සහ ගොඩනැගිලි තාපන පද්ධති මිනිස් සෞඛ්‍යයට හානි කළ හැකි කුඩා අංශු නිපදවයි.

ආ. පොසිල ඉන්ධන දහනය කිරීමෙන් CO_2 විමෝචනය වීම දේශගුණික විපර්යාසයන්ට බලනොපායි.

ඇ. සුළං තාක්ෂණය පුනර්ජනනීය බලශක්ති අතරින් වඩා ලාභදායී ක්‍රමයක් ලෙස ප්‍රචලිත වෙමින් පවතියි.

ඈ. සූර්යයාගේ ශක්තිය පෘථිවියට පතිතවන්නේ ෆෝටෝන ලෙසය.

ඉ. සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලකය සාක්ෂාත් කරගැනීමත් සමග පුනර්ජනනීය බලශක්ති උත්පාදනයට මහත් තල්ලුවක් ලැබෙනු ඇත.

2. හරිද? වැරදිද?

අ. මිනිසා සතුන් හීලෑ කරගනු ලැබුවද සතුන්ගේ ශක්තිය උපයෝගී කර නොගත්තේය.

ආ. වාෂ්ප එන්ජින් බලශක්ති උත්පාදනය සඳහා කර්මාන්ත සම්මතය බවට පත්විය.

ඇ. අතීතයේදී බලශක්ති උත්පාදනයට සුළං මෝල් හෝ ජල මෝල් භාවිත කළ බවට සාක්ෂි පුරාවිද්‍යාත්මකව හමුව නැත.

ඈ. පුනර්ජනනීය සහ සුනෙත්‍ය බලශක්ති ප්‍රභව වැඩි වශයෙන් ප්‍රධාන විදුලි නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලියට එක්වන විට සමස්ත විදුලි සැපයුමම ජාලයක් ලෙස පාලනය කළයුතුය.

ඉ. දිනෙන් දින ඉහළ යන විදුලි ඉල්ලුම සමග විදුලි බල ජාලයේ ස්ථායිතාව සහ පාලනය පිළිබඳ ප්‍රශ්න මතුකරයි.

3. හරිද? වැරදිද?

අ. භූගෝලය යන පදය ප්‍රදේශය ස්වාභාවික සම්පත්, දේශගුණය සහ භූ - විෂමතා ආදියට පමණක් නොව ජන විකාශනය, සංස්කෘතිය හා තාක්ෂණික සම්පත් මෙන්ම ඉතිහාසය යන සාධක සමගද සම්බන්ධය.

ආ. නවතම ප්‍රක්ෂේපන පෙන්නුම් කරනුයේ 2050 වනවිට පුනර්ජනනීය බලශක්තිය ප්‍රාථමික බලශක්ති පරිභෝජනයේ ප්‍රමුඛ ප්‍රභවය බවට පත්වනු ඇත යන්නය.

ඇ. පුනර්ජනනීය බලශක්තියේ වර්ධනයත් සමග භූ - දේශපාලයේ බලතුලනය වෙනස්විය හැකිය.

ඈ. සූර්ය ප්‍රකාශ වෝල්ටීයතා ජනකවල ඉහළ කාර්යක්ෂමතාව සහ සුළං ටර්බයින මෙම ක්ෂේත්‍රයේ ඵලදායීතාව ඉහළ නැංවීමට සමත්ව ඇත.

ඉ. පුනර්ජනනීය බලශක්තිය ඉහළයෑම තුළින් පොසිල ඉන්ධන ඇතිකරන බලපෑම තුනී කරනු ඇත.

4. හරිද? වැරදිද?

අ. පර්ල් වීදියේ සේවා ප්‍රදේශය තුළ විදුලි පහන් සඳහා විදුලි බලය සැපයීමට එඩිසන් ඇතුළු පිරිසට 1882 දී හැකිවිය.

ආ. 20 වන සියවසේදී සියල්ම අඩු වෝල්ටීයතා විද්‍යුත් බෙදාහැරීම ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා විය.

ඇ. සිලිකන් පාලිත සෘජු ක්‍රියාකාරකය හෙවත් තයිරිස්ටරය 1965දී ජෙනරල් ඉලෙක්ට්‍රික් ඉංජිනේරුවන් විසින් නිපදවනු ලැබීය.

ඈ. අධිවෝල්ටීයතා සරලධාරා යෝජනා ක්‍රම වැඩිදියුණු කළද ඒවායින් සහජ වාසි ඇති වුයේ නැත.

ඉ. අද වැඩි උනන්දුවක් පවතින්නේ දියඹේ ඉදිකරන සුළං ගොවිපළවල් සඳහා නොවේ.

5. හරිද? වැරදිද?

අ. මීලඟ පරම්පරාවේ විදුලිබල බෙදාහැරීමේ ජාලය වන සුහුරු (ස්මාර්ට්) ජාලක මගින් විදුලි ජාලයේ විවිධ කොටස්වල බලශක්ති බෙදාහැරීම පාලනය කරනු ඇත.

ආ. සම්ප්‍රේෂන - ග්‍රාහක දුර අඩුකිරීම මගින් ගුණාත්මක සේවාවක් සඳහා අවශ්‍ය සම්ප්‍රේෂණ බලය අවම කරගත හැකිය.

ඇ. රැහැන් රහිත තාක්ෂණය ආරම්භයේ සිට උපයෝගී කරගත් බලශක්තිය පාලනය, ග්‍රාහකයන් අතර මැදිහත්වීම් වැළැක්වීමට ලාභදායී යන්ත්‍රයකි

ඈ. බලශක්ති ජනන සන්නිවේදන පද්ධතිවල මූලික ලක්ෂණය වන්නේ බලශක්ති ජනනය පෙර භාවිත කළ හැකි වීමය.

ඉ. සන්නිවේදන පද්ධති සමග ඒකාබද්ධ වීමෙන් නම්‍යශීලි, පරිමාණය කළ හැකි ආරක්ෂිත සුහුරු (ස්මාට්) ජාලක විහිදුම් සඳහා මාර්ගය විවෘත වෙයි.

6. හරිද? වැරදිද?

අ. සූර්ය, සුළං සහ ජල ශක්තිය ඇතුළු පුනර්ජනනීය බලශක්ති ප්‍රභව භාවිතය බලශක්තිය හිඟයට විසඳුමකි.

ආ. පෙර පාසැල් හා ප්‍රාථමික පාසැල් දරුවන්ට, පරිසරය ස්වභාවික සම්පත් හිඟය හා තිරසර භාවිතයට අදාළ කරුණු කියාදිය යුතුය.

ඇ. විෂය මාලාව තුළින් පුනර්ජනනීය බලශක්තිය පිළිබඳව ශිෂ්‍යයන්ට ඉගැන්වීම සමගම ජනතාව තුළ ඒවා පිළිබඳ දැනුමක් ඇති කළ නොහැක.

ඈ. වඩාත්ම වැදගත් කරුණ වන්නේ සූර්ය, සුළං ඇතුළු බලශක්ති ප්‍රභව හා සම්බන්ධ ක්‍රියාකාරකම් විද්‍යාව විෂය මාලාවට එකතු කිරීමය.

ඉ. පුනර්ජනනීය බලශක්ති කර්මාන්තයට පිවිසීමට සිහින දකින සිසුන්ට ඉංජිනේරු උපාධි වැඩසටහන් අනුගමනය තුළින් තම සිහිනය පලදරා ගැනීමට හැකිවනු ඇත.

1.	(අ) හරි	(ආ) වැරදි	(ඇ) හරි	(ඈ) හරි	(ඉ) හරි
2.	(අ) වැරදි	(ආ) හරි	(ඇ) වැරදි	(ඈ) හරි	(ඉ) හරි
3.	(අ) හරි	(ආ) හරි	(ඇ) හරි	(ඈ) හරි	(ඉ) හරි
4.	(අ) හරි	(ආ) හරි	(ඇ) හරි	(ඈ) වැරදි	(ඉ) වැරදි
5.	(අ) හරි	(ආ) හරි	(ඇ) හරි	(ඈ) වැරදි	(ඉ) හරි
6.	(අ) හරි	(ආ) හරි	(ඇ) වැරදි	(ඈ) හරි	(ඉ) හරි

පිළිතුරු

ජාතික විද්‍යා පදනම
47/5 මේට්ලන්ඩ් පෙදෙස
කොළඹ 07