රසායනික පරිසර දූෂණය අවම කිරීමට හරිත රසායනය තුළින් දොළොස් වැදෑරුම් ක්‍රියාකාරී යෝජනා.

පසුගිය ශත වර්ෂයක් පුරා රසායන විද්‍යාවේ බලමහිමයෙන් බිහිවූ ප්‍රතිජීවක (antibiotics) වැනි ඖෂධ වර්ග, වර්ෂ මිලියන ගණනාවක් පුරා මිනිස් වර්ගයාට හිරිහැර පීඩා ගෙනදුන් ලෙඩ රෝග වලින් මුදවා ගැනීමට හේතු පාදක විය. මේ සමගම 1900 දශකයේ 47 ක් ව පැවති අපේක්ෂිත ආයු කාලයේ මධ්‍යස්ථය (life expectancy) 1990 දශකය වන විට අවුරුදු 75 ක් ඉක්මවන තත්ත්වයකට පත්වී ඇත. ලෝකයේ සියවසක් තුළ ආහාර නිෂ්පාදනය රටාවේ වුවද, අති විශාල වර්ධනයට හේතුව බෝග වගාවන් පිළිබෝධ හානි වලින් ආරක්ෂා කර ගැනීමටත්, බෝග වල වර්ධනය යහපත් කිරීමටත්, රසායන වර්ග වලින් පිටිවහලක් ලැබීමය. සමස්තයක් ලෙස ජීවත් වීමට උපකාරී වන සියළුම අංශයන් (material life) එනම් ප්‍රවාහනය, සංනිවේදනය, ඇඳුම් වාසස්ථාන යනාදිය රසායන වර්ග භාවිතය නිසා යම් වර්ධනාත්මක තත්ත්වයකට පත්කළා පමණක් නොව එය මිනිසුන් ජීවත් කරවීමට අත්වැලක් වුවා පමණක් නොව ලොව වාසය කරන බිලියන ගණනාවක ගේ ජීවිත වලට ගුණාත්මක අංශයෙන් සිදු කරන ලද දායකත්වය ද අති මහත්ය.

රසායන ද්‍රව්‍ය භාවිතයෙන් ඇතිවන "පාරිසරික විපාක" (environmental impact) සම්බන්ධයෙන් මහජන මතයක් (public dialogue) ගොඩ නැගීමත් එය සත්‍ය වශයෙන්ම පාරිසරික උවදුරක් ලෙස හඳුනා ගැනීමත් වඩා වැඩි ඈතකට නොයයි. දෙවන මහා ලෝක යුද්ධයෙන් පසුව වර්ෂ ගණනාවක් යන තුරුම රසායනික ද්‍රව්‍ය නිෂ්පාදනය, භාවිතය හා අපහරණය (disposal) පිළිබඳව ප්‍රමාණවත් තරම් පාරිසරික නීති රෙගුලාසි ඉතා අල්ප හෝ නොමැති තරම් විය. 1950 දශකයේ අග භාගයත් 1960 දශකයේ මුල් භාගයත් අතර කාල සීමාව තුළ රසායන ද්‍රව්‍ය වලින් මිනිසාගේ සෞඛ්‍යට හා පරිසරයට එල්ල කරන බලපෑම් මුල් වරට හඳුනා ගත් කාල සීමාව ලෙස සැළකිය හැකිය.

1962 දී රැචල් කාසන් ගේ "නිහඬ වසන්තය" (Silent Spring) නැමැති කෘතිය මගින් සමහර පළිබෝධනාශක විවිධ කුරුල්ලන්ගේ බිත්තර මත සිදු කරන ලද බලපෑම සවිස්තරාත්මකව දක්වන ලදී. ඩී.ඩී.ටී. හා වියෝජනයට ප්‍රතිරෝධී වෙනත් පළිබෝධනාශක ආහාරදාමයේ විවිධ ස්ථර වල තැන්පත් වෙමින් පිළිසකර කල නොහැකි (irreparable) හානි ඇති කරන ලදී. පළිබෝධනාශක භාවිතය නිසා සිදුවන අනපේක්ෂිත හානි නිසාම වර්ධනය වූ මහජන කැළඹීම් (public outcry) හමුවේ ඇමරිකානු එක්සත් ජනපදය ප්‍රමුඛ බොහෝමයක් රටවල් විසින් නිෂ්පාදනය වන හා භාවිතා වන පළිබෝධනාශක සම්බන්ධයෙන් නිසි නීති රෙගුලාසි පැනවීමට පියවර ගන්නා ලදී.

1961 දී යුරෝපය පුරාම හීතියට පත්කළ තැලිඩොමයිඩ් (thalidomide) නම් ඖෂධය ගර්භනී කාන්තාවන්ට ඇතිවන වමනය (morning sickness) වැළැක්වීම සඳහා නිර්දේශ කරන ලද්දකි. මෙම ඖෂධය භාවිතයේ ප්‍රතිඵලයක් ලෙස එම කාන්තාවන්ගෙන් මෙලොවට බිහිවූ දරුවන් ගේ අත්පා අහිමිවීම හෝ ඇදවූ හෝ විකෘති වූ තත්ත්වයන් වැනි විවිධ වූ උපත් විකෘතිතා වලින් සමන්විත විය. ලෝකය පුරා බිහිවූ එවැනි දරුවන් 10,000 ක් දෙනා අතුරින් 5,000 ක් පමණ ජර්මනියෙන් පමණක් වාර්තා වී ඇත. මෙම ඖෂධයේ ආරක්ෂාකාරී ස්වභාවය පිළිබඳව සැක පහළ කළ ඇමෙරිකාව ඒ අවස්ථාව වන විටත් එරට එම ඖෂධය විකිණීම තහනම් කර තිබුණි. මේ සමගම නව ඖෂධ සඳහා විකෘතිතා ඇති කිරීමේ හැකියාව (teratogenicity) පරීක්ෂා කිරීමඅනිවාර්ය කරමින් දැඩි නීති රීති හා රෙගුලාසි පැනවීය. මෙම "තැලිඩොමයිඩ් ළදරුවන්" (thalidomide babies) සාමාන්‍ය ජනතාව අතර දැඩි බියක් ඇති කිරීමට හේතුවිය.

ඉහත උදාහරණ දෙකෙහිදීම සඳහන් වන රසායන වර්ග වල භාවිතයට පෙරාතුව හෝ භාවිතය අතරතුර කාලය තුල හෝ මහජනතාවගේ මුල් ආකල්ප වන්නට ඇත්තේ මෙම රසායන වර්ග විද්‍යාඥයින් විසින් නිර්මාණය කිරීමේ දී ඒවායේ ක්‍රියාකාරිත්වය හා ඵලවිපාක පිළිබඳව හොඳින් වටහාගෙන ඇතැයි යන්න වුවත්, විද්‍යාඥයන් මත තැබූ විශ්වාසයත් සමාජයට ප්‍රයෝජනවත් වන ආකාරයට බිහිකළ නව නිර්මාණයත් නොසලකා රසායන ද්‍රව්‍ය භාවිතයෙන් උද්ගත විය හැකි අනිසි හා ඛේදනීය ඵළවිපාක පිළිබඳව මහජනයා ක්‍රම ක්‍රමයෙන් වටහා ගැනීමට සමත් විය. මේ හේතුව නිසාම මහජනයා තුළ මෙවැනි රසායනික උපද්‍රව පිළිබඳව වගකිවයුත්තන් කවුරුන්දැයි හඳුනා ගැනීමේ යම් අපැහැදිලිතාවයක් හෝ යම් කුකුසක් ඇති විය. ඒ අනුව, විවිධ රජයන් නියාමන (regulatory) ක්‍රියාවලින් මගින් රසායන වර්ග පාලනය කිරීම ආරම්භ කර ඇත.

1960 දශකය ආරම්භ වී 1970, 1980 දශක පසු කරමින් එනවිට ලෝකයේ රසායන වර්ග පාලනයේ ක්‍රියාත්මක සැලසුම් වලට අඩිතාලම යම් නිශ්චිත අනු පිළිවෙලකට සිදු වී ඇති බව පෙනේ.

යම් රසායනයක් අපේක්ෂිත අරමුණීන් පරිබාහිරව පාරිසරික හානියක් පෙන්වීමට සමත් වෙයි.

↓

මහජන කැළඹීම් හමුවේ එම තත්ත්වය බලවත් සමාජ ප්‍රශ්ණයක් බවට පත්වෙයි.

↓

රජයන් විසින් එවන් රසායන වර්ග පිළිබඳව නිසි අවධානය යොමු කර ගැනෙයි.

↓

නීති රෙගුලාසි පැනවීම මඟින් හානි පැතිරීම වැළැක්වීමට කටයුතු කරයි.

හරිත රසායනය (Green Chemistry) යනු ඉතාමත් විශේෂිත වූ දූෂක මර්ධක ක්‍රියා පිළිවෙලකි. පාරිසරික දූෂක මර්ධනය කිරීමේ විවිධ වූ ක්‍රියා පිළිවෙලවල් ඇතත්, හරිත රසායනය තුල එන සංකල්ප මගින් රසායන නිෂ්පාදන (chemical products) හෝ රසායනික ක්‍රියාදාමයක (chemical process) නෛසර්ගික ගති ලක්ෂණ වෙනස් කරමින් මාවන හා පාරිසරික උපද්‍රව අවම වන පරිදි නිෂ්පාදන බිහි කිරීම අරමුණු කෙරේ. හරිත රසායනයේදී රසායනික උත්පාදන ක්‍රම සඳහා රසායන ද්‍රව්‍ය නව නිර්මාණය කිරීමක් හෝ ප්‍රතිනිර්මාණය කිරීමක් හෝ සිදු කෙරේ.

රසායනික මූලධර්ම හා ක්‍රමෝපායයන් යොදා ගනිමින් සම්පත් භාවිතය හැකි තරම් අවම කර ගැනීමත් දූෂක මර්ධනයේ ඉතාමත් ප්‍රායෝගික ක්‍රියාකාරකමකි. රසායන ද්‍රව්‍ය නිෂ්පාදනයේදී කාර්මික ස්වස්ථතාව (industrial ecology) හා පාරිසරික දූෂක මර්ධනය අරමුණු කර ගනිමින් යම් ක්‍රමෝපායයන් හඳුනාගෙන ක්‍රියාත්මක කිරීමත් සිදු කෙරේ. ඒ අනුව හරිත රසායනය පාරිසරික හිතකාමී රසායන සංස්ලේෂණ (synthesis) ක්‍රියාවලියක් වන අතර, හඳුනාගත් පරිසර දූෂකකාරී නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලින්ගේ විකල්ප කෘත්‍රිම සංස්ලේෂණ ක්‍රම අනුගමනය කරමින් පාරිසරික දූෂණය වැලැක්වීම සඳහා රසායනික ද්‍රව්‍ය හා නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලිය ප්‍රතිනිර්මාණය කිරීමක් ලෙස සැලකිය හැකිය. (benign by design) පළමු වරට හරිත රසායන සංකල්පය ලොවට යෝජනා කරන ලද්දේ ඇමෙරිකානු ජාතික පෝල් ඇනස්තාස් හා ජෝන් වෝනර් යන විද්‍යාඥයින් යුගල විසින් 1997 වර්ෂයේදීය.

ඒ අනුව හානිකර ද්‍රව්‍ය භාවිතය හෝ අපද්‍රව්‍ය ජනනයේ අඩු කිරීමක් හෝ මුලිනුපුටා දැමීමක් හෝ රසායන ද්‍රව්‍ය නිර්මාණයේදී නිෂ්පාදනයේදී හෝ භාවිතයට ගැනීමේදී මූල ධර්ම ගනණාවක්ම (set of principles) උපයෝගී කර ගැනේ. රසායන විද්‍යාඥයෙක් පළමුව හානියක් නොකරන්න යන හිපෝක්‍රිටික දිවුරුම (Hippocratic Oath) සැබෑවක් කරවන්නේ යම් සේද හරිත රසායන මූලධර්මද පර්යේෂණ හා පර්යේෂණ ප්‍රතිඵලයන්ගෙන් සමන්විත ක්‍රියාකාරී සැළසුම් තුලින් මිනිසාගේ සෞඛ්‍යයට හා පරිසරයට සිදු කරන හානි අවම කිරීමට මං සළසා දෙයි.

හරිත රසායනයේ මූල ධර්ම දොළොස.

1. හානිකර අපද්‍රව්‍ය සඳහා ප්‍රතිකාර කිරීම හෝ පිරිසිදු කර ඉවත් කිරීම නොව ඒවා ජනනය වීම වැළැක්වීම.

2. යම් කෘත්‍රිම නිෂ්පාදනයකට යොදා ගන්නා අමුද්‍රව්‍ය හැකි උපරිම පමණින් අවසාන නිෂ්පාදිතයේ අඩංගු වන ආකාරයේ නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලීන් භාවිතා කිරීම.

3. නිෂ්පාදනයන්ට යොමු වීමේදී මානව සෞඛ්‍ය හා පරිසරයට අවම හෝ හානියක් නොකරන සුළු ද්‍රව්‍ය භාවිතා කිරීමටත්, එවන් ගුණාංග ඇති අපද්‍රව්‍ය ජනනය කිරීමටත් හැකි උපාය මාර්ග හැකි සෑමවිටම ප්‍රයෝජනයට ගැනීම.

4. රසායන ද්‍රව්‍යයක ක්‍රියාකාරිත්වය එසේම පවත්වා ගනිමින් එහි විෂ සහිත ස්වභාවය අඩුවන ආකාරයේ නිර්මාණ භාවිතා කිරීම.

5. හැකි සෑම අවස්ථාවකදීම ද්‍රාවක (solvents) වැනි අමතර ද්‍රව්‍ය (auxiliary substances) යොදා නොගත යුතු අතර අවශ්‍ය අවස්ථාවලදී හානිදායක නොවන ද්‍රව්‍ය (inocuous) යොදා ගැනීම.

6. ශක්ති අවශ්‍යතාවයන් තීරණය කිරීමේදී පාරිසරික හා ආර්ථික බලපෑම් පිළිබඳව සැලකිල්ල යොමු කල යුතු අතර, හැකි සෑම විටම අවම කිරීමට කටයුතු කිරීම.

7. තාක්ෂණික වශයෙන් හා ආර්ථිකමය වශයෙන් යොදා ගන්නා අමුද්‍රව්‍ය හැකි සෑම අවස්ථාවකදීම සම්පත් ක්ෂය වන (depleting) ආකාරයේ නොව නව උත්පාදන (renewable) හැකියාවකින් යුක්තවීම.

8. අනවශ්‍ය ව්‍යුත්පන්න ඇති කිරීමෙන් (ඇවුරුම් කාණ්ඩ, ආරක්ෂණය, භෞත රසායනික ක්‍රියාවලීන් තාවකාලික ලෙස වෙනස් කිරීම) හැකි සෑම අවස්ථාවකදීම වැළකීම.

9. රසායනික ක්‍රියාවලීන් හිදී උත්ප්‍රේරක ප්‍රතික්‍රියා (catalytic reactions) හැකි සෑම විටම ස්ටොයිකියෝමිතික ප්‍රතික්‍රියා වලින් ප්‍රමුඛත්වයේ ලා ගැනීම.

10. රසායනික නිෂ්පාදනයකදී අවසාන ප්‍රතිඵලය විය යුත්තේ සළකන ලද ක්‍රියාකාරිත්වයට අවසානයේ නිපැයෙන ද්‍රව්‍ය (භාණ්ඩ හෝ සංයෝග) පරිසරයේ ස්ථායිව නොපවතින ද්‍රව්‍ය වීම හා හානිදායක නොව න ද්‍රව්‍ය බවට වියෝජනය වීමට හැකියාව ලැබීම.

11. රසායනික නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලියේ නිසි අවස්ථාවේ, නිරන්තර ඇගයීම් ක්‍රියාවලියක්(monitoring) තුලින් හානිදායක ද්‍රව්‍ය ඇතිවීමට පෙර පාලනය කර ගැනීමට හැකිවන පරිදි විශ්ලේෂණ උපක්‍රම තවදුරටත් වැඩිදියුණු කර ගැනීම.

12. රසායන ක්‍රියාවලියක භාවිතා වන අමුද්‍රව්‍ය තෝරා ගැනීමේ දී රසායනික අනතුරු (chemical accidents) ගිණි පිටාර අනතුරු හා කාන්දුවීම් අවම වන ආකාරයේ සැලැස්මක් සහිතවීම.

යම් නිෂ්පාදනයක නියම මිල තීරණය කිරීම සඳහා අනිවාර්යයෙන්ම නිෂ්පාදනයේ අමුද්‍රව්‍ය හා ප්‍රතික්‍රියක (reagents) ඇතුලත් වන්නේ වුවත්, පසුගිය වසර 25-30 ක පමණ කාලයක සිට රසායනික අපද්‍රව්‍ය සඳහා ප්‍රතිකාර කිරීම හා බැහැර කිරීම වෙනුවෙන් දැරීමට සිදුවී ඇති අතිරේක පිරිවැය නිෂ්පාදනයේ

මිළ කෙරෙහි කරන බලපෑම පිළිබඳව දැඩි අවධානයක් ලැබී ඇත. යම් සංයෝගයක අනතුරු සහිත ස්වභාවය වැඩි නම් එයට නියමිත ප්‍රතිකර්ම කිරීමද මිල අධික ක්‍රියාවලියකි. මෙය මහා පරිමාණ කර්මාන්තශාලාවක සිට ඉතා කුඩා විශ්ලේෂණ රසායනාගාරයක් දක්වා ම පොදුවේ.

යම් රසායන සංස්ලේෂණ ක්‍රියාවලියක ක්‍රියාකාරිත්වය (effectiveness) හා කාර්යක්ෂමතාවය (efficiency) පිළිබඳව අවසාන නිෂ්පාදනයේ ප්‍රමාණයෙන් (yield) තීරණය කෙරේ. සාම්ප්‍රදායික ලෙස අමුද්‍රව්‍ය මවුල (mole) ඒකකයකින් අවසාන නිෂ්පාදනයේ මවුල ඒකකයක් නම්, එය කාර්යක්ෂමතාවය අතින් 100% ක් පරිපූර්ණවූ තත්ත්වයක් ලෙස සැලකෙතත් එහිදී නිෂ්පාදනයට සාපේක්ෂව අපද්‍රව්‍ය(wastes) මවුල එකක් හෝ ඊට වඩා ජනනය විය හැකිය. පරමානුක සාඵල්‍යතාවය (atom economy) මීට හාත්පසින්ම වෙනස් මගක් ගත් ඇගැයුම් ක්‍රියාවලියකි. රසායන සංස්ලේෂණ ක්‍රියාවලිය 100% ක් පරමාණුක සාඵල්‍යතාවයක් පෙන්නුම් කිරීම ප්‍රතික්‍රියක සියල්ලම අවසාන නිෂ්පාදිතයේ අඩංගුවී ඇති අවස්ථාවකි. ප්‍රතිසැකසුම් (rearrangements) හා ආකලන (additive) ප්‍රතික්‍රියා උපරිම පරමානුක සාඵල්‍යතාවයක් පෙන්නුම් කරන අතර, ආදේශක (substitution) හා විමෝචක (elimininination) ප්‍රතික්‍රියා සාපේක්ෂව අඩු සාඵල්‍යතාවයන් ගෙන් යුක්තවේ.

නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලියේදී බහුල වශයෙන් ක්‍රියාත්මක වන ද්‍රාවක සතුව අයහපත් ගුණාංග ඇත. හැලජනීකෘත ද්‍රවක ලෙස ගැනෙන ක්ලෝරොෆෝම්, කාබන්ටෙට්‍රාක්ලෝරයිඩ්, මෙතිලීන් ක්ලෝරයිඩ් මිනිසාට පිළිකා කාරක විය හැකි බවට සැක පහළ කර ඇත. බෙන්සීන්, ටොලුවීන් වැනි ඇරෝමැටික හයිඩ්‍රෝකාබන්ද මිනිසා හා අනෙකුත් සත්ත්වයින් පිළිකා අවධානමකට ඇදදැමීමට සමත්ය. අති විශාල ප්‍රායෝගික ක්‍රියාකාරකම් ගණනාවකට ම මෙවැනි කාබනික ද්‍රාවක භාවිතයට ගැනෙන අතර, ඒවා සතු විශිෂ්ඨ ද්‍රාවක ගුණාංග ඊට හේතුවී ඇත. කෙසේ වුවත්, මෙම වාසිදායක තත්ත්වයන් අප භුක්ති විඳින්නේ පාරිසරික වශයෙන් හා මිනිසාගේ සෞඛ්‍ය කෙරෙහි ඇති කරන අවධානමක් සමගිනි.

20 වන ශත වර්ෂයේ වැඩි කාල පරිච්ඡේදයක්ම ද්‍රවක පිරිසිදු කරණය සඳහා මෙන්ම ඉපිලුම්කාරකයක් (propellent) ප්ලාස්ටික් භාණ්ඩ නිෂ්පාදනයේ දී (blowing agent) සිට ශීතකරණ දක්වා ක්ලෝරොෆ්ලුවොරොකාබන් (CFC) සංයෝගය අති විශාල දායකත්වයක් ලබාදී ඇත. CFC සතු මිනිසාට හා අනෙකුත් සත්ත්වයන්ට ඇති ඉතාමත් අඩු විෂ සහිත ස්වභාවය හා ගිනි නොගන්නා සුළු (non-flammable) හා පිපිරුම් ඇති නොකරන සුළු (non-explosive) ගුණාංග සතුවීම සැබෑ වුවත්, ඕසෝන් ස්තරය ක්ෂය කරවන ක්‍රියාකාරිත්වය නිසා පාරිසරික වශයෙන් අයහපත් ප්‍රතිවිපාක ඇති කරයි. 1980 දශකයේදී CFC සංයෝග වල ස්වභාවය හා එවායින් ඕසෝන් ස්තරයට සිදුකර ඇති හානිය පිළිබඳව සැටලයිට් ඡායාරූප මගින් පැහැදිලි වීමත්, නොබෙල් ත්‍යාගලාභී රෝලන්ඩ් හා මොලීනා යන රසායන විද්‍යාඥයන් යුගල විසින් සිදු කරන ලද අධ්‍යයන වලින් ලද තහවුරු කිරීමත් සමගම CFC සංයෝග භාවිතය වසර 2020 වනවිට මෙලොවින් තුරන් කිරීමට මොන්ට්‍රියල් සන්ධානය (Montreal Protocol) හරහා අඩිතාලම වැටී ඇත.

වාෂ්පශීලී කාබනික සංයෝග (VOC) ලෙස හැඳින්වෙන හයිඩ්‍රොකාබන් හා එවායේ ව්‍යුත්පන්න වූ ද්‍රාවක ද පුළුල් පරාසයක අවශ්‍යතා වෙනුවෙන් භාවිතා කරනු ලබන ද්‍රව්‍ය විශේෂයෝ වෙති. පාලනයකින් තොරව පරිසරයට මුදාහැරෙන මෙවැනි කාබනික ද්‍රාවක ඉහළ වායුගෝලයේ ඕසෝන් වලාවක් ලෙස ඇති කරන "smog" නිසා වක්‍රකාරයෙන් ඇති කරන පාරිසරික බලපෑම් වලට අමතරව ශ්වසන රෝග වලින් හා විවිධාකාර සංකුලතා වලින් යුත් පුද්ගලයින් සෞඛ්‍යමය වශයෙන් අසහනයට පත් කරවයි.

ශක්ති උත්පාදනය හා පරිභෝජනය වනාහි අති විශාල පාරිසරික හානියක් සිදු කිරීමට හේතුවන ක්‍රියාවලින්වේ. ශක්ති අවශෝෂණය යම් යම් ද්‍රව්‍ය වලින් ශක්තිය පරිවර්තනය කර ගැනීම හෝ පවතින ශක්ති ප්‍රභවයන් සමාජයේ අවශ්‍යතාවයන්ට සරිලන පරිදි පරිවර්තනය කිරීම උදෙසා රසායනික පරිනාමන ක්‍රම (chemical transformations) බෙහෙවින් යොදා ගැනේ. ඇමෙරිකාඑක්සත් ජනපදය, ජර්මනිය, ජපානය, වැනි කාර්මික ජාතීන් සතු කර්මාන්තශාලා පමණක් එම රටවල් සතු මුළු ශක්ති ප්‍රමාණයෙන් අති මහත් බහුතරයක් භාවිතා කරයි.

තාප අවශෝෂක (thermodynamic) ප්‍රතික්‍රියාවකදී රසායනික ක්‍රියාදාමයට සහභාගි වන ප්‍රතික්‍රියා යම් "ශක්ති බල ගැන්වීමක්" (energy of activation) සිදු කිරීම, එම ප්‍රතික්‍රියාව අවසාන නිෂ්පාදිතය දක්වා සම්පූර්ණ වීමට අවශ්‍ය වේ. තාප ශක්තිය (thermal energy) භාවිතා කිරීමෙන් මෙම ශක්ති අවශ්‍යතාවය සපුරා ගත හැකි වන අතර, මෙවැනි අවස්ථාවකදී උත්ප්‍රේරක (catalysts) භාවිතයේ විශේෂ වාසිදායක තත්ත්වයක් වනුයේ ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා අවශ්‍ය වන ශක්ති අවශ්‍යතාවය පහළ දැමීමක් සිදු කිරීමත්, එමගින් පහළ යන තාප ශක්ති අවශ්‍යතාවයත් නිසාය.

සාමාන්‍යයෙන් උත්ප්‍රේරකයක් මගින් යම් රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවක මුල් අමුද්‍රව්‍ය උපරිම හා ප්‍රශස්ථ අන්දමින් භාවිතා වීමත් අපද්‍රව්‍ය ජනනය අවම කිරීමත් එකවිට සිදු කරයි. සමහර අවස්ථා වලදී ප්‍රතික්‍රියාවට අවශ්‍ය උෂ්ණත්වය අඩු මට්ටමක පවත්වා ගැනීමට උත්ප්‍රේරක උපකාරීවේ. මේ නිසා රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවට අවශ්‍ය ශක්ති අවශ්‍යතාවය සැළකිය යුතු ලෙස අඩු කෙරේ. මෙය පාරිසරික හා ආර්ථිකමය සාධක අතින් වැදගත්වේ. ස්ටොයිකියෝමිතික ක්‍රියාවක ශුද්ධ බලය එක් අමුද්‍රව්‍ය ඒකකයකට එක් නිෂ්පාදන ඒකකයක් වුවත්, උත්ප්‍රේරක ක්‍රියාවලියේදී රසායනික ප්‍රතික්‍රියා අති විශාල ගණනාවක් උත්ප්‍රේරකයේ ආයු කාලය විනාශ නොවී සිදු කර ගත හැකිය.

තාප විමෝචක ප්‍රතික්‍රියා (exothermic reactions) වලදී ප්‍රතික්‍රියක වල ක්‍රියාකාරිත්වය පාලනය කිරීම සඳහා සිසිලන (cooling) ක්‍රම යොදා ගැනේ. රසායන ද්‍රව්‍ය නිෂ්පාදනයේදී රසායන ක්‍රියාකාරිත්වයේ වේගය පාලනය කිරීම සඳහා සිසිල් කිරීම සමහර අවස්ථාවලදී අවශ්‍ය වන අතර, පාලනයෙන් තොරවූ ප්‍රතික්‍රියා හෝ "පිටපැනීම්" (runaway) නිසා සිදුවිය හැකි දරුණු ගනයේ රසායනික අනතුරු වැළැක්වීම එහි මුඛ්‍ය පරමාර්ථය ලෙස ගැනේ. කෙසේ වුවත්, තාප ශක්තිය ලබා ගැනීම සඳහාද සිසිලනය සඳහාද පාරාසරික හා මූල්‍යමය වශයෙන් යම් පිරිවැයක් දැරීමට සිදුවේ.

රසායනික පරිනාමන ක්‍රම සිදු කර ගැනීමට ක්ෂුද්‍ර තරංග ශක්තිය (microwave energy) උපයෝගී කර ගැනීමේ විශේෂ වාසි දායක තත්ත්වයන් කීපයක් ඇත. ප්‍රතික්‍රියා සිදු කිරීමට බොහෝ අවස්ථා වලදී ද්‍රව මාධ්‍යයක් උපයෝගී කර ගැනෙතත්, ක්ෂුද්‍ර තරංග ශක්තිය මගින් ඝන අවස්ථාවේදීම ප්‍රතික්‍රියා සිදුකල හැකිය. මේනිසා ද්‍රව මාධ්‍යයේදී ප්‍රතික්‍රියා සිදු කිරීමේ දී ද්‍රාවක සංයෝග හෝ ද්‍රාවක සංයෝග අමතර වශයෙන් රත් කිරීමට අවශ්‍ය නොවීමෙන්, සම්පූර්ණ ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා අවශ්‍ය වන තාප ශක්ති ප්‍රමාණය අවම කළ හැකිවේ. ද්වනි උත්පාදකයක් (sonicator) තුළදී ක්ෂුද්‍ර ද්වනි ශක්තිය (ultrasonic energy) මගින් රසායනික ප්‍රතික්‍රියක අවශ්‍ය වෙනස්වීම් වලට භාජනය කරමින් රසායනික ප්‍රතික්‍රියාව සම්පූර්ණ කරයි. රසායන විද්‍යාඥයින්ගේ නවීන අරමුණ වී ඇත්තේ ශක්ති අවශ්‍යතා හැකි තරම් අවම වන ආකාරයේ ප්‍රතික්‍රියා තත්ත්ව හඳුනාගෙන ඒ අනුව අවසාන නිෂ්පාදිතය කරා ළඟාවීමයි.

නව උත්පාදන හැකියාවකින් යුත් ස්වභාවික සම්පත් උපයෝගී කර ගැනීමට දක්වන කැපවීම විද්‍යාත්මක, කාර්මික හා පාරිසරික ප්‍රජාවේ කාලීන අවශ්‍යතාවයක් බවට පත්වී ඇත. ක්ෂය වන සම්පත් හා නව උත්පාදක හැකියාවකින් යුත් සම්පත් අතර ප්‍රධාන වෙනස ලෙස දැක්වීමට හැක්කේ කාලය නැමැති සීමාකාරී සාධකයක් බව එවැනි සම්පත් පිළිබඳව විශ්ලේෂණයක් කර බැලුවිට පෙනී යයි. ක්ෂය වන සම්පත් අතර කැපී පෙනෙන උදාහරණයක් ලෙස සැළකෙන්නේ පොසිල ඉන්ධන (fossil fuel) වන අතර, ශාක කොටස් පොසිල ඉන්ධන බවට පත්වීමට අවුරුදු මිලියන ගණනින් කල්ගත වන බැවින්, මිනිසාගේ සීඝ්‍ර පරිභෝජන රටාවත් ආයු කාලයත් සැලකූ විට මෙය පොදු වශයෙන් ක්ෂය වන සම්පත් අතරලා සැළකේ. නමුත්, කාබන්ඩයොක්සයිඩ්, මීතෙන් වැනි වායුන් නව උත්පාදන හැකියාවකින් යුක්ත යැයි සැළකෙන්නේ එවා ස්වභාවයේ බහුලව ඇති පාරිසරික ප්‍රභව තුළින් හා කෘත්‍රිම ආකාරයට පහසුවෙන් නිෂ්පාදනය කර ගත හැකි වීම නිසාය.

ඉදිරි දශකයේ කාර්මික ඉන්ධනයක් ලෙස ස්වභාවික මීතෙන් වායු (වගුරු වායුව) නිධි පිළිබඳව අවධානය යොමුවී ඇත. කෙසේ වුවත් සීමාකාරී හා ක්ෂය වන සම්පත් පරිභෝජනය කිරීමේ පැහැදිලි ලෙස කැපී පෙනෙන අවධානමක් පිළිබඳව සැළකිල්ල යොමුවී ඇත්තේ, ක්‍රම ක්‍රමයෙන් අඩුවන සම්පත් ප්‍රමාණය (exhaustic) හමුවේ පාරිසරික හා ආර්ථිකමය සාධක අනුව නිෂ්පාදන ක්‍රියාදාමයන් චිරස්ථායී නොවන (unsustainable) තත්ත්වයට පත්වීම නිසාය. සම්පත් හිඟතාවයත් සමග මිල ඉහළ යාමේ ප්‍රවනතාවය නිසා සමහර සම්පත් නිෂ්පාදන කටයුතු සඳහා යොදා ගැනීම ආර්ථික ලෙස ලාභදායී නොවේ. චිරස්ථායී බවේ මූලික සිද්ධාන්තයන්ට අනුව ජීවත් වන මිනිස් අවශ්‍යතාවයන් ප්‍රමාණාත්මකව හා ගුණාත්මකව සපුරා ගැනීමේදී අනාගත පරපුරේ ඊට සමාන පැවැත්මක් සහතික වීම සඳහා අවශ්‍ය ස්වභාවික සම්පත් ප්‍රමාණය ඇති බවට තහවුරු කිරීමක් කළ නොහැකි නම් එය චිරස්ථායී ඉලක්ක උල්ලංගනය කිරීමක් වැනිය.

මිනිසාගේ සෞඛ්‍ය හා පාරිසරික කරුණු අතින් බැලූ විටද පොසිල ඉන්ධන භාවිතා කිරීම තුලින් විවිධාකාර ගැටළු ඇති වී ඇති බව පෙනේ. මිනිසාගේ විවිධ පෙනහළු ආබාධ වලට හා ඉන්ධන පිරිපහදු (petroleum refining), තෙල් විසිරීත (oil spills) හා තෙල් ආකර නිසා සිදුවන වායු දූෂණය (air pollution), වන සත්ත්ව නිකේතන විනාශවීම (habitat destruction) වැනි කාරණා සඳහා පොසිල ඉන්ධන භාවිතය මූලික වී ඇති බව නො රහසකි.

ස්ථායිකාරී රසායන (persistent chemicals) සහ ස්ථායිකාරී, ජෛව පටක තුළ තැන්පත් වන රසායන (persistent bioaccumulators) පාරිසරික ස්වස්ථතාව සම්බන්ධයෙන් ඉතා වැදගත් වේ. භාවිතයෙන් පසුව පරිසරයට මුදා හැරෙන මෙම රසායන වර්ග ඒ ආකාරයෙන්ම පරිසර පද්ධති තුළ පවතින අතර, විවිධ ශාක වර්ග සත්ත්ව විශේෂතුල ක්‍රමයෙන් එක් රැස්වීමෙන් එවා යම් මට්ටමක් දක්වා පැමිණි විට බොහෝමයක් සත්ත්ව විශේෂ වලට කෙළින්ම හෝ වක්‍රාකාර ලෙස හෝ හානිකර විය හැකිය. ප්ලාස්ටික් වර්ග බොහෝමයක් මෙම පාරිසරික වියෝජනයන්ට එරෙහිව දිගු කාලයක් රැදා පැවතීම නිසා පාරිසරික වශයෙන් අපවාදයන්ට ලක්වී ඇත. කසල රැඳවුම් (landfills) සාගර හා විවිධ ජලජ පරිසර පද්ධතින්, ජලාප්‍රවාහන පද්ධති තුලදී ප්ලාස්ටික් වල භෞතිකමය/ ද්‍රව්‍යමය ස්වභාවය (physical attributes) නිසා පාරිසරික හානි සිදුවී ඇති බවට ලැබෙන වාර්තා අති මහත්ය. දිරාපත් නොවන ප්ලාස්ටික් මලු කුරුල්ලන් හා වනසතුන් ආහාරයට ගැනීමෙන් සිදුවන තර්ජනයද නොසලකා හැරිය නොහැකිය. මේ නිසා ජෛව වියෝජනයන්ට පහසු (biodegradable) ප්ලාස්ටික් වර්ග නිපදවීමේ හා භාවිතය ප්‍රචලිත කිරීමේ තැනට ලෝකය මේ වන විටත් යොමු වෙමින් ඇත.

ඕගැනෝහැලජන් මූලික කරගත් සමහරක් පළිබෝධ නාශක ද ශාකවර්ග හා සත්ත්ව විශේෂ,විශේෂයෙන් මේද පටක (adipose tissues) හා මේද සෛල (fat cells) තුළ තැන්පත් වෙමින් එක් එක් ජීවියාගේ මට්ටමින් හානියක් සිදු කරන අතරම එවැනි ජීවීන් මත යැපෙන මිනිසාට ද ආහාර ද්‍රව්‍ය ඔස්සේ හානිය සම්ප්‍රේෂණය වේ. ලොකයේ පළමු වරට ඩී.ඩී.ටී. පළිබෝධනාශකය

භාවිතයෙන් ඇතිවූ විවිධාකාර පාරිසරික උපද්‍රව හඳුනා ගැනීම මෙම පාරිසරික තර්ජනය ලෝක ප්‍රජාවගේ අවධානයට ලක්වූ ප්‍රථම අවස්ථාව වශයෙන් සැලකේ.

කෙසේ වුවත්, ජෛව වියෝජනයන්ගෙන් නිර්මාණය වන අතුරු ඵල සම්බන්ධයෙන්ද සැම විටම හරිත රසායන මූල ධර්ම වලට අනුකූල වන පරිදි මිනිසාට, පරිසරයට හා වන සත්වයන්ට හානිදායක වන හා තවත් පාරිසරික දූෂකයක් නොවිය යුතු බවට අවධාරනය කෙරේ.

"නිසි මැනීමක් කළ නොහැකි තැන නිසි පාලනයක් කළ නොහැකිය." යන පූර්වාදර්ශයේ සිට සළකා බැලෙන්නේ නම් යම් රසායන නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලියක සිදුවිය හැකි අකරමැදි අවස්ථාවකදී යම් හානිකර අපද්‍රව්‍යක් නිපැදවෙන්නේ නම්, එය නියම අවස්ථාවේදී හඳුනාගැනීම මෙන්ම ප්‍රමාණාත්මකව හඳුනාගැනීම තුලින් ප්‍රතික්‍රියක තත්ත්ව (parameters of the process) වෙනස් කරමින් හානිකර ද්‍රව්‍ය නිෂ්පාදනය අවම කර ගැනීමට පියවර ගත හැකිය. නැතහොත් රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවක අවසානය නිවැරදිව හඳුනාගත හැකි නම් (මෙය සමහරවිට රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවට සහභාගී වන අමුද්‍රව්‍ය එකක හෝ කීපයක සීමාකාරීවීම නිසා) අනවශ්‍ය ලෙස හානිකර අපද්‍රව්‍ය ජනනයවීම වළක්වා ලිය හැකිය.

රසායනික අනතුරු වලක්වා ගැනීමට රසායනික විද්‍යාවේ හා රසායන්ක කර්මාන්තයේ සුවිශේෂ වැදගත්කමක් ඇත. ඉන්දියාවේ බෝපාල් (Bhopal) හා ඉතාලියේ සෙවෙසෝ (Seveso) රසායනික කර්මාන්ත ශාලා වලින් නිකුත් වූ රසායනික විෂ ප්‍රමාණවලට ගොදුරුවීමෙන් දහස් ගණන් ජනයා මරුමුවට පත් කරමින් ඇති කරන ලද ඉතිහාසයේ මෑතකාලීන ඛේදනීය තත්ත්වයන් නිසා මහජනයා තුල මේ සම්බන්ධයෙන් දැඩි මතයක් ගොඩ නැගී ඇත. කාබනික ද්‍රාවක (solvents) බොහෝමයක් ඉතා විෂ සහිත සහ ඉතා ඉක්මනින් ගිනි ගන්නා සුළු නිසා එවැනි ද්‍රාවක හැකි පමණ අවම වන අන්දමේ නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලීන්ට යොමුවීමත් කාබනික ද්‍රාවක ප්‍රතිචක්‍රීකරණය කිරීමත් පාරිසරික හානිය අවම කර ගැනීමට දායක කර ගත හැකිය. වාෂ්පශීලී ද්‍රාව හෝ වායු බොහෝමයක් රසායනික අනතුරු සඳහා වැඩි ප්‍රවණතාවයක් ඇති බැවින්, රසායනිකව වඩාත් ආරක්ෂාකාරී භෞත රසායනික ගුණාංග වලින් යුත් එනම්, ඝණ ද්‍රව්‍ය (solids) හා අඩු වාෂ්ප පීඩන (low vapour pressure) සහිත ද්‍රව්‍ය අමුද්‍රව්‍ය වශයෙන් තෝරා ගැනීම වඩා සුදුසු වේ.

හරිත රසායනයේ එන සංකල්ප කෙරෙහි රසායන ද්‍රව්‍ය බිහි කිරීමේ, කළමණාකරනයේ මෙන්ම භාවිතයේ යෙදී සිටින රසායන විද්‍යාඥයන්ගේ අවධානය දැනටමත් යොමුවී ඇති අතර, ඒ අනුව මිනිසාගේ සෞඛ්‍ය හා පාරිසරික ආරක්ෂාව තහවුරු කිරීමේ අභියෝගාත්මක ක්‍රියාවලියේ ඉෂ්ඨ ප්‍රතිඵල ඉදිරි අනාගතයේදී ලෝකවාසීන්ට භුක්ති විඳිය හැකි වනු බවට බලාපොරොත්තු තබා ගත හැකිය.

සුමිත් ජයකොඩි
පර්යේෂණ නිලධාරී
පළිබෝධනාශක රෙජිස්ට්‍රාර් කාර්යාලය
කෘෂිකර්ම දෙපාර්තමේන්තුව
1056, ගැටෙඹ,
පේරාදෙනිය.