


Reference List

- Alcorn, A. (2003). Embodied energy and CO₂ coefficients for NZ building materials. Wellington: Centre for Building Performance Research, Victoria University of Wellington.
- Alwis, A. A. (2012). A Tool for Sustainability: A Case for Biogas in Sri Lanka. *Journal of Tropical Forestry and Environment*, 1-9.
- Anker, K., & Wenzel, H. (2007, 06 21). Life Cycle Assessment of Biogas from Maize silage and from Manure. Retrieved 05 10, 2013
- Arif, M., Usmani, J. A., & Chandra, A. (2006). Life Cycle Analysis of Biogas System. New Delhi.
- Arpico green gas unit. (2013). Retrieved 01 10, 2016, from RPC polymers pvt ltd: <http://www.rpcpolymers.com/greengass.php>
- Bates, D. L. (2007). Bio Gas. United Kingdom: Practical Action.
- Basic Data on Biogas: 2nd edition. (2012). Sweden: Swedish Gas Center Ltd .
- CEB. (2015). Long Term Generation Expansion Plan for 2015-2034. Ceylon Electricity Board.
- Combustion of Fuels - Carbon Dioxide Emission. (n.d.). Retrieved 01 10, 2016, from Engineering Tool box: http://www.engineeringtoolbox.com/co2-emission-fuels-d_1085.html
- Cristina Rocha, david Camocho. (2012). Ecodesign Training. Colombo.
- Curran, M. A. (2006). LIFE CYCLE ASSESSMENT:PRINCIPLES AND PRACTICE. Cincinnati, Ohio: U.S. Environmental Protection Agency.
- de Alwis, A. (2002). Biogas - a review of Sri Lanka's performance with a renewable energy technology. Department of Chemical and Process engineering, University of Moratuwa.
- Dilhani, A. D. (2013). Retrieved 01 10, 2015, from Sri Lanka Sustainable Energy Authority: http://www.energy.gov.lk/pdf/special_publications/Biogas%20Production%20Using%20Market%20Garbage.pdf
- Energy for all, ADB. (n.d.). Retrieved February 10, 2013, from <http://www.energyforall.info/domestic-biogas-working-group>

- Ewings, S. (2014). Methane and Biogas. Retrieved 01 20, 2015, from Build a biogas plant: <http://www.build-a-biogas-plant.com/methane-and-biogas/>
- Fernando, C. (2015, 12 20). Embedded Energy of Cement. (G. Jayapaa, Interviewer) Fuels - Higher Calorific Values. (n.d.). Retrieved 01 10, 2016, from The Engineering tool box: http://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d_169.html
- Geoff Hammond, Craig Jones. (2011). Inventory of Carbon & Energy (ICE), Version 2.0. UK: Sustainable Energy Research Team (SERT) Department of Mechanical Engineering University of Bath.
- Hartmann, J. K. (2006). Life-cycle-assessment of industrial scale biogas plants. Retrieved 09 28, 2012
- Helias A., Udo de Haes, Martijn van Rooijen. (2005). Life Cycle Approaches: The road from analysis to practice. France: UNEP/ SETAC Life Cycle Initiative.
- Ioannis Tsiropoulos, Benjamin Cok, Martin K. Patel. (2012). Energy and greenhouse gas assessment of European glucose production from corn. Utrecht, Netherlands: Copernicus Institute of Sustainable Development, Energy and Resources.
- Industrial Services Bureau. (2006). A study of impact of biogas on GHG emission, mitigation and climate change. Industrial Services Bureau.
- ISO 14040:2006. (n.d.). Retrieved 12 10, 2014, from ISO: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=38498
- ITDG. (2006). Biogas technology. In G. K. Upawansa, Bio gas technology (p. 18).
- Janathakashan. (2015). Up-scaling biogas technology for sustainable development and mitigating climate change in Sri Lanka. Colombo.
- Jayamanne, A. (2009-2010). Projects. Retrieved 01 10, 2016, from Athula Jayamanne: <http://www.athulajayamanne.com/presearch.html>
- Jiefeng Lin, Callie W. Babbitt , Thomas A. Trabold. (2013). Life cycle assessment integrated with thermodynamic analysis of bio-fuel options for solid oxide fuel cells. Rochester, NY 14623, United States: Rochester Institute of Technology.
- Jones, P. G. (2011). Inventory of Carbon & Energy (ICE). UK: University of Bath .

- khavi, M. (2016). Biogas production from sewage. Retrieved 01 30, 2016, from slideshare.net: <http://www.slideshare.net/muttukhavi/biogas-production-from-waste>
- Kularatna, M. A. (2010). Development of a Pilot Scale Biogas Plant to Utilize Biomethane as a Transport Fuel.
- LCA de S Wijesinghe, JA Chandrasiri. (1986). Operating experience with biogas plants in Sri Lanka. Natural Resources Forum, (pp. 221-229). New York.
- LeVan, S. L. (1995). Life Cycle Environmental Impact Analysis for Forest Products. Portland, Oregon: 49th Annual Meeting of the Forest Products Society.
- level, The Authority on Sustainable Building, New Zealand. (2014, 04 04). Retrieved 11 20, 2014, from The Authority on Sustainable Building, New Zealand: <http://www.level.org.nz/material-use/life-cycle-assessment/>
- level, The Authority on Sustainable Building, New Zealand. (2014, 04 04). Retrieved 11 01, 2014, from The Authority on Sustainable Building, New Zealand: <http://www.level.org.nz/material-use/life-cycle-assessment/>
- Lindner, J. P., Lozanovski, A., & Bos, U. (2010, August). Final evaluation report - Analysis of the site evaluation activities. Retrieved 2013, from biogasmax: www.biogasmax.eu
-  University of Moratuwa, Sri Lanka
Electronic Theses & Dissertations
www.lib.mrt.ac.lk
- Long Term Generation Expansion Plan for 2015-2034. (2015). Ceylon Electricity Board.
- McManus, M. (n.d.). Life Cycle Assessment: An Introduction. University of Bath.
- Munasinghe, S. (2000). Biogas Technology and Integrated Development, Experiences from Sri Lanka. Colombo: Practical Action.
- Namal, D. D. (2003). ANALYSIS OF ENERGY EMBODIED IN CEMENT. University of Moratuwa, Sri Lanka: Department of Mechanical Engineering.
- Nepal, C. M. (1996). BIOGAS TECHNOLOGY: A training Manual for extension. Kathmandu, Nepal: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS.
- NERDC. (2002). Retrieved 12 10, 2014, from NERDC: <http://nerdc.lk/>
- Pehnt, M. (2005). Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies. Heidelberg, Germany: Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg (Ifeu), Wilckensstr. 3.

SLSI. (2006). Code of Practice for Design and Construction of Biogas Systems Part 1 – Domestic Biogas Systems, SLS 1292: 2006.

SteelConstruction.info. (n.d.). Retrieved 10 20, 2014, from http://www.steelconstruction.info/End_of_life_LCA_and_embodied_carbon_data_for_common_framing_materials

Stenull, M. (2010). Life Cycle Assessment and Cost Analysis of Bioenergy Systems. Retrieved 09 28, 2012

Types of Biogas Digesters and Plants. (2014). Retrieved 11 23, 2014, from energypedia:
https://energypedia.info/wiki/Types_of_Biogas_Digesters_and_Plants

Wood for good. (n.d.). Retrieved 10 20, 2014, from <http://www.woodforgood.com/lifecycle-database/>



University of Moratuwa, Sri Lanka.
Electronic Theses & Dissertations
www.lib.mrt.ac.lk

APPENDICES

Appendix A: Survey Questionnaire

ජීව වායු ප්‍රචලිත කිරීමේ ජාතික වැඩසටහන
ජීව වායු පද්ධති ඇගයීමේ ප්‍රශ්නාවලිය - 2014
 ශ්‍රී ලංකා සුනිත්‍ය බලශක්ති අධිකාරිය



ජීව වායු ඒකකයක් හා සම්බන්ධ වී ඇති බව, මෙම ප්‍රශ්නාවලිය සම්පූර්ණ කර පහත ලිපිනයට යොමු කිරීමට කාරුණික වන්න.

1. හඳුනාගැනීමේ තොරතුරු

		සටහන් කරන්න	කාර්යාලීය ප්‍රයෝජනය සඳහා පමණි.																	
			කේතය සටහන් කරන්න																	
1.1	දිස්ත්‍රික්කය																			
1.2	ප්‍රාදේශීය ලේකම් කොට්ඨාශය																			
1.3	ග්‍රාම නිලධාරී කොට්ඨාශය සහ අංකය																			
1.4	GPS බණ්ඩාංක (දන්නේ නම්)																			
1.5	පඳුබෝවන් කොට්ඨාශය (දන්නේ නම්)																			
1.6	ජීව වායු පද්ධතිය;																			
1.6.1	ආරම්භ කල වර්ෂය																			
1.6.2	වර්ගය (1. චීන, 2. ඉන්දියානු, 3. ශ්‍රී ලංකා, 4. ජලග්ජලය, 5. සිරිලක් උමඟ 6. වෙනත්)																			
1.6.3	කාණ්ඩය (1. ප්‍රජාමූලික, 2. ආයතනික, 3. තෝරාගත් ආයතනික, 5. වෙනත්)																			
1.6.4	ධාරිතාවය (සතම්වර්)																			
1.6.5	උස (මීටර්)																			
1.6.6	විශ්කම්භය (මීටර් වලින්)																			

මෙම ජීව වායු ඒකකයේ හිමිකරුගේ;																				
1.7	නම:																			
1.7.1	දුරකථන අංකය (ස්ථාවර):	0																		
1.7.2	දුරකථන අංකය (ජංගම):	0																		
1.8	පදිංචි ලිපිනය:																			
1.9	ජීව වායු ඒකකය පිහිටි ලිපිනය:																			
මෙම ජීව වායු ඒකකය ඉදිකළ පෙදරේරුවාගේ;																				
1.10	නම:																			
1.11	ලිපිනය:																			
1.12.1	දුරකථන අංකය (ස්ථාවර):	0																		
1.12.2	දුරකථන අංකය (ජංගම):	0																		

විමසීම් සහ සම්පූර්ණ කල ප්‍රශ්නාවලිය යොමු කරන්න
 අධ්‍යක්ෂ ජනරාල්, ශ්‍රී ලංකා සුනිත්‍ය බලශක්ති අධිකාරිය, Block 5, BMICH, බොද්දාලේෂ්ක මාවත, කොළඹ 07.
 දුරකථනය: 0112 677445, 0112 697376, ෆැක්ස්: 0112 682534

2. ස්ථාවර වියදම් සහ ආධාර

2.1	ස්ථාවර පිරිවැය (මුල්වරට දරන ලද මුළු වියදම), රුපියල්												. 0 0
ආධාර ලැබුණි නම්;													
2.2	මූල්‍ය ආධාර ලබාදුන් ආයතනය:												
2.3	ලැබුණු මුදල, රුපියල්												. 0 0
2.4	තාක්ෂණික ආධාර ලබාදුන් ආයතනය:												
ණය ලබාගන්නේ නම්;													
2.5	බැංකුව හෝ ආයතනය:												
2.6	ණය මුදල, රුපියල්												. 0 0

3. අමුද්‍රව්‍ය

අමුද්‍රව්‍ය වර්ගය	නිවැරදිව සංඛ්‍යා සටහන් යොදන්න: උදාහරණය, සතුන් සංඛ්‍යාව 1,500 ක් නම්	1	5	0	0
3.1	එක් එක් ප්‍රශ්නයට අනුව සඳහන් වන කේත අතුරින් නිවැරදි කේත අංකය සටහන් කරන්න අමුද්‍රව්‍ය වර්ගය 1. සත්ව අපද්‍රව්‍ය, 2. මුළුතැන්ගෙයි අපද්‍රව්‍ය, 3. වැසිකිලි අපද්‍රව්‍ය, 4. ගෙවතු අපද්‍රව්‍ය, 5. කෘෂිකාර්මික අපද්‍රව්‍ය, 6. වෙළඳපොළ අපද්‍රව්‍ය, 7. සත්වසාකකාර අපද්‍රව්‍ය, 8. මිශ්‍ර, 9. වෙනත් (සඳහන් කරන්න:)				
3.2	අමුද්‍රව්‍ය එකතු කිරීම 1. දිනපතා, 2. කලකට වරක්, 3. එක්වරම, 4. වෙනත් ()				
3.3	සතුන් වර්ගය 1. ගවයින්, 2. ඌරන්, 3. කුකුලන්, 4. එළුවන්, 5. මිශ්‍ර, 6. වෙනත් ()				
3.4	සතුන් ගාල්කරන ආකාරය 1. දිනේලි කළ (නිදර්ශණයෙන්) 2. ගාල්ලට රඳවා තබන/බැඳ තබන				
3.5	සතුන් සංඛ්‍යාව				
3.6	එක් දිනකදී අමුද්‍රව්‍ය යොදන ප්‍රමාණය, ආසන්න කිලෝග්‍රෑම් වලින් (වෙනත් 1= කිලෝග්‍රෑම් 1,000)				
3.7	එක් දිනකදී ජලය භාජනය ප්‍රමාණය, ලීටර් වලින් දළ වශයෙන් ජලය භාජනය කරන ප්‍රමාණය සටහන් කරන්න				
3.8	එක් දිනකදී වැසිකිලි අපද්‍රව්‍ය හෝ මුළුතැන්ගෙයි අපද්‍රව්‍ය භාවිතා කරන්නේ නම්, විවිධ වශයෙන් පුද්ගල සංඛ්‍යාව				
3.9	ආයතනයක වැසිකිලි අපද්‍රව්‍ය හෝ මුළුතැන්ගෙයි අපද්‍රව්‍ය භාවිතා කරන්නේ නම්, එම ආයතනයෙන් දිනකට ආහාර සපයන සාමාන්‍ය පුද්ගල සංඛ්‍යාව				

4. ජීව වායුව භාවිතා කිරීම

අංකය	විස්තරය	කේතය	
		1	2
4.1	ජීව වායුව භාවිතා වන ආකාරය (අදාළ කේතය/කේතයන් සඳහා “X” සලකුණ යොදන්න) 1. ඉවුම්පිහුම් කටයුතු සඳහා, 2. ආලෝකකරණය සඳහා, 3. විදුලිය ජනනය කිරීම, 4. ජලය පොම්ප කිරීම, 5. වෙනත් (සඳහන් කරන්න:)		1
			2
			3
			4
			5
ඉවුම්පිහුම් කටයුතු සඳහා ජීව වායුව භාවිතා වන්නේ නම්;		සංඛ්‍යාව	
4.2	දිනකට පුද්ගලයින් කී දෙනෙකු සඳහා ආහාර පිසීමේදී		
4.3	දිනකට ජීව වායුව ගැස් ලීප පත්‍රකෙරෙන කාලය (පැය ගණන)		
4.4	ජීව වායුව භාවිතයට පෙර LP ගැස් වැනි කොපමණ කාලයක් භාවිතා කලේද (දින ගණන)		
4.5	ජීව වායුව භාවිතාවට ගැනීමෙන් පසු LP ගැස් වැනි කොපමණ කාලයක් භාවිතා කලේද		

	(දින ගණන)						
	ආලෝකකරණය සඳහා ජීව වායුව භාවිතා වන්නේ නම්;						සංඛ්‍යාව
4.6	දිනකට පත්කරගන්නා ලාම්පු ගණන						
4.7	දිනකට ලාම්පු පත්කරන කාලය (පැය ගණන)						
	විදුලිය නිපදවීම සඳහා ජීව වායුව භාවිතා කෙරෙන්නේ නම්;						
4.8	විදුලිය නිපදවන්නේ නම් ජනනය කෙරෙන විදුලි ධාරිතාව (kW, කිලෝ වොට්)						
4.9	ජනනය කෙරෙන ජීව වායුව ඔබේ අවශ්‍යතාවයන්ට ප්‍රමාණවත්ද (කේතය තෝරන්න) 1. ප්‍රමාණවත්ය, 2. ප්‍රමාණවත් නැත, 3. අමතර ප්‍රමාණයක් ජනනය කෙරේ						

5. ජීව පොහොර නිෂ්පාදනය සහ භාවිතය

5.1	දිනකට දියර ජීව පොහොර නිපදවෙන ප්‍රමාණය, (ලීටර්)								
5.2	ජීව පොහොර භාවිතා වන්නේ 1. අලෙවි කිරීම, 2. තමන්ගේම ගොවිපලේ භාවිතයට, 3. අලෙවිය සහ තමන්ගේම ගොවිපල භාවිතයට								
	තමන්ගේම ගොවිපලේ භාවිතයට ගන්නේ නම්;								
5.3	ජීව පොහොර යොදවන්නේ; (කේතය තෝරන්න) 1. එළවළු වගාව, 2. වී වගාව, 3. මිරිස් වගාව, 4. මල් වගාව, 5. තණකොළ, 6. සත්ව ආහාර, 7. මිශ්‍ර, 8. වෙනත් (සඳහන් කරන්න:)								
		අදාළ කේතය/කේතයන් සඳහා "X" සලකුණ යොදන්න							
		1	2	3	4	5	6	7	8
5.4	නිපදවෙන ජීව පොහොර ප්‍රමාණවත්ද 1. ප්‍රමාණවත්ය, 2. ප්‍රමාණවත් නැත 3. අතිරික්තයක් ඇත								
5.5	ජීව පොහොර භාවිතයෙන් පසු වගාවේ අස්වැන්න, 1. වැඩිවිය, 2. වෙනසක් නැත, 3. වෙනත් ගැටළු ඇතිවිය								
	ජීව පොහොර භාවිතයට පෙර								
5.6	මාසයකට රසායනික පොහොර කොපමණ ප්‍රමාණයක් භාවිතා කළේද (කිලෝග්‍රෑම්)								
5.7	රසායනික පොහොර සඳහා මාසයකට කොපමණ වියදම් කළේද (රුපියල්)								



University of Moratuwa, Sri Lanka
Electronic Theses & Dissertations
www.lib.mrt.ac.lk

6.1	ජීව වායු ඒකකය පිහිටුවීමට පෙර කසල බැහැර කිරීමේ ක්‍රමය 1. ගෙවත්තේ බැහැර කිරීම, 2. වෙනත් ස්ථානයකට බැහැර කිරීම, 3. නගර සභාව හෝ ප්‍රාදේශීය සභාවට යොමු කිරීම, 4. විකිණීම, 5. කොම්පෝස්ට් පොහොර නිපදවීම								
6.2	ජීව වායු ජනනය පිළිබඳ ඔබේ අදහස කුමක්ද 1. ඉතා ප්‍රයෝජනවත්ය, 2. පරිසර හිතකාමීය, 3. මුදල් ඉතිරි කරයි, 4. මුදල් වැයකිරීමකි, 5. කරදරකාරීය, 6. අනවශ්‍යය								
6.3	මෙම ජීව වායු ඒකකය පවත්වාගෙන යාමේදී ඔබ මුහුණදුන් ගැටළු (වෙනත්) ඇත්නම් සටහන් කරන්න								
6.4	පුහුණු වැඩසටහන් සහ/හෝ හඳුන්වාදීමේ වැඩසටහනකට ඔබ ආයතනය හෝ ජීව වායු ඒකකය ලබාදීමට එකඟ වන්නේද (විස්තර කරන්න)								

7. අදහස් සහ යෝජනා

7.1	ජීව වාසු ජනනය සහ මෙම පරිසර හිතකාමී වැඩසටහන් පිළිබඳ ඔබගේ අදහස් ඇත්නම් සඳහන් කරන්න
7.2	ශ්‍රී ලංකා සුනිතා බලශක්ති අධිකාරිය වෙත යොමු කිරීමට ඔබට කිසියම් යෝජනාවන් ඇත්නම් සඳහන් කරන්න
7.3	ආනාගනයේදී මෙම තාක්ෂණය දියුණු කිරීම සඳහා ඔබගේ යෝජනා ලබාදෙන්න

8. තොරතුරු සහතික කිරීම

මෙහි සඳහන් කළ තොරතුරු සත්‍ය සහ නිවැරදි තොරතුරු බවට සහතික කරමි.

	නම	අත්සන	දිනය	දුරකථන අංක
ජීව වාසු ඒකකයේ හිමිකරු				
තොරතුරු සපයන්නා (තනතුර හෝ හිමිකරු වැනි සම්බන්ධතා)				
සම්බන්ධතා නිලධාරියා				

9. කේත යෙදීම සහ පරිගණකගත කිරීම (කාර්යාලීය ප්‍රයෝජනය සඳහා පමණි)

	නිලධාරියා		අධීක්ෂණය	
	නම	දිනය සහ අත්සන	නම	දිනය සහ අත්සන
කේත යෙදීම				
පරීක්ෂා කිරීම				
පරිගණකගත කිරීම				

ඔබටත් ඔබ දැරුවන්ටත් වඩාත් යහපත් ආනාගනයක් උදෙසා බලශක්තිය සුරකිමු.
 හැකිතරම් පරිසර හිතකාමී බලශක්ති ප්‍රභවයන් වෙත යොමු වෙමු. පුනර්ජනනීය බලශක්තීන් ප්‍රවලිත කරමු.
 අප අවට පරිසරය පිරිසිදුව සහ සුන්දරව තබාගනිමු.

Appendix B: Database of surveyed biogas units

No	Location*	Year of establishment	Type**	Capacity (m3)	Active/ Non-active
1	MC Road, Matale	2012	C	50	Active
2	Pallekale	2013	C	116	Active
3	Dambulla	2014	C	15	Active
4	Theldeniya	2014	C	10	Active
5	Rikiligaskada	2014	C	10	Active
6	Vihara Road, Matale	2014	C	10	Active
7	Pujapitiya	2014	C	10	Active
8	Gangawatha korale	2014	C	10	Active
9	Ambagamuwa	2014	C	10	Active
10	Gangawatha korale	2014	C	3	Active
11	Varadala	2008	C	10	Non-Active
12	Badalgama, Diklanda	2008	C	20	Non-Active
13	Thalawathugoda	2009	C	10	Non-Active
14	Dompe	2008	C	15	Active
15	Wekada, Diulapitiya	2008	C	10	Non-Active
16	Aluthgama	2011	C	15	Active
17	Idigolla	2009	C	15	Active
18	Sirimalwatta, Kottawa	2009	C	10	Non-Active
19	Yakkala	2008	C	10	Active
20	Pathiyagoda	2012	C	15	Active
21	Guruwala	2014	C	15	Active
22	Kuruduwatta	2014	C	15	Active
23	Seeduwa		C	8	Non-Active
24	Kochchikade	2009	C	10	Active
25	Palugama	under construction	C	15	Non-Active
26	Kanupalalla	2010	C	20	Active
27	Badulla	2010	C	20	Active

28	Kanupalalla	2010	C	12	Active
29	Hindagoda	2010	C	20	Active
30	Pilipothagama	2010	C	20	Active
31	Uwapalwatta	2010	C	20	Active
32	Siiyabalanduwa	2010	C	20	Active
33	Gonaganara	2012	C	20	Active
34	Punsisigama	2012	C	20	Active
35	Egodagama	2013	C	20	Active
36	Nakkala	2013	C	20	Active
37	Okkampitiya	2013	C	20	Active
38	Nakkala	2009	C	20	Active
39	Hamurugala	2013	C	20	Active
40	Badulupitiya	2013	C	12	Active
41	Uwapalwatta	2013	C	20	Active
42	Uwapalwatta	2013	C	20	Active
43	Okkampitiya	2013	C	20	Active
44	Aththanapitiya	2014	C	20	Active
45	Bogahakubura	2014	C	20	Active
46	Kasbewa		C	12	Active
47	Damana, Galewala		C	8	Active
48	Damunaruwa, Galewala		C	12	Active
49	Kospotha, Galewala		C	10	Active
50	Daduhagolla, Galewala		C	12	Active
51	Pathkolagolla, Galewala		C	12	Active
52	Pahalawawa, Galewala		C	10	Active
53	Nikapitiya, Ussahapitiya		C	12	Active
54	Ihala Baulana, Delthota		C	12	Active
55	Madampe		C	10	Active
56	Alawwa		C	12	Active

57	Alawwa		C	10	Active
58	Haton		C	10	Active
59	Anuradhapura		C	30	Active
60	Diulankadawala		C	12	Active
61	Madiyawala		C	10	Active
62	Ibbankatuwa		C	10	Active
63	Atampitiya	2010	C	10	Non-Active
64	Rajanganaya	2011	C	8	Active
65	Weera, Polonnaruwa	2011	C	5	Active
66	Kirimatiya, Polonnaruwa	2011	C	8	Active
67	Malwana	2011	C	8	Active
68	Anuradhapuraya	2004	C	8	Active
69	Yaya 01, Rajanganaya	2000	C	8	Active
70	Tower No.2, Anuradhapura	2006	C	10	Active
71	Mawathagama	2012	C	10	Active
72	Waduragala, Kurunegala	2012	C	8	Active
73	Horana, Pokunuwita	2012	C	8	Active
74	Muslim Kolani, Kaduruwela	2012	C	100	Active
75	Kamburugoda, Panadura	2012	C	8	Non-Active
76	Waduragala	2012	C	8	Non-Active
77	Madirigiriya	2012	C	50	Non-Active
78	Minneriya	2012	C	50	Non-Active
79	Kalagedihena	2013	C	8	Active
80	Madawachchiya	2013	C	10	Active
81	Streepura, Anuradhapura	2013	C	10	Active
82	Anuradapura	2014	C	40	Active
83	Nochchiyagama		C	100	Active
84	Keralankadawala		C	8	Active
85	Thalawaththegedara		C	8	Active

86	Nikadalupotha		C	8	Active
87	Nikadalupotha		C	8	Active
88	Nikadalupotha		C	8	Active
89	Neththipola		C	8	Active
90	Polgahawela		C	8	Active
91	Kurunegala		C	10	Active
92	Lokahettiya		C	10	Active
93	Walakulpola, Kurunegala		C	8	Active
94	Narammala		C	10	Active
95	Maharchchimulla		C	8	Active
96	Kurunegala		C	10	Active
97	Uhumeeya		C	8	Active
98	Uhumeeya		C	8	Active
99	Uhumeeya		C	8	Active
100	Egodagama		C	10	Active
101	Wellawa		C	8	Active
102	Matiyagane		C	8	Active
103	Boyagane		C	8	Active
104	Wewagama	2001	C	10	Active
105	Wewagama	2002	C	10	Active
106	Kirindawa	2002	C	10	Active
107	Deegalla	2002	C	10	Active
108	Wewagama	2002	C	10	Non-Active
109	Wewagama	2002	C	10	Non-Active
110	Apaladeniya	2003	C	10	Active
111	Nikawala	2003	C	10	Non-Active
112	Munamaldeniya	2003	C	10	Active
113	Wewagama	2003	C	8	Non-Active
114	Wewagama	2003	C	10	Active

115	Keenalawa	2003	C	10	Active
116	Wewagama	2003	C	10	Non-Active
117	Madakumburumulla	2003	C	10	Non-Active
118	Thuththiripitigama	2003	C	10	Non-Active
119	Hettipola	2003	C	10	Active
120	Moragaha	2003	C	10	Active
121	Thuththiripitigama	2003	C	10	Active
122	Wewagama	2003	C	10	Non-Active
123	Wewagama	2003	C	10	Non-Active
124	Mundalama	2011	C	10	Active
125	Karuwalagaswawa	2010	C	15	Active
126	Puttlam	2012	C	8	Active
127	Wannigama	2009	C	8	Active
128	Bongadeniya	2010	C	8	Active
129	Thorayaya	2009	C	8	Active
130	Lunuwila	2010	C	10	Active
131	Nagollagama	2010	C	15	Active
132	Serukale	2012	C	12	Active
133	Bangadeniya		C	8	Active
134	Kudanelumkulawa, A'pura		C	15	Active
135	Dompe		C	15	Active
136	Batticalo		C	8	Active
137	Nawala	2008	C	12	Active
138	Haguranketha	2010	C	15	Non-Active
139	Habarana	2011	C	30	Active
140	Pallekele	2011	C	30	Active
141	Pallekele	2011	C	25	Active
142	Katugasthota	2012	C	30	active
143	Thunthana	2012	C	20	Active

144	Malkaduwawa	2013	C	25	Non-Active
145	Akkareipaththuwa	2013	C	30	Active
146	Borella	2013	C	6	Active
147	Seethawaka	2013	C	42	Active
148	Homagama	2013	C	6	active
149	Trincomalee	2010	C	65	Active
150	Kankasanthure	2011	C	65	Active
151	Mathale	2012	C	22.5	Active
152	Polonnaruwa	2012	C	65	Active
153	Bataduwa,Galle	2013	C	22.5	Active
154	Akmeemana	2009	C	12	Active
155	Ananigoda,Halila	2014	C	22.5	Active
156	Unawatuna	2010	C	8	Active
157	Akmeemana	2007	C	8	Active
158	Galle	2007	C	8	Non-Active
159	Dadalla, Galle	2005	C	8	Active
160	Dadalla, Galle	2002	C	12	Non-Active
161	Dadalla, Galle	2002	C	12	Non-Active
162	Dadalla, Galle	1999	C	8	Active
163	Dadalla, Galle	2004	C	8	Active
164	Dadalla, Galle	2005	C	8	Active
165	Karapitiya, Galle	2006	C	22.5	Active
166	Balapitiya	2007	C	22.5	Active
167	Aththanagalla	2012	P	500	Active

*eg: Grama Niladhari Division, DS division, etc.

**C - Chinese fixed dome /P - PVC balloon type

Appendix C: Total Embedded Energy Value (EEV) calculation

Sample 1

	Biogas plant capacity	6m ³	8m ³	10m ³	12m ³					
No	Items	Quantity				unit	EEV per unit (MJ)	per	Conversion factor	
1	Engineering Bricks	1,750	2,000	2,250	2,500	unit	2.7	unit	1	
2	Cement	8	10	12	14	bags	2.8	kg	50	kg/bag
3	3/4" metal	4	4	5	6	ft ³	99	m ³	0.0283	m ³ /ft ³
4	limestone	50	50	50	75	kg	6.15	kg	1	
5	10mm Iron bar	2	2	2	2		25	kg	7.32	kg/ bar
6	binding wire	50	50	50	50	g	25	kg	0.001	kg/g

No	Items	6m ³	8m ³	10m ³	12m ³
1	2*4*9 Engineering Bricks	4,725.00	5,400.00	6,075.00	6,750.00
2	Cement	1,120.00	1,400.00	1,680.00	1,960.00
3	3/4" metal	11.21	11.21	14.01	16.81
4	limestone	307.50	307.50	307.50	461.25
5	10mm Iron bar	366.00	366.00	366.00	366.00
6	binding wire	1.25	1.25	1.25	1.25

Total EE value	6,530.96	7,485.96	8,443.76	9,555.31	MJ
Energy production rate per day	30.00	40.00	50.00	60.00	MJ
EPBT	0.60	0.51	0.46	0.44	Years
	217.70	187.15	168.88	159.26	Days
EE/m3	1,088.49	935.74	844.38	796.28	MJ/m3

Sample Calculation for capacity of 6 m³ in Sample no. 1

$$\text{Total Embedded Energy} = \sum m_i e_i$$

Where,

m_i = quantity of materials used in constructing biogas plants in kg

e_i = Energy density (Embedded Energy) of the material in MJ/kg

For bricks:

$$\text{EE Value for Engineering bricks} = \text{No of bricks (Ea)} \times \text{EE Value} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{Ea}} \right) \times \text{Conversion factor}$$

$$\text{EE Value for Engineering bricks} = 1750 (\text{Ea}) \times 2.7 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{Ea}} \right) \times 1 = 4725 \text{ MJ}$$

For Cement:

$$\text{EE Value for Cement} = \text{No of bags (Ea)} \times \text{EE Value} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) \times \text{Conversion factor} \left(\frac{\text{kg}}{\text{Ea}} \right)$$

$$\text{EE Value for Cement} = 8 (\text{Ea}) \times 2.8 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) \times 50 \left(\frac{\text{kg}}{\text{Ea}} \right) = 1,120 \text{ MJ}$$

For 3/4" metal:

$$\text{EE Value for 3/4" metal} = \text{Metal volume (m}^3\text{)} \times \text{EE Value} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{ft}^3} \right) \times \text{Conversion factor} \left(\frac{\text{ft}^3}{\text{m}^3} \right)$$

$$\text{EE Value for 3/4" metal} = 4 (\text{m}^3) \times 99 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{ft}^3} \right) \times 0.0283 \left(\frac{\text{ft}^3}{\text{m}^3} \right) = 11.21 \text{ MJ}$$

For limestone:

$$\text{EE Value for Limestone} = \text{Limestone weight (kg)} \times \text{EE Value} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) \times \text{Conversion factor}$$

$$\text{EE Value for Limestone} = 50 \text{ (kg)} \times 6.15 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) \times 1 = 307.50 \text{ MJ}$$

For 10 mm Iron bar:

$$\text{EE Value for 10 mm Iron bar} = \text{No of Iron bars (Ea)} \times \text{EE Value} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) \times \text{Conversion factor} \left(\frac{\text{kg}}{\text{bar}} \right)$$

$$\text{EE Value for 10 mm Iron bar} = 2 \text{ (Ea)} \times 25 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) \times 7.32 \left(\frac{\text{kg}}{\text{bar}} \right) = 366 \text{ MJ}$$

For binding wire:

$$\text{EE Value for binding wire} = \text{Binding wire weight (g)} \times \text{EE Value} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) \times \text{Conversion factor} \left(\frac{\text{kg}}{\text{g}} \right)$$

$$\text{EE Value for binding wire} = 50 \text{ (g)} \times 25 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) \times 0.001 \left(\frac{\text{kg}}{\text{g}} \right) = 1.25 \text{ MJ}$$

$$\text{Total Embedded Energy Value} = \sum m_i e_i$$

$$\text{Total EE Value} = \sum \text{EEV of Engineering bricks, Cement, 3/4" metal, limestone, 10 mm iron bar, binding wire}$$



University of Moratuwa, Sri Lanka.
Electronic Theses & Dissertations
www.lib.mru.ac.lk

$$\text{Total EE Value} = \sum 4725, 1120, 11.21, 307.50, 366, 1.25 = 4725 + 1120 + 11.21 + 307.50 + 366 + 1.25 = 6530.96 \text{ MJ}$$

$$\begin{aligned} \text{Energy production rate per day} &= \text{Biogas plant capacity} \times \text{Biogas production rate per } 1\text{m}^3\text{ capacity} \times \text{Calorific value of biogas} \\ &= 6 \times 0.25 \times 20 = 30 \text{ MJ} \end{aligned}$$

$$\text{EPBT} = \frac{\text{Total EE Value}}{\text{Energy production rate per day} \times 365} = \frac{6530.96 \text{ MJ}}{30 \text{ MJ} \times 365} = 0.60 \text{ years}$$

$$\frac{\text{EE Value}}{\text{m}^3} = \frac{\text{Total EE Value}}{\text{Biogas plant capacity}} = \frac{6530.96 \text{ MJ}}{6 \text{ m}^3} = 1,088.49 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$$



University of Moratuwa, Sri Lanka.
Electronic Theses & Dissertations
www.lib.mrt.ac.lk

Sample 02

No	Items	8m ³	10m ³	12m ³	30m ³
1	2*4*9 Engineering Bricks	3240	4050	4860	11475
2	Cement	1960	2380	2800	7280
3	3/4" metal	1	1	1	4
4	limestone	31	31	31	62
5	GI pipe	729	365	365	365
6	10mm steel bar	0	0	0	1610
7	binding wire	6	6	6	38

Total EE value	5966.70	6832.20	8062.20	20833.07	MJ
Energy production rate per day	40	50	60	150	MJ
EPBT	0.409 149	0.374 137	0.368 134	0.381 139	Years Days
EE/ m³	745.84	683.22	671.85	694.44	MJ/ m ³



University of Moratuwa, Sri Lanka.
Electronic Theses & Dissertations
www.lib.mrt.ac.lk

Sample 03

No	Items	8m ³	10m ³	12m ³	15m ³	22m ³	35m ³	65m ³	
1	2*4*9 Engineering Bricks	4050	5400	5940	6210	8100	10800	14850	
2	12mm steel	0	0	928	928	1114	1856	2599	
3	10mm steel	966	966	1159	1159	1610	1932	2899	
4	6mm steel	261	261	487	487	261	435	696	
5	Cement	1680	2520	2800	3500	4667	7467	11200	
6	Binding wire	75	75	63	63	250	375	625	
7	Polythene	384	384	1074	1074	0	0	0	
8	3" Nails	13	13	25	25	25	25	50	
9	2" Nails	13	13	25	25	50	50	75	
10	¾" Concrete Metal	140	280	420	420	420	560	841	
11	1/2" GI pipe	0	0	183	183	0	0	0	
12	¾" GI Pipe	140	140	0	0	0	0	0	
Total EE value		7720.35	10050.44	11043.4	14074.34	16497.03	23500.68	33833.90	MJ
Energy production rate per day		40	50	60	75	110	175	325	MJ
EPBT		0.529	0.551	0.598	0.514	0.411	0.368	0.2852	Years
		193	201	218	188	150	134	104	Days
EE/ m³		965.04	1005.04	1092.03	938.29	749.87	671.45	520.52	MJ/ m ³

	Biogas plant capacity	6m ³	8m ³	10m ³	12m ³	15m ³	22m ³	30m ³	35m ³	65m ³	Unit
Total EE value	Sample 1	6,531	7,486	8,444	9,555						MJ
	Sample 2		7,720	10,050	13,104	14,074	16,497		23,501	33,834	MJ
	Sample 3		5,967	6,832	8,062			20,833			MJ
	Avg	6,531	7,058	8,442	10,241	14,074	16,497	20,833	23,501	33,834	MJ
EPBT	Sample 1	0.60	0.51	0.46	0.44						Years
	Sample 2		0.53	0.55	0.60	0.51	0.41		0.37	0.29	Years
	Sample 3		0.41	0.37	0.37			0.38			Years
	Avg	0.60	0.48	0.46	0.47	0.51	0.41	0.38	0.37	0.29	Years
		218	176	169	171	188	150	139	134	104	Days
EE/m³	Sample 1	1,088	936	844	796						MJ/m ³
	Sample 2		965	1,005	1,092	938	750		671	521	MJ/m ³
	Sample 3		746	683	672			694			MJ/m ³
	Avg	1,088	882	844	853	938	750	694	671	521	MJ/m ³

Appendix D: Total CO₂ emission calculation

$$\text{Total CO}_2 \text{ emission} = \sum m_i \text{CF}_i$$

Where,

m_i = quantity of materials used in constructing biogas plants in kg

CF_i = Carbon factor of the material in kg/kg

Sample 01

No	Items	6m ³	8m ³	10m ³	12m ³
1	2*4*9 Engineering Bricks	928	1060	1192.5	1325
2	Cement	259	323.5	388.2	452.9
3	3/4" metal	0	0	0	0
4	limestone	38	38	38	57
5	10mm Iron bar	28	27.96	27.96	27.96
6	binding wire	0	0.10	0.10	0.10

Total CO₂ value	1252.36	1449.56	1646.76	1862.96	kg CO ₂
CO₂/ m³	156.54	144.96	137.23	124.20	kg CO ₂ / m ³

Sample Calculation for capacity of 6 m³ in Sample no. 1

$$\text{Total CO}_2 \text{ emission} = \sum m_i \text{ CF}_i$$

Where,

m_i = quantity of materials used in constructing biogas plants in kg

CF_i = Carbon factor (CO_2 emission factors) of the material in kg/kg

For bricks:

$$\text{CO}_2 \text{ emission for Engineering bricks} = \text{No of bricks (Ea)} \times \text{CO}_2 \text{ emission factor} \left(\frac{\text{kg}}{\text{Ea}} \right) \times \text{Conversion factor}$$

$$\text{CO}_2 \text{ emission for Engineering bricks} = 1,750 \text{ (Ea)} \times 0.53 \left(\frac{\text{kg}}{\text{Ea}} \right) \times 1 = 927.5 \text{ kg}$$



University of Moratuwa, Sri Lanka.
Electronic Theses & Dissertations
www.lib.mrt.ac.lk

For Cement:

$$\text{CO}_2 \text{ emission for Cement} = \text{No of bags (Ea)} \times \text{CO}_2 \text{ emission factor} \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg}} \right) \times \text{Conversion factor} \left(\frac{\text{kg}}{\text{Ea}} \right)$$

$$\text{CO}_2 \text{ emission for Cement} = 8 \text{ (Ea)} \times 0.647 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg}} \right) \times 50 \left(\frac{\text{kg}}{\text{Ea}} \right) = 258.8 \text{ kg}$$

For 3/4" metal:

$$\text{CO}_2 \text{ emission for 3/4" metal} = \text{Metal volume (m}^3\text{)} \times \text{CO}_2 \text{ emission factor} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ft}^3} \right) \times \text{Conversion factor} \left(\frac{\text{ft}^3}{\text{m}^3} \right)$$

$$\text{CO}_2 \text{ emission for } 3/4" \text{ metal} = 4 \text{ (m}^3\text{)} \times 0.0048 \left(\frac{\text{kg}}{\text{ft}^3}\right) \times 0.0283 \left(\frac{\text{ft}^3}{\text{m}^3}\right) = 0.0005 \text{ kg}$$

For limestone:

$$\text{CO}_2 \text{ emission for Limestone} = \text{Limestone weight (kg)} \times \text{CO}_2 \text{ emission factor } \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg}}\right) \times \text{Conversion factor}$$

$$\text{CO}_2 \text{ emission for Limestone} = 50 \text{ (kg)} \times 0.74 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg}}\right) \times 1 = 37 \text{ kg}$$

For 10 mm Iron bar:

$$\text{CO}_2 \text{ emission for 10 mm Iron bar} = \text{No of Iron bars (Ea)} \times \text{CO}_2 \text{ emission factor } \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg}}\right) \times \text{Conversion factor } \left(\frac{\text{kg}}{\text{bar}}\right)$$

$$\text{CO}_2 \text{ emission for 10 mm Iron bar} = 2 \text{ (Ea)} \times 1.91 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg}}\right) \times 7.32 \left(\frac{\text{kg}}{\text{bar}}\right) = 27.96 \text{ kg}$$



University of Moratuwa, Sri Lanka.
Electronic Theses & Dissertations
www.lib.mrt.ac.lk

For binding wire:

$$\text{CO}_2 \text{ emission for binding wire} = \text{Binding wire weight (g)} \times \text{CO}_2 \text{ emission factor } \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg}}\right) \times \text{Conversion factor } \left(\frac{\text{kg}}{\text{g}}\right)$$

$$\text{CO}_2 \text{ emission for binding wire} = 50 \text{ (g)} \times 1.91 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg}}\right) \times 0.001 \left(\frac{\text{kg}}{\text{g}}\right) = 0.0955 \text{ kg}$$

$$\text{Total CO}_2 \text{ emission} = \sum m_i \text{ CF}_i$$

$$\text{Total CO}_2 \text{ emission} = \sum \text{CO}_2 \text{ emission of Engineering bricks, Cement, metal, limestone, 10 mm iron bar, binding wire}$$

Total CO₂ emission = 927.5 + 258.8 + 0.005 + 37 + 27.96 + 0.0955 = 1252.36 kg

Sample 02

No	Items	8m ³	10m ³	12m ³	30m ³
1	2*4*9 Engineering Bricks	636	795	954	1325
2	Cement	453	550	647	1682
3	3/4" metal	0	0	0	0
4	limestone	3.80	3.80	3.80	7.60
5	GI pipe	55.70	27.85	27.85	27.85
6	10mm steel bar	0	0	0	121
7	binding wire	0.48	0.48	0.48	2.87

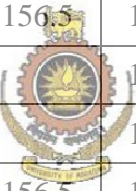
Total CO₂ value	1148.87	1377.08	1633.13	3166.75	kg CO ₂
CO₂/ m³	143.61	137.71	136.09	105.56	kg CO ₂ / m ³

University of Moratuwa, Sri Lanka.
 Electronic Theses & Dissertations
 www.lib.mru.ac.lk

Sample 03

No	Items	8m ³	10m ³	12m ³	15m ³	22m ³	35m ³	65m ³
1	2*4*9 Engineering Bricks	795	1060	1166	1219	1590	2120	2915
2	12mm steel	0	0	70	70	84	140	196
3	10mm steel	73	73	87	87	121	145	218
4	6mm steel	20	20	37	37	20	33	52
5	Cements (SLS)	388	582	647	809	1078	1725	2588
6	Binding wire	6	6	5	5	19	29	48
7	Polythene	8	8	22	22	9	0	0
8	3" Nails	1	1	2	2	2	2	4
9	2" Nails	1	1	2	2	4	4	6
10	1/2 GI pipe	0	0	14	14	0	0	0
11	¾" GI Pipe	0	0	0	0	0	0	0

Total CO₂ value	1301.75	1760.85	2051.40	2266.15	2917.90	4197.70	6026.58	kg CO ₂
CO₂/ m³	162.72	176.08	170.95	151.08	132.63	119.93	92.72	kg CO ₂ / m ³

	Biogas plant capacity	6m ³	8m ³	10m ³	12m ³	15m ³	22m ³	30m ³	35m ³	65m ³	Unit
Total CO₂ emission	Sample 1	1,252	1,450	1,647	1,863						kg CO ₂
	Sample 2		1,149	1,377	1,633			3,167			kg CO ₂
	Sample 3		1,302	1,761	2,051	2,266	2,918		4,198	6,027	kg CO ₂
	Avg	1,252	1,300	1,595	1,849	2,266	2,918	3,167	4,198	6,027	kg CO ₂
 University of Moratuwa, Sri Lanka. Electronic Theses & Dissertations www.lib.mrt.ac.lk											
CO₂/m³	Sample 1	156.5	145.0	137.2	124.2						kg CO ₂ / m ³
	Sample 2		143.6	137.7	136.1			105.6			kg CO ₂ / m ³
	Sample 3		162.7	176.1	171.0	151.1	132.6		119.9	92.7	kg CO ₂ / m ³
	Avg	156.5	150.4	150.3	143.7	151.1	132.6	105.6	119.9	92.7	kg CO ₂ / m ³