

VLIV DRTIČŮ POTRAVINOVÝCH ODPADŮ NA KANALIZAČNÍ SYSTÉM, ČISTIČKU ODPADNÍCH VOD A VYHNÍVÁNÍ KALU

K.H. Rosenwinkel, D. Wendler

Institut kvality vod a Universita odpadového hospodářství Hannover (ISAH),
Welfengarten 1, D-30167 Hannover, Německo

SHRnutí: Jako důsledek změn v procesu čištění odpadních vod se změnilo složení kalů a stáří kalů vzrostlo. Proto nabízí mnoho komunálních vyhnívacích nádrží volné kapacity (v Německu). Navíc trpí mnoho čističek odpadních vod (ČOV) nedostatkem zdrojů uhlíku pro biologické odbourávání živin. Z důvodu vysokého obsahu organické složky a objemu vody je potravinový odpad z domácností v podstatě vhodnější pro anaerobní než aerobní proces. Spolu s často neuspokojivou současnou situací při sběru bio-odpadu (a jeho zpracování) byly tyto skutečnosti podnětem pro výzkumný projekt zaměřující se na zpracování potravinového odpadu z domácností v komunální ČOV. Největší důraz byl kladen na použití drtičů potravinových odpadů (DPO) a jejich vliv na kanalizační systém, odpadní vody a zpracování kalu. Tento dokument shrnuje výsledky studia literatury a laboratorní poměrný sériový test. Byly určeny hraniční podmínky pro užitečné využití DPO a stejně tak jsou uvedeny a probrány jejich výhody a nevýhody.

1. PŘEDSTAVENÍ

Od šedesátých let se v Německu změnilo mnoho věcí, týkajících se zpracování odpadu a odpadních vod. Byly stanoveny limitní hodnoty pro odstraňování živin. Základní podmínkou pro vhodné odstraňování biologického dusíku a fosforu je dostatečné zásobování snadno odbouratelným substrátem. Spolu se zavedením těchto procesů došlo k nárůstu stáří kalů, což částečně vedlo k nárůstu volných kapacit v systému anaerobního zpracování kalu. Využití přístrojové techniky (měřicí, kontrolní, regulační, MCR) umožnilo optimalizaci čistících procesů. Také to znamenalo dílčí volné kapacity v provzdušňovacích nádržích. Navíc je v dnešní době bioplyn považován za obnovitelný zdroj energie. Sběr a zpracování odpadu je prováděn po celém Německu a problémy ekonomiky odpadového hospodářství jako nízká úroveň třídění odpadu u zdroje, vysoké náklady, vzrůstající „hory odpadu“, znečištění ovzduší (šíření zápachu) a tvorba průsaků jsou velmi dobře známy.

Nutnost zásobování energií a spolu s pojmem „skleníkového efektu“ a „globálního oteplování“ vedla k vzrůstajícímu tlaku na politiky, který vedl (v Německu) mimo jiné k dotování energie vyráběné z obnovitelných zdrojů. Nový zákon zajišťuje, že zaplatí 0,09 a 0,10 EUR/kWh za elektrickou energii získanou z biologicky odbouratelného odpadu. Bioplyn z komunálních vyhnívacích nádrží a skládek může být prodáván za ceny 0,07 až 0,08 EUR/kWh.

S ohledem na výše uvedené předpoklady a ve vztahu ke stávajícímu procesnímu řetězci odpadního systému, kanalizační sítě a ČOV vč. vyhnívání kalu nabízí využití drtičů potravinových odpadů ekonomicky a ekologicky zajímavou alternativu u zdroje tříděného sběru a zpracování potravinového odpadu z domácností.

Při použití drtičů potravinových odpadů pro rozmělnění je předběžně zpracovaný potravinový odpad dopravován do místní ČOV pomocí kanalizační sítě. Většina rozmělněného potrav. odpadu se usadí v primární usazovací nádrži, filtrační a lapákové komory jsou zatěžovány jen ve velmi malém rozsahu. Většina potravinového odpadu tedy dojde do vyhnívací nádrže a zvýší produkci plynu. Rozpustná část potravinového odpadu vede k zvýšení BSK resp. COD v průběhu procesu čištění, který může na jedné straně způsobit zvýšenou spotřebu kyslíku, ale na straně druhé může sloužit jako levný a trvale dostupný zdroj uhlíku.

2. SOUČASNÁ SITUACE BIO-ODPADU V NĚMECKU

Organický, biologicky odbouratelný podíl domovního odpadu (bio-odpad) tvoří cca 40% hmotnosti odpadů z domácností. Většinou je tvořen odpadem ze zahrad (posečená tráva, větve, listí), potravinovým odpadem, papírem, kartony a ostatními materiály (Fuhrmann et al. 1997). Dle výsledků sběru odpadu z Gallenkemperu et al. (1999) stejně jako v Gallenkemperu a Doedensu (1994) je množství organického domovního odpadu v Německu v rozpětí 55 až 180 kg mokré substance na hlavu za rok, hodnota závisí na struktuře oblasti sběru (vnitřní město, okraj města, maloměsto, obec, venkov). Množství a složení biologicky odbouratelného odpadu se mění v průběhu roku. Zatímco v zimě převládá potravinová frakce odpadu, v létě převládá obsah

posečené trávy. Na podzim je nejvíce listů a odřezky větví a keřů, na jaře je to směs mnoha různých větví.

V Německu je u zdroje tříděný sběr a nakládání s bio-odpadem státní technologií. Sběr do speciálních popelnic/kontejnerů („Biotonne“), následný svoz nákladními auty a návazné kompostování je převažujícím způsobem zpracování. Ve oblasti vnitřního města může být sběr bio-odpadu, který se v těchto oblastech skládá především z potravinového odpadu, považován za sporný. Některé problémy stávajícího systému jsou:

- vznik zápachu během všech kroků procesu (sběr, doprava, zpracování)
- vzrůstající podíl biologicky neobdouratelného odpadu v bio-kontejnerech
- vysoký podíl obsahu vody v bio-odpadu => vysoká hmotnost => vysoké náklady na dopravu
- nemožnost domovního kompostování
- nedostatek prostoru pro kontejnery na bio-odpad
- neuspokojivá četnost svozů bio-odpadu
- nekontrolovatelné biochemické procesy na skládkách=>vyluhování=>průsaky výluhů
- nezjistitelné množství potravinového odpadu (bio-odpadu) spláchnutého do záchodů

Většina z uvedených problémů je způsobena potravinovým odpadem, jehož hlavním znakem je velký obsah vody a vysoké organické zatížení. Konečně by pomohlo snížení objemu potravinového odpadu ve stávajícím systému „sběr-doprava-zpracování“ domovního odpadu k minimalizaci těchto problémů. Používání drtičů potravinových odpadů nabízí obecně možnost kontrolovatelného třídění u zdroje s „předzpracováním“ potravinového odpadu.

3. POTRAVINOVÝ ODPAD

3.1 Množství potravinového odpadu

Potravinový odpad nebo kuchyňský odpad vzniká v průběhu celého roku. Jeho množství závisí na specifických lidských životních a stravovacích návycích. Ve srovnání s celou organickou složkou domovního odpadu je potravinový odpad dílčí částí charakteristickou následujícími body:

Nejvyšší obsah vody, nejsnazší biologická odbouratelnost, největší hustota, nejnižší výhřevnost (je způsobeno vysokým obsahem vody). Na základě studia literatury je odhadované národní (německý) a mezinárodní množství (mokrého) potravinového odpadu na 55 kg na hlavu za rok (45-65 kg na hlavu za rok) –pro Západní Evropu. Tzn. denní množství v rozpětí 123 až 178 g na hlavu za den.

Tabulka 1 dává detailnější náhled do jednotlivých hodnot.

Tabulka 1- Množství potravinového odpadu v různých Západních zemích

autor	Potravinový odpad			
	Množství (mokrý)		%	NL g na hlavu za den
	Kg na hlavu za rok	g na hlavu za den		
Nilsson et al.(1990),Švédsko	88	235	-	-
Lagerkvist and Karlsson (1996),Švédsko	90	245 (25-30)	27 (61-74)	67
De Koning a van der Graaf (1996),Holandsko	44	120	40	48
Hoffmann (1994)Německo	100	274	30	82
Karlberg a Norin (1999) Švédsko	100	274	-	-
Diggelman a Ham (1998), USA	48	132	30	40
Strutz (1998), USA	48	132	-	-
Krogmann (1989), Německo	52	142	-	-
Schafer(1995), Německo	22,5 (20-25)	82 (73-91)	-	-
Scheffold (1995) Německo	50	137	-	-
Doedens a Ketelsen (1992),Německo	65	179	-	-

3.2. Struktura a složení potravinového odpadu

Potravinový odpad se skládá z méně vláknitých nebo zcela nevláknitých , většinou zeleninových zbytků, které jsou ať už uvařené nebo nevařené charakteristické vysokým obsahem vody (70% a více). Většinu potravinového odpadu tvoří:

- zeleninový odpad
- kávová sedlina

- čajové sáčky
- zbytky z připravovaného/uvařeného jídla

Vyvážený poměr C/N a mokrá konzistence dělají potravinový odpad snadno biologicky odbouratelným, který je vhodnější pro anaerobní než aerobní zpracování.

Tabulka 2- Chemické složení různých částí potravinových odpadů v procentech rozptýlených částic (SS) (De Koning a van der Graaf (1996))

	Zeleninový a potravinový odpad	Zbytky z pomerančů a citronů	Zbytky masa	Tuk/masnota
C	49,1	49,0	59,6	73,1
H	6,6	5,7	9,5	11,6
O	37,6	41,7	24,6	14,8
N	1,7	1,1	1,0	0,4
S	0,2	0,1	0,2	0,1
Sumace VSS= % z SS	95,2	97,6	94,9	100
FSS	4,8	3,4	5,1	0,0
Sumace rozpt.částic (SS)	100	100	100	100
C/N	29,2	44,1	58,4	170,0

4. DRTIČE POTRAVINOVÝCH ODPADŮ

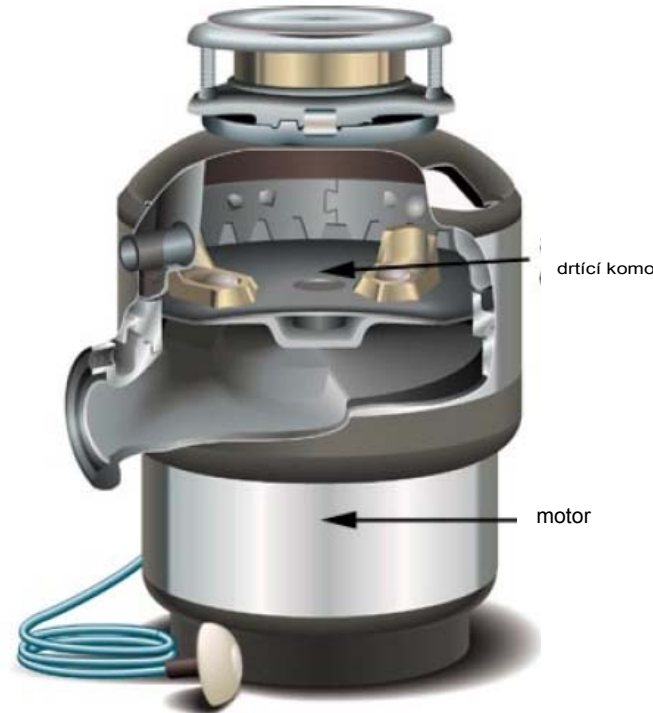
4.1 Historie drtičů potravinových odpadů

Drtiče potravinových odpadů (DPO) byly vynalezeny v roce 1927 americkým architektem Johmen Hammesem. V současnosti je na světě zhruba 8 výrobců drtičů. DPO se instalují v USA již déle než 60 roků a má je 45% všech amerických domácností. V některých státech a ve zhruba 100 městech je jejich používání povinné. Více než 80% nových domů v USA má drtiče. Postoj vůči drtičům byl ve střední a západní Evropě vždy negativní během posledních desetiletí. Hlavním důvodem toho je další spotřeba pitné vody a elektřiny při používání drtičů a také další zatížení ČOV, které jsou pak často přetíženy. V současnosti bývá obecným argumentem proti DPO to, že toto zařízení pracuje v rozporu s myšlenkou třídění odpadu u zdroje.

Nicméně díky pozitivním výzkumným výsledkům v minulosti a ve vztahu k holistickému zornému úhlu získávají DPO více a více zájmu v Evropě (např. UK, Švédsko, Norsko, Itálie, Holandsko). Největší nasycení v Západní Evropě lze vidět v UK, kde cca 5% všech domácností (více než 1 milion) již drtič mají. V ostatních zemích Západní Evropy lze odhaduje osazení drtičů na 1%. Co se týče Německa není žádný výslovný zákaz DPO na federální úrovni. Ale odvádění/míchání odpadu do odpadních vod je zakázáno tudíž nepřímo i používání drtičů. Pokud jde o komunální úroveň doporučuje Německé sdružení kanalizací (Abwassertechnische Vereinigung, ATV-DVWK) všem obcím nepovolovat DPO ve svých směrnících

4.2 Funkce drtiče potravinových odpadů

DPO je nainstalován pod kuchyňským dřezem a jeho výstup je napojen na sifon dřezu. Často je také výstup z myčky napojen na DPO, takže větší částice z jejího odtoku jsou rozdrčeny, než odtečou do odpadního potrubí. Zařízení je vybaveno vodotěsným vypínačem nebo pneumatickým spínačem. DPO může být popsán jako mlýnek než jako kráječ, protože mokry organický odpad je pomlet na drsné stěně drtící komory. Funguje to s pomocí rotačního talíře, na němž jsou upevněna dvě v horizontálním směru pohyblivá kladívka. Talíř je opatřen 5mm-ovými otvory, kterými je odváděna rozdrčená suspenze potravinového odpadu s vodou do odpadního potrubí a kanalizace.



Obr.1 Drtič potravinových odpadů a) v činnosti b) v řezu (ISE, 1999)

DPO neobsahují rotační nože, ačkoli je to často uváděný předsudek. Nebezpečí zranění od drtiče je malé ve srovnání s jinými kuchyňskými přístroji jako mixéry nebo vařiče. Činnost drtiče může být rozdělena do následujících kroků: 1. pusťte studenou vodu, 2. zapněte drtič, 3. vhadzujte postupně potravinový odpad a zbytky jídel, 4. nechejte téct vodu dalších 20-30 sekund po rozdrčení odpadu.

S pomocí DPO může být rozdrčen veškerý organický odpad jako zeleninové a ovocné slupky, kávová sedlina, zbytky uvařeného jídla (zeleniny, masa, ryb), malé kosti (kuřecí) atd. Nepotravinové zbytky jako kov, sklo, porcelán, kůže, bavlna, guma, plasty a dále tvrdé organické materiály jako dřevo, pecky a velké kosti nemohou být rozdrčeny, protože mechanismus zařízení není určený pro takové materiály. Snaha drtit takové materiály způsobí odpor, který- pokud je příliš velký- způsobí vypnutí motoru (rezistor). Pokus drtit tyto tvrdé materiály j spojen s intenzivním hlukem, což má vzdělávací efekt na uživatele.

5. VÝSLEDKY

Zaměřili jsme se především na mezní podmínky ekonomického a ekologického. Navíc byly soustředěny informace o měřitelném vlivu rozdrčeného kuchyňského odpadu na ČOV a vyhnívání kalu. V neposlední řadě jsou uvedeny hlavní výhody a nevýhody používání drtičů.

5.1 Hraniční podmínky pro užitečné používání drtičů

Motivací projektem bylo prozkoumat vliv používání DPO na stávající systém odpadů, odpadních vod a zpracování kalu v Německu. Jelikož má většina zemí Střední a Severní Evropy téměř stejný systém a normy odpadů, odpadních vod a zpracování kalu, mohou být hraniční podmínky uvedené dále převedeny v širším měřítku na tyto země.

Osazování DPO do stávajícího systému odpadů, odpadních vod by mělo splňovat některé základní předpoklady.

První a nejdůležitější ze všech je, že v oblasti (městě), kde budou používány drtiče nesmí být nedostatek pitné vody.

Kromě jiného by mělo být použití drtičů zakázáno ve městech s oddělenou kanalizační sítí.

Kanalizační síť by měla být v dobrém stavu, což znamená žádné praskliny, žádné průsaky, žádné usazeniny. Minimální stoupání by nemělo být pod 2‰. Dále musí dotyčná ČOV obsahovat primární usazovací nádrž a vyhnívací nádrž a musí mít k dispozici volné kapacity jak pro odpadní vody, tak pro zpracování kalu. DPO by neměly být používány v domech, které jsou připojeny na slepou kanalizaci, neboť zde je riziko zvýšené sedimentace.

5.2 Přídavné zatížení při osazení DPO

Tabulka 3 je souhrnem všech informací získaných ze studia literatury stejně jako z vlastních poměrných testů. Základní hodnoty z tabulky 3 se vztahují ke složení německé domovní odpadní vody, ale nepochybně by se hodila i na většinu zemí Západní Evropy.

Tabulka 3- hlavní vlivy používání DPO na odpadní vody a zpracování kalu (dílče shrnuto, vypočteno a/nebo ohodnoceno na základě studia literatury a vlastních poměrných testech)

	Zatížení domovní odp.vody g/osobu a den	Přídavné zatížení při použití DPO g/osobu a den	%
Průtok	128 l/os.a den	4,5 l/os.a den	3,5
shrabky	0,016	0,0008-0016	5-10
drť	0,027	0,0014	5
celkový COD	120	18-36	15-30
celkový BSK	60	6-15	10-25
TKN	11	1,5	5-10
celk.P	1,8	0,13-0,25	7-14
SS	70	28-40	40-60
C/N	2/1-5/1	25/1	+++
Primární kal	45-54	20-40	50-70
přebytečný kal	10-35	5-20	10-40
surový kal	cca80	cca 50	cca 62
vyhnilý kal	48-60(DS)	15-18 (DS)	30-50
bioplyn	16-25 l/ekv.a den	16-25 l/ekv.a den	90-100

* pro Německo (dle pracovních podkladů Německé Asociace odpadních vod A131 (ATV-DVWK, 2000))

5.3 Vliv nasycení trhu drtiči potravinových odpadů

Pro odhad reálného (teoreticky možného) vlivu DPO na stávající infrastrukturu má obrovský význam nasycení trhu DPO (procento domácností, které jsou vybaveny DPO). Vycházíme z hodnot nasycení uvedených v kapitole 4.1, nárůst nasycení trhu za rok se odhaduje na cca 1%. Pokud předpokládáme generální povolení DPO, znamenalo by to velmi malé skutečné zatížení pro ČOV. Nárůst nasycení trhu a v důsledku toho přídavné zatížení by byly nižší, pokud by povolení bylo v určitých městských částech omezeno. Procentuelní hodnoty z tabulky 3 odpovídají skutečnému přídavnému zatížení ČOV za podmínek 100%-ního osazení drtiči.

Komplexní studie ze Švédska ukázaly, že nasycení trhu mezi 5-10% nemá pozorovatelný vliv na činnost ČOV, kromě zvýšené produkce bioplynu (Nilsson et al., 1990).

Kromě celkového a limitovaného povolení existují ještě dva další politické nástroje, které umožňují ovlivnit osazování domácností drtiči. První možnost, která by mohla být kombinována s omezeným povolením, by byla „politicky přijatelná“. Toto by mohlo být kontrolováno např. snížením ceny za svoz odpadu u domácností, které si instalují drtič. Neaktivnějším nástrojem je nařídít instalaci drtičů jak je tomu v 80 městech v USA.

5.4. Výhody a nevýhody používání DPO

Výhody používání DPO jsou:

- zvýšení hygieny v domácnosti a při svozu odpadu
- snížení nekontrolovatelných biochemických procesů na skládkách
- využití stávající infrastruktury
- snížení splachování nekontrolovatelného množství nepodrceného potravinového odpadu do odpadních vod
- doplňkový zdroj uhlíku pro denitrifikaci a biologické odstranění fosforu
- využití energetického potenciálu organického odpadu
- vyšší hodnoty odbourávání VSS

Pokud předpokládáme zachování hraničních podmínek vyjmenovaných výše je možnost problémů jako

- usazování
- zápach (H₂S)

- nárůst populace hlodavců
 - přídatné zatížení vodního systému vypouštěním
 - znečištění půdy a spodních vod prosakujícími trubkami atd.
- klasifikovat jako malé a proto nejsou uváděny níže.

Hlavními nevýhodami používání DPO jsou:

- větší množství kalu
- větší množství kalové kapaliny
- (vysoké) počáteční náklady pro uživatele (ne pro obec)
- zvýšená spotřeba pitné vody a energie (provoz DPO, okysličování).

6. ZÁVĚR

Současná situace v odpadech, odpadních vodách a energii činí užitečným využívat volné kapacity v komunálních čistírkách odpadních vod a vyhnívacích nádržích pro zpracování snadno biologicky odbouratelného potravinového odpadu z domácností. Když předpokládáme zachování hraničních podmínek, nabízí používání drtičů potravinových odpadů spolu se stávající infrastrukturou kanalizační sítě a ČOV (vč. vyhnívacích nádrží) ekonomicky a ekologicky zajímavé řešení alternativního zpracování potravinového odpadu, obzvláště ve městech.

Výzkumné studie různých západních států ukázaly, že přídatné zatížení čistírky odpadních vod a vyhnívání kalu se dá velmi dobře odhadnout a v důsledku pomalého nárůstu nasycení trhu nepovede k nekontrolovatelnému přetěžování ČOV „přes noc“. Naopak pokud vycházíme z nárůstu nasycení trhu menšího než 1% všech domácností za rok (při toleranci drtičů potravinových odpadů) může být přídatné zatížení zahrnuto do činnosti, rozšiřování a rozvoje technologií odpadních vod a zpracování kalů. Bez ohledu na všechny pozitivní aspekty musí být vždy bráno na zřetel, že hlavním účelem ČOV je čistit odpadní vodu a zpracovávat různé typy kalů, které vznikají v průběhu jednotlivých kroků zpracování vody. Proto je neodmyslitelné stanovit volné kapacity stejně jako vyhodnocení kanalizační sítě stejně jako dodržování hraničních podmínek. Další oblastí výzkumu by mělo být zjištění možnosti snížení spotřeby vody používané DPO nebo nahrazení pitné vody dešťovou. Kromě toho je ještě několik otázek týkajících se vlivu DPO na kanalizační síť.

PODĚKOVÁNÍ

Autoři děkují Nadaci Oswalda Schulze za založení tohoto projektu.

ODKAZY

- ATV-DVWK (2000) Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen. Abwassertechnische Vereinigung (ATV-DVWK). Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 131, p. 15, 2000.
- Austermann-Haun, U.; Rosenwinkel, K.-H.; Wendler, D. (2000) Verwertung organischer Substrate aus Gewerbe- und Industriebetrieben in kommunalen Faulbehältern - Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage. In: *Anaerobe biologische Abfallbehandlung. Beiträge zur Abfallwirtschaft, Technische Universität Dresden*. Band 12, pp. 1-11, 2000.
- de Koning, J., van der Graaf, J. H. J. M. (1996). Kitchen food waste disposers – effects on sewer system and waste water treatment, study by request of In-Sink-Erator. Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Water Management, Environmental & Sanitary Engineering, 1996.
- Diggelman, C., Ham, R. K. (1998) Life-cycle-comparison of five engineered systems for managing food waste, executive summary to the final report to the National Association of Plumbing-Heating-Cooling Contractors, University of Madison, Wisconsin-Madison, Department of Civil and Environmental Engineering, 1998.
- Doedens, H., Ketelsen, K. (1992) Konzepte zur Entlastung des Hausmülls von organischen Abfällen. *MÜLL und ABFALL*, Heft 7/92, 1992.
- Fuhrmann, K., Schilling, B., Schmidt, W., Valentin, L. (1997) Stand der Kompostierung von Grün- und Bioabfall in NRW: Behandlungsverfahren, Kosten, Belastung durch Keime, 30. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft vom 19.3.1997-21.3.1997 in Aachen, GWA Nr. 158, 1997.
- Gallenkemper, B., Doedens, H. (1994) Getrennte Sammlung von Wertstoffen des Hausmülls. In: *Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis*. Band 65, 2. Auflage, Erich Schmidt Verlag Berlin, 1994.
- Gallenkemper, B. et al. (1999) Bioabfallsammlung und Kompostverwertung in Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW, 1999.
- Hoffmann, E. (1994) Niederthermische Verfahren – Gemeinsame Vergärung von Biomüll und Klärschlamm. In: Klärschlamm - Ressource oder kostenintensiver Abfall, Tagungsband der 8. Karlsruher Flockungstage. *Schriftenreihe des ISWW*. pp.105–121, 1994.
- ISE (1999) Homepage of the company In-Sink-Erator. <http://www.insinkerator.com/International/51/51.htm>. 1999.
- Karlberg, T., Norin, E. (1999) Köksavfallskvarnar – effekter på avloppsreningsverk – en studie från Surahammar. *VA-Forsk Rapport*. Nr. 9, VAV AB, Sweden, 1999.
- KTBL (2000). Kofermentation. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt. *KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup*. Arbeitspapier 249, pp. 20-21, 1998.
- Krogmann, U. (1989) Menge und Zusammensetzung der erfaßten Bioabfälle. In: *Stoffliche Abfallverwertung - getrennte Sammlung – Vermarktung – Bioabfall*. Berichte der Fachhochschule Münster, Eigenverlag, pp. 167-181, 1989.
- Lagerkvist, A., Karlsson, B. (1983) Integrerat transportsystem för källsorterat hushållsavfall. Lulea Tekniska Högskola, Avdelningen för Restproduktteknik, Forskningsrapport Nr. 1, 1983.
- Nilsson, P., Hallin, P.-O., Johansson, J., Karlén, L., Lilja, G., Petersson, B. A., Pettersson, J. (1990) Källsortering med Avfallskvarnar i hushållen – En fallstudie i Staffanstorps (Sweden). Final report. *Bulletin serie VA*. Nr. 56, University of Lund, Department of Water and Environmental Engineering, 1990.
- Schäfer, B. (1995) Feldversuch Biotonne. In: *Abfall Wirtschaft – Neues aus Forschung und Technik - Biologische Abfallbehandlung II – Kompostierung, Anaerobtechnik, MBA, Klärschlammverwertung*. M.I.C. Beaza Verlag, p. 303, 1995.
- Scheffold, K. (1995) Bioabfall eine relevante Gebührengroße. In: *Müll und Abfall*. Nr. 4, pp. 217-223, 1995.
- Strutz, B. (1999) Life Cycle Comparison of five engineered systems for managing food waste. Brief summary and interpretation. University of Wisconsin, 1998.